



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp
Handelshøyskolen

Overgangsrisiko i finansielle investeringer

En verdsettelse av investeringsporteføljen til Gjensidige Forsikring ASA på tvers av klimascenarier fra NGFS

Transition Risks in Financial Investments

A valuation of the investment portfolio of Gjensidige Forsikring ASA using climate scenarios from NGFS

Stian Fjellstad

Master i økonomi og administrasjon

Forord

Fem år ved NMBU har gitt meg en sterk interesse for hvordan overgangen til et lavutslippssamfunn er knyttet sammen med finansmarkedene. TCFD anbefaler at risikoer og muligheter fra slike sammenhenger undersøkes med scenarioanalyser. Anbefalingene gir stor frihet i utformingen av analysene, men mitt inntrykk er likevel at de scenarioanalyser fremstår som for kompliserte til at anbefalingene blir gjennomført i praksis. Løsningene som tilbys i markedet er samtidig ofte kostbare og lite transparente. Dette gjør det vanskelig å anvende, forstå og kritisere fremgangsmåtene. Min motivasjon for å skrive oppgaven var å undersøke om jeg kunne gjennomføre en scenarioanalyse for en større investeringsportefølje, samt presentere fremgangsmåten på en transparent måte.

Arbeidet med oppgaven har gitt meg en økt forståelse av hvordan finansielle modeller kan brukes sammen med klimascenarioer for å undersøke overgangsrisiko. Oppgaven har også gitt meg forståelse av usikkerheter i scenarioene, utfordringer i modelleringen og mangel på god data. Dette taler mot å skulle finne et estimat på overgangsrisiko med to streker under svaret, og viser hvorfor scenarioanalyser bør brukes i langsiktig strategisk arbeid på porteføljenivå, og ikke som kvantitative risikomål.

Det er mange som har bidratt til oppgaven slik den er nå. Jeg vil takke Torun Fretheim for at hun ønsket å veilede denne oppgaven, og for all tid hun har satt av til diskusjoner og tilbakemeldinger. Det hadde ikke vært mulig for meg å skrive denne oppgaven uten engasjementet hun har vist gjennom det siste året. Jeg vil også takke investeringsavdelingen i Gjensidige Forsikring for all erfaring og kunnskap de har gitt meg gjennom arbeid ved siden av studiene, og for tilgang til porteføljedata og Carbon Disclosure Projects database. Til slutt vil jeg takke medstudenter som har gjort studietiden i Ås til en strålende opplevelse, og Solveig Borkenhagen for støtte, motivasjon og mange gode innspill til oppgaven.

Ås, 28.05.2021

Stian Fjellstad

Abstract

The Paris Agreement introduced a common global goal of limiting global warming to well below 2 °C and preferably to 1,5 °C. Global warming is linked to emissions of greenhouse gases, which is further linked to economic activity. Limiting global warming will demand immense changes to how value is generated. The Paris Agreement states that the transition must happen by 2050. The purpose of the analysis is to examine whether financial investments are affected by transition risks, and whether the transition risks can evolve into financial risks.

Scientists use Integrated Assessment Models (IAM) to model economic consequences of climate change. The models require sets of prerequisites, that are brought together in climate scenarios. This analysis uses climate scenarios published by NGFS as inputs into the Merton model. The purpose is to model financial consequences of transition risks on the investment portfolio of Gjensidige Forsikring ASA. The portfolio is valued in a top-down analysis of a set of climate policy relevant sectors, where the development of each sector in the transition scenarios relative to Business-as-Usual is gathered in a shock factor that is used to value the portfolio companies. The difference in market value between BaU and the transition scenarios is presented as an estimate of the transition risk in the portfolio.

The results show that the transition to a low-carbon economy may cause considerable changes to the value of the financial portfolios. Investments in high-emitting sectors are negatively affected by the transition, although the negative effects can be reduced, and change to positive effects with high usage of carbon dioxide removal. Investments in sectors that are substitutes to high-emitting sectors are valued higher in all transition scenarios. It is also shown that transition risks in scenarios that limit global warming to below 1.5 °C are lower than in comparable scenarios that limit global warming to below 2 °C, and that the choice of BaU-scenarios are important for the results. The choice of IAM is also important, as differences in model structure and prerequisites may give different developments in equal scenarios. If only scenarios that complies with requirements set by the Norwegian Environmental Agency are analyzed, it is shown that the estimated transition risk is negative in all scenario combinations, that carbon dioxide removal reduces transition risks and that a stricter emission cap increases transitions risks. The transition risk can however never turn positive in these scenarios.

Sammendrag

Parisavtalen introduserte målet om å begrense global oppvarming til godt under 2 °C, og helst til 1,5 °C. Global oppvarming er knyttet til klimagassutslipp, som igjen er knyttet til økonomisk aktivitet. Å begrense global oppvarming krever store endringer i hvordan verdier skapes, og i Parisavtalen er det vedtatt at majoriteten av endringene skal gjennomføres innen 2050. Formålet med denne oppgaven er å undersøke om finansielle investeringer påvirkes av overgangsrisiko, og om overgangsrisikoen kan bli en finansiell risiko.

Forskere har lenge brukt klimamodeller for å modellere økonomiske konsekvenser av klimaendringer. Disse krever ulike sett av forutsetninger, som samles i scenarioer. I denne oppgaven sammenstilles framskrivninger fra scenarioer publisert av NGFS med Merton-modellen. Formålet er å modellere konsekvenser av overgangsrisiko for Gjensidige Forsikring ASAs investeringsportefølje. Porteføljen verdsettes i en ovenfra-og-ned analyse av klimapolitisk relevante sektorer. Sektorenes utvikling i overgangsscenarioet relativt til nåsituasjonen samles i en sjokkfaktor som brukes til å verdsette porteføljeselskapene. Differansen i markedsverdi mellom scenarioene som representerer nåsituasjonen og overgangsscenarioet presenteres som et estimat på overgangsrisiko.

Resultatene viser at overgangen til et lavutslippssamfunn kan medføre betydelige verdiendringer for finansielle investeringer. Investeringer i sektorer med høye klimagassutslipp påvirkes negativt av overgangen. Den negative endringen kan reduseres og snus til en positiv verdiendring med ustrakt bruk av karbonfangstteknologi. Sektorer som er substitutter for høyutslippssektorer påvirkes i alle scenarioer positivt av overgangen til et lavutslippssamfunn. Det vises også at overgangsrisikoen er høyere i scenarioer som begrenser global oppvarming til 1,5 °C enn sammenlignbare scenarioer som begrenser global oppvarming til 2 °C, samt at valg av scenario som beskriver nåsituasjonen er svært viktig for resultatet. Valg av modell er viktig, ettersom like klimascenarioer kan gi forskjellige resultater som følge forskjeller i modellenes oppbygning og forutsetninger. Dersom bare scenarioene som overholder krav satt av Miljødirektoratet analyseres, vises det at estimert overgangsrisiko er negativ i alle scenariokombinasjoner, at økt karbonfangst reduserer estimert overgangsrisiko og at et strengere utslippsmål gir en høyere estimert overgangsrisiko.

Innholdsfortegnelse

Figuroversikt.....	v
Tabelloversikt	vii
Ordforklaringer.....	viii
1. Innledning.....	1
1.1. Klimarisiko	3
2. Problemstilling og hypoteser	5
3. Tidligere litteratur og relevante rammeverk	7
3.1. Tidligere litteratur.....	7
3.2. Lover, initiativer og rammeverk rettet mot finansbransjen	10
4. Metode	13
4.1. Klimamodeller og klimascenarioer	13
4.2. Finansiell verdsettelse av aksjer og obligasjoner	19
4.2.1. Verdsettelse av obligasjoner.....	24
4.2.2. Verdsettelse av aksjer.....	26
5. Data og deskriptiv statistikk	27
5.1. Klimascenarioer fra NGFS	27
5.1.1. Klimamodeller i NGFS sine scenarioer	31
5.1.2. Regioninndeling	32
5.1.3. Kritikk mot scenarioene	32
5.1.4. Klimagassutslipp, karbonfangst- og lagring og utslippskostnad.....	35
5.1.5. Sektorutvikling i scenarioene	39
5.2. Utrekning av sjokkfaktorer	41
5.2.1. Utvinning av fossile energikilder	42
5.2.2. Elektrisitetsmarkeder.....	44
5.2.3. Transport, energiintensive sektorer og eiendom	44
5.2.4. Andre sektorer	47
5.3. Gjensidige Forsikrings investeringsportefølje.....	47
5.3.1. Investeringsporteføljen fordelt på CPRS og NACE-sektorer.....	49
5.3.2. Finansierte klimagassutslipp og intern bruk av karbonpris i selskapene	52
5.4. Estimerte parametere i Merton-modellen	54
6. Resultater	57
6.1. Scenarioanalyser.....	57
6.1.1. Investeringer i aksjer	63
6.1.2. Investeringer i obligasjoner	66
6.1.3. Eksempel: Equinor ASA	73
6.2. Sensitivitetsanalyser	76
6.2.1. Tid til forfall, risikofri rente og volatilitet i Merton.....	77
6.2.2. WACC- og EBIT-marginer i modelleringen av sektoreffekter.....	80
6.2.3. Kostnadsoverføring innen Transport, Energy Intensive og Housing.....	83
6.2.4. Alternative modelleringer av CPRS-sektorene Finance og Other.....	84
7. Avsluttende kommentarer og anbefalinger	86
8. Litteraturliste	92
9. Vedlegg	96

Figuroversikt

Figur 1: Sammenhengen mellom økonomisk aktivitet og karbonkretsløpet (Stern, 2007).....	14
Figur 2: Sannsynlighet for mislighold i Merton-modellen (Petitt et al., 2019).....	20
Figur 3: Sammenligning av NGFS-scenarioene (NGFS, 2020).....	28
Figur 4: IIASAs rammeverk for klimamodeller vist for MESSAGEix-GLOBIOM.	31
Figur 5: Global CO ₂ -pris for alle NGFS-scenarioer.....	35
Figur 6: Årlige netto klimagassutslipp i NGFS-scenarioene.	36
Figur 7: Totale årlige nivåer av global karbonfangst (CDR) i NGFS-scenarioene.....	37
Figur 8: Eksempel på utvikling i global primær energimiks.....	39
Figur 9: Oljemarkedet i OECD og EU modellert med REMIND-MAgPIE.	40
Figur 10: Oljemarkedet i OECD og EU modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.....	41
Figur 11: Topp 10 største geografiske eksponeringer i investeringsporteføljen.....	48
Figur 12: Gjensidiges geografiske fordeling etter inndelingen i NGFS-databasen.	48
Figur 13: Gjensidiges eksponering mot klimapolitisk relevante sektorer.....	51
Figur 14: Utdrag fra CDPs årlige spørreskjema om prising av klimagassutslipp.....	54
Figur 15: Broforbindelse mellom porteføljeverdi i BaU og overgangsscenarioene, modellert med REMIND-MAgPIE.	61
Figur 16: Broforbindelse mellom porteføljeverdi i BaU og overgangsscenarioene, modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.	62
Figur 17: Prosentvis endring for aksjeporteføljen fordelt på klimapolitisk relevante sektorer. Modellert med REMIND-MAgPIE.....	64
Figur 18: Prosentvis endring for aksjeporteføljen fordelt på klimapolitisk relevante sektorer. Modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.	65
Figur 19: Prosentvis endring for obligasjonsporteføljen fordelt på klimapolitisk relevante sektorer. Modellert med REMIND-MAgPIE.....	67
Figur 20: Prosentvis endring for obligasjonsporteføljen fordelt på klimapolitisk relevante sektorer, modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.....	68
Figur 21: Endring i sannsynlighet for mislighold i overgangsscenarioene sammenlignet med BaU, modellert med REMIND-MAgPIE.....	69

Figur 22: Endring i sannsynlighet for mislighold i overgangsscenarioene sammenlignet med BaU, modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.....	70
Figur 23: EBIT og NNV av resultat for oljeleting- og produksjon.	76
Figur 24: Sammenheng mellom risikofri rente og estimert overgangsrisiko.	77
Figur 25: Sammenheng mellom tid til forfall og estimert overgangsrisiko.	78
Figur 26: Sammenheng mellom volatilitet i eiendeler og estimert overgangsrisiko.....	79
Figur 27: Sammenheng mellom EBIT-estimat og estimert overgangsrisiko.	81
Figur 28: Sammenheng mellom WACC-estimat og estimert overgangsrisiko.....	82
Figur 29: Sammenheng mellom kostnadsoverføring og estimert overgangsrisiko.....	83
Figur 30: Inndeling i CPRS basert på NACE-sektorer.	98
Figur 31: Utvinning av naturgass modellert med REMIND-MAgPIE	106
Figur 32: Utvinning av naturgass modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.	107
Figur 33: Primær energi fra kull i OECD og EU modellert med REMIND-MAgPIE.....	108
Figur 34: Primær energi fra kull i OECD og EU modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.	109
Figur 35: Elektrisitet fra olje i OECD og EU modellert med REMIND-MAgPIE.	110
Figur 36: Elektrisitet fra olje i OECD og EU modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.....	110
Figur 37: Elektrisitet fra kull i OECD og EU modellert med REMIND-MAgPIE.....	111
Figur 38: Elektrisitet fra kull i OECD og EU modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.....	112
Figur 39: Elektrisitet fra naturgass modellert med REMIND-MAgPIE.	112
Figur 40: Elektrisitet fra naturgass modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.	113
Figur 41: Fornybar elektrisitet i OECD og EU, modellert med REMIND-MAgPIE.	114
Figur 42: Fornybar elektrisitet i OECD og EU, modellert med MESSAGEix-GLOBIOM. .	114
Figur 43: BNP-utvikling i OECD og EU.	115
Figur 44: Klimagassutslipp og utslippskostnader for bygninger i OECD og EU.	116
Figur 45: Utvikling i energiintensive sektorer i OECD og EU.	116
Figur 46: Utvikling i transportsektoren i OECD og EU.....	117

Tabelloversikt

Tabell 1: Sammenheng mellom RCP- og SSP-scenarioer og NGFS-scenarioene.....	30
Tabell 2: Estimer på EBIT og WACC for alle klimapolitisk relevante sektorer	42
Tabell 3: Eksempler på inntektsfordeling i klimapolitisk relevante sektorer (CPRS).	51
Tabell 4: Gjensidiges eksponering mot klimapolitisk relevante sektorer (CPRS).....	52
Tabell 5: Dekningsgrad for data på finansierte klimagassutslipp i Gjensidiges portefølje.....	53
Tabell 6: Estimer på volatilitet i eiendeler og durasjon.....	56
Tabell 7: Oppsummerende resultater fra scenarioanalysene	58
Tabell 8: Scenarioer som overholder Miljødirektoratets krav til karbonfangst	72
Tabell 9: Oppdeling av Equinor til to fiktive selskaper for hver inntektskilde.....	73
Tabell 10: Anvendte variabler fra NGFS-scenarioene for oljeutvinning- og produksjon.....	74
Tabell 11: Utdrag fra utregninger i verdsettelsen av oljedivisjonen i Equinor ASA.	74
Tabell 12: Verdsettelse av oljedivisjonen i Equinor ASA	75
Tabell 13: Sensitivitetsanalyse for BNP-effekt på CPRS-inndelingene Finance og Other.....	85
Tabell 14: Beskrivelse av scenarioene i NGFS-databasen.....	96
Tabell 15: Beskrivelse av anvendte variabler fra NGFS sin scenariodatabase	97
Tabell 16: Regioninndeling i IIASAs database.....	98
Tabell 17: Sensitivitet til estimat på WACC.....	99
Tabell 18: Sensitivitet til estimat på EBIT-margin	100
Tabell 19: Sensitivitet til estimat på kostnadsoverføring.....	101
Tabell 20: Sensitivitet til risikofri rente	102
Tabell 21: Sensitivitet til tid til forfall.....	103
Tabell 22: Sensitivitet til volatilitet i eiendeler	104
Tabell 23: Oversikt over sjokkfaktorer	105

Ordforklaringer

BaU	Business-as-Usual
CCS	Carbon Capture & Storage
CDP	Carbon Disclosure Project
CDR	Carbon Dioxide Removal
CET1	Common Equity Tier 1
CIN	Corporate Identity Number
COP	Conference of the Parties
CPRS	Climate Policy Relevant Sectors
DICE	Dynamic Integrated Climate-Economy model
EU ETS	European Union Emissions Trading System
FSB	Financial Stability Board
GCAM	Global Change Analysis Model
GVA	Gross Value Added
IAM	Integrated Assessment Model
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISIN	International Securities Identification Number
LEI	Legal Entity Identifier
MESSAGEix- GLOBIOM	Model for Energy Supply Systems And their General Environmental impact (MESSAGE) / The Global Biosphere Management Model (GLOBIOM)
NACE	Statistical Classification of Economic Activities in the European Community (Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne)
NAICS	North American Industry Classification System
NDC	Nationally Determined Contributions
NGFS	Network for Greening the Financial System
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PACTA	Paris Agreement Capital Transition Assessment
PermID	Refinitiv Permanent Identifier
RCP	Representative Concentration Pathway
REMIND-MAgPIE	REgional Model of Investment and Development (REMIND) / Model of Agricultural Production and its Impact on the Environment (MAgPIE)
SSP	Shared Socioeconomic Pathway
TCFD	Task Force on Climate-related Financial Disclosures
TEG	EU Technical Expert Group on Sustainable Finance
TRBC	Thomson Reuters Business Classification
UN PRB	United Nations Principles for Responsible Banking
UN PRI	United Nations Principles for Responsible Investments
UN PSI	United Nations Principles for Sustainable Insurance
UNEP	United Nations Environmental Programme
UNEP FI	United Nations Environmental Programme Financial Initiative
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

1. Innledning

Klimaendringer brukes som en samlebetegnelse på langsiktige endringer i jordens klima som følge av menneskelig aktivitet. Eksempler på slike endringer er økt hyppighet av flom og tørke, stigende havnivåer, økt hyppighet av ekstremvær og temperaturendringer som følge av endring i konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren. Parisavtalen fra 2015 satte et fokus på temperaturendringer, gjennom at alle medlemsland i FNs rammekonvensjon om klimaendringer (UNFCCC) vedtok at den globale middeltemperaturøkningen skal begrenses til 2 °C, og helst ikke mer enn 1,5 °C. Dette er et stort avvik fra dagens trend, som antas å føre til global oppvarming på mellom 3,5 og 4,5 °C innen 2100.

Målet om å begrense middeltemperaturøkningen til intervallet 1,5 °C til 2 °C er direkte knyttet til konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren. Termodynamikk krever balanse mellom inngående og utgående stråling fra solen. En økning i klimagasskonsentrasjonen vil føre til at den inngående strålingen fra solen ikke klarer å returnere ut gjennom atmosfæren, men heller blir absorbert av jorden. Det er høy usikkerhet knyttet til skadeeffekten fra konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren, men forskning har vist at det er en tilnærmet lineær sammenheng frem til konsentrasjonen som tilsvarer 1,5–2 °C økning i global middeltemperatur. Temperaturøkninger utover dette kan medføre ikke-lineære forhold mellom temperaturøkning og skadeeffekt. Klimamålet om å begrense temperaturøkningen til 1,5–2 °C kan sees som en sikker minimumsstandard som prøver å eliminere katastroferisiko som følge av temperaturøkninger (Perman et al., 2011).

Finansinstitusjoner kan bli påvirket av klimaendringer på mange måter. Forsikringsselskaper kan få økte erstatningskostnader som følge av økt hyppighet av ekstremvær. Økte utslippskostnader kan øke mislighold hos låntagere, slik at bankens tap øker. En økning i utslippskostnadene kan også påvirke finansielle investorer. Utslippskostnadene vil redusere lønnsomheten i selskaper investoren har i sin portefølje. Redusert lønnsomhet kan føre til nedbemanning i selskapet, slik at også privatpersoner og andre bedrifter i verdikjeden blir påvirket. I stor skala kan dette utgjøre en trussel for finansiell stabilitet. Klimaendringer og tiltak for å begrense klimaendringene er derfor av interesse for finansinstitusjoner, selv om påvirkningen på deres virksomhet først og fremst vil være indirekte.

Forskere bruker utslippsbudsjetter til å finne ut hvor mye globale klimagassutslipp må reduseres for å hindre at konsentrasjonen av klimagasser øker. FNs klimapanel (IPCC), en institusjon opprettet av Verdens Meteorologiorganisasjon og FNs miljøprogram, har siden 1990 jevnlig

publisert rapporter der de forsøker å sammenfatte forskning og informasjon om klimaendringer. IPCC (2018) estimerer at gjenværende karbonbudsjett er 420 gigatonn (Gt) CO₂ for å nå målet om 1,5 °C med 66% sannsynlighet, og 580 Gt CO₂ for å nå 1,5 °C med 50% sannsynlighet. Disse målene tilsvarer 10–14 år med dagens utslipp. I 2020 var de globale klimagassutslippene cirka 40 gigatonn CO₂ (Gt CO₂). Hvis man skal nå målet om maksimalt 1,5 °C oppvarming bør ikke de årlige utslippene være høyere enn 25–30 Gt CO₂ i 2030. Med dagens tiltak vil de derimot være 52–58 Gt CO₂. Majoriteten av verdens land har satt seg mål om å begrense temperaturstigningen, men tall fra IPCC viser at det må store endringer til for å klare dette, og at vi ligger bak skjema. Det er derfor en mulighet for at det brått kan komme uventede politiske tiltak for å sikre at man når det felles målet i tide.

Et eksempel på politiske tiltak for å begrense klimaendringer er utslippsprising. Kostnaden ved klimagassutslipp blir ofte utelatt fra prisen på varer og tjenester. Dette gjør at prisen på et tilsvarende gode med lave klimagassutslipp kan være høyere enn prisen på et gode med høye klimagassutslipp. Økonomen Arthur Pigou er kjent for å ha introdusert pigouskatten, en skatt eller avgift som tar sikte på å oppheve eksternaliteter knyttet til produksjon og konsum av varer. For klimagassutslipp skjer dette ved at aktøren som har ansvar for utslippene må internalisere kostnadene for utslippene i sine produksjonskostnader. Innen klimaøkonomi er det konsensus om at aktørene som forurenses også bør stilles ansvarlige for sine utslipp når klimapolitikk utformes. Det europeiske kvotesystemet for klimagassutslipp (EU ETS) og den norske CO₂-avgiften er praktiske eksempler på denne typen klimapolitikk. Dette er virkemidler som skal bidra til å nå utslippsmål ved å øke kostnadene for aktiviteter med høye klimagassutslipp, slik at resultatmarginen i forurensende selskaper presses ned og lavutslippsalternativer blir mer attraktive relativt sett.

Et eksempel på hvordan negative eksternaliteter kan rettes opp med en pigouskatt kan vises med elektrisitetsmarkedet. Historisk har det vært billigere å produsere strøm med kull enn solenergi, selv om kull har høye klimagassutslipp. Dette er en markedssvikt der ikke alle kostnader ved produksjonen er inkludert, og kan rettes opp ved å legge en avgift på utslippene fra kullkraften. Da vil kostnaden ved klimagassutslipp internaliseres i prisen, og markedet vil velge kilden som har lavest kostnad hensyntatt klimagassutslippene.

1.1. Klimarisiko

Alle selskaper har investorer som bidrar med finansiering i form av gjeld eller egenkapital i bytte mot en tilbakebetaling i form av kupong for gjeldsinvestorer, utbytter for aksjeinvestorer og en eventuell kursstigning for begge. Selskaper med fysiske eiendeler er til en viss grad eksponert for temperaturendringer og økt ekstremvær. Enkelte selskaper og sektorer kan også påvirkes av tiltakene som må til for å kunne redusere konsentrasjonen av klimagasser. I tillegg vil aktører ha en risiko for å bli stilt ansvarlige for sin påvirkning på klimaet. Samlet omtales dette som klimarisiko, og deles inn i fysisk risiko, overgangsrisiko og ansvarsrisiko.

Klimarisiko preges av kompleksitet i form av høy usikkerhet og ikke-lineære sammenhenger. Det er høy usikkerhet knyttet til estimatene for fremtidig klimautvikling og eventuelle effekter av klimaendringer. Den store usikkerheten skyldes blant annet potensialet for irreversible skader, stivhengighet, mulige terskelverdier og vippepunkter som er svært vanskelige å modellere. Tidligere forskning har vist at skadeeffektene og tilbakekoblingsmekanismer er ikke-lineære, i form av at effektene forverres jo mer klimaet endres (Perman et al., 2011). Dette er årsaken til at man under fysisk klimarisiko diskuterer akutte risikofaktorer. Indirekte er det også årsaken til overgangsrisiko. Ikke-linearitet og høy usikkerhet taler for at man skal bruke et føre-var prinsipp i klimapolitikken, som i stor grad er årsaken til at vi i dag har som mål å begrense global oppvarming.

Fysisk risiko betegnes som negativ verdiendring på verdiskapende eiendeler som følge av klimaendringer. På et overordnet nivå kan fysisk risiko tolkes som risikoene som inntreffer dersom man ikke klarer å stoppe klimaendringene i tide. Det er normalt å dele inn fysisk risiko i akutt og kronisk risiko. Akutt risiko er drevet av spesifikke hendelser, slik som mer ekstremvær eller økt hyppighet av orkaner, flom og skred. Kronisk risiko er en samlebetegnelse på de langsiktige endringene, slik som økte havnivåer, økning i middeltemperatur eller hetebølger. I en verdipapirportefølje kan fysisk risiko inntreffe gjennom ødeleggelser på verdiskapende infrastruktur i selskapene som følge av klimaendringer. For et forsikringselskap som Gjensidige vil man kunne se fysisk risiko gjennom økte erstatningskrav fra ekstremvær.

Der fysisk risiko knyttet til risikoen for at man ikke klarer å stanse klimaendringene, så kan overgangsrisiko sees som risikoen som oppstår på grunn av arbeidet med å begrense klimaendringene. Å stanse klimaendringene vil kreve endringer i markeder, teknologi og politikk, og kan gi drastiske konsekvenser for enkelte sektorer og selskaper. Finanstilsynet har i en av sine rapporter uttalt at finansinstitusjoner sannsynligvis vil treffes hardere av

overgangsrisiko enn fysisk risiko (Finanstilsynet, 2019). Overgangsrisiko deles normalt inn i teknologisk risiko, politisk risiko, markedsrisiko og omdømmerisiko.

Teknologisk risiko er risikoen for at dagens teknologi blir overflødig eller erstattet av alternative teknologier. En overgang til fornybar energi vil påvirke konkurransekraften, tilbudet og etterspørselen etter fossil energi. Dette omtales ofte som risikoen for «stranded assets», altså risikoen for en betydelig nedskrivning i selskapers verdier som følge av en overgang til et lavutslippssamfunn. Markedsrisiko er en samlebetegnelse på utviklingen som vil skje i ulike markeder som følge av overgangen til et lavutslippssamfunn. Markedsrisiko kan sees som risikoen for at det oppstår betydelige skift i tilbud og/eller etterspørsel i et marked som følge av klimaendringer. Politisk risiko kan deles inn i en politisk del og en juridisk del. Overgangen til et lavutslippssamfunn vil delvis bli drevet av politiske verktøy, slik som karbonprising, subsidier til lavutslippsteknologier, eller mer direkte verktøy som forbud mot enkelte aktiviteter eller teknologier. Omdømmerisiko er risikoen for at omdømmet til et selskap påvirkes negativt av overgangen til et lavutslippssamfunn. Dette kan for eksempel være et mer negativt syn på selskaper med høye klimagassutslipp.

Et eksempel på hvordan overgangsrisiko føre til finansiell risiko ser man i kredittratingbyråenes vurderinger av de største amerikanske olje- og gassprodusentene. Moody's nedgraderte i april 2020 Exxon Mobil fra Aa1 til Aaa, og begrunnet vurderingen med frykt for at prising av klimagassutslipp og politiske virkemidler vil påvirke selskapets fremtidige inntjening. (Moody's, 2020). En artikkel fra Bloomberg viser at S&P gjorde tilsvarende vurderinger for Exxon Mobil, Chevron og ConocoPhillips i februar 2021, der alle ble nedgradert ett hakk. S&P uttalte at selv om selskapene har eksisterende klimastrategier, så er disse for svake til å opprettholde kredittkvaliteten på lang sikt. En økt sannsynlighet for store nedskrivninger som følge av klimaendringer veide også tungt (Crowley, 2021). MSCI har regnet på hva overgangsrisiko har å si for deres globale aksjeindeks MSCI All Country World Index. Gjennom scenarioanalyser har de kommet frem til at kun 16% av de 9.000 selskapene i indeksen har inntektsstrømmer som passer inn i et scenario for 2 °C global oppvarming, og at bare 5% har inntekter tilpasset et samfunn der global oppvarming begrenses til 1,5 °C (MSCI, 2020).

Ansvarsrisiko er risiko knyttet til økonomisk ansvarlighet eller erstatningskrav for skader på klimaet. Et underliggende selskap i en portefølje kan for eksempel bli stilt ansvarlig for sin negative klimapåvirkning gjennom et klimasøksmål, som kan få store økonomiske konsekvenser for selskapets videre drift. Dette kan skje gjennom utslipp fra et skipsforlis som

påvirker naturen lokalt, eller annen forurensning fra selskapets drift. Man finner et konkret eksempel i en dom fra 2019 i nederlandsk høyesterett. Her ble det gjort klart at mennesker har en grunnleggende rettighet til å bli beskyttet mot klimaendringer, og at mangel på villighet fra myndighetene til å kutte utslipp er et brudd på grunnleggende menneskerettigheter (Spier, 2020).

2. Problemstilling og hypoteser

Formålet med oppgaven er å undersøke om det er sannsynlig at finansielle investeringer påvirkes av overgangsrisiko knyttet til klimaendringer. Dette undersøkes ved å bruke framskrivninger fra klimamodeller- og scenarier som forutsetninger inn i en finansiell verdsettelsesmodell. Ulike scenarier har ulike forutsetninger, og det er derfor sannsynlig at verdien av investeringer vil være ulik i forskjellige scenarier. Eksempelvis vil analysen av et oljeselskap bruke framskrivninger på oljepris og produksjon fra klimascenarier for å finne størrelsen på det totale markedet. Utviklingen i pris og produksjon brukes til å vurdere hvordan sektoren påvirkes. Selskaper treffes proporsjonalt med sektoren de tilhører i hvert scenario, slik at selskapet modelleres til å beholde sin markedsandel. Det er vanlig praksis å anvende estimater på fremtidig oljepris og markedsstørrelse i finansielle verdsettelsener, men det er kun de siste årene at analytikere har begynt å hente disse estimatene fra klimascenarier. Denne metoden gjør det mulig å undersøke om selskapets aktiviteter og inntekter er i tråd med målene fra Parisavtalen. Resultatene fra flere sektorer og selskaper aggregeres for å analysere effektene av overgangsrisiko på porteføljenivå. Problemstillingen for oppgaven er:

I hvilken grad påvirkes investeringsporteføljer av internasjonale tiltak for å begrense klimaendringer? Er finansielle investorer posisjonert for overgangen til et lavutslippssamfunn, eller kan denne overgangen innebære finansiell risiko?

Analysen av problemstillingen blir undersøkt i detalj gjennom et utvalg hypoteser (H1–H5).

H1: Klimascenariene viser at finansielle investeringer påvirkes negativt av tiltak for å begrense global oppvarming.

H2: Klimascenariene viser at sterke tiltak for å begrense global oppvarming gir større påvirkning på verdien av finansielle investeringer enn svakere tiltak.

H3: Klimascenariene viser at investeringer i sektorer med høye klimagassutslipp påvirkes negativt av tiltak for å begrense global oppvarming.

H4: Klimascenarioene viser at investeringer i sektorer med lave klimagassutslipp påvirkes positivt av tiltak for å begrense global oppvarming.

H5: Klimascenarioer med høy bruk av karbonfangst- og lagring som klimatiltak gir lavere overgangsrisiko i porteføljen enn overgangsscenarioer med begrenset bruk av karbonfangst- og lagring.

Mitt bidrag til litteraturen har flere sider. Majoriteten av metoden er hentet fra Battiston et al. (2019b), Reinders et al. (2020) og Vermeulen et al. (2018), og uten rammeverkene de har utviklet hadde det ikke vært mulig å skrive denne oppgaven. Ved å utnytte deres innsikt forsøker jeg å lage et transparent rammeverk for bruk av scenarioanalyser på finansielle investeringer. Omtalen av klimarisiko i litteraturen er preget av komplekse artikler og lite håndfaste rapporter, og inntrykket er at det er vanskelig å gjennomføre anbefalingene rapportene kommer med i praksis. Ved å kombinere ulike informasjonskilder og rammeverk vil jeg forsøke å vise at scenarioanalyser kan gjennomføres av tilnærmet hvem som helst. På tidspunktet jeg startet arbeidet var det meg bekjent ikke gjort lignende analyser på mastergradsnivå.

Selv om jeg lener meg på rammeverk utviklet av andre, vil jeg sørge for at analysene har et individuelt preg. Battiston et al. (2019b) er den fremste inspirasjonen til oppgaven, men her anvendes LIMITS-scenarioene fra International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). I denne analysen anvendes i stedet scenarioer fra IIASA som er publisert av Network for Greening of the Financial System (NGFS), et nettverk av 83 sentralbanker og tilsynsmyndigheter som arbeider for å styrke finanssektorens evne til å håndtere klimarisiko og flytte kapital til bærekraftige investeringer. Blant medlemmene finnes både Norges Bank og Finanstilsynet, som begge har en sentral rolle i å legge føringer for håndtering av klimarisiko i Norge. Det er sannsynlig at NGFS sine scenarioer vil være sentralt i fremtidige krav fra tilsynsmyndigheter, noe som er en viktig årsak til at disse scenarioene er valgt fremfor andre scenarioer fra IIASA eller IEA. Metoden for verdsettelse av de finansielle investeringene er hentet fra Reinders et al. (2020). Deres metode anvendes her på et mer avansert sett av klimascenarioer og på en global investeringsportefølje. Deres analyse begrenser seg til Nederland, og de fleste andre analyser er også begrenset til EU.

Videre i oppgaven vil kapittel 3 gå gjennom tidligere litteratur innen analyser med klimascenarioer og klimastresstesting. Her vil også relevante lover, rammeverk og initiativer rettet mot klimarisiko og bærekraft i finansbransjen introduseres. I kapittel 4 introduseres metoden som anvendes i selve analysen. Her gis det først en introduksjon til klimamodeller og

klimasenarioer, før metoden for verdsettelse av aksjer og obligasjoner med Merton-modellen på tvers av klimascenarioer blir gjennomgått. Deretter kombineres disse for å vise hvordan porteføljen kan verdsettes og sammenlignes på tvers av klimascenarioer. I kapittel 5 introduseres dataen som anvendes i analysen. Dette er klimascenarioer utviklet av IIASA på oppdrag fra NGFS. I dette kapitlet gjennomgås også sammensetningen av investeringsporteføljen i Gjensidige Forsikring ASA. I kapittel 6 presenteres resultatene fra scenarioanalysen, samt en sensitivitetsanalyse av et sett utvalgte forutsetninger. Til slutt vil kapittel 7 drøfte resultatene i lys av problemstillingen og hypotesene, før det gis en oppsummerende kommentar av analysen.

3. Tidligere litteratur og relevante rammeverk

3.1. Tidligere litteratur

Sammenhengen mellom klima og økonomi har i lang tid blitt undersøkt ved hjelp av klimamodeller kalt Integrated Assessment Model (IAM). Dette er modeller som kombinerer ulike fagområder inn i et integrert rammeverk som gjør det mulig å vurdere forskjellige forutsetninger opp mot hverandre. Nobelprisvinner William Nordhaus sin DICE-modell er et eksempel på en slik klimamodell. (Nordhaus, 1992; Nordhaus, 2008). Stern-rapporten fra 2008 benytter klimamodeller og kommer frem til at det vil koste 1–4% av globalt BNP å redusere global oppvarming til 1,5–2 °C (Stern, 2007). Det er vanskelig å peke på akkurat når finansbransjen fikk øynene opp for klimarisiko, men den britiske sentralbanksjefen Mark Carney sin tale «Breaking the Tragedy of the Horizons», fra 2015, markerer et vannskille (Carney, 2015). At en britisk sentralbanksjef omtalte klimarisiko som en risiko for finansiell stabilitet var et viktig bidrag for å løfte temaet inn på den politiske agendaen. Talen representerer også en av de første offentlige inndelingene av klimarisiko i fysisk risiko, overgangsrisiko og ansvarsrisiko. Forskningen på klimarelaterte risikoer innen finans har økt kraftig siden da, men støtter seg fremdeles på de viktige gjennombruddene til blant annet Nordhaus og Stern.

Forskere ved London School of Economics har brukt DICE-modellen til å vurdere hvordan klimaendringer påvirker verdien av finansielle eiendeler (Dietz et al., 2016). Studien konsentrerer seg om fysisk risiko, og hvorvidt klimaendringer kan endre kontantstrømmene fra selskaper, og derav også deres verdi. Artikkelen undersøker dette gjennom å se på nåverdien av fremtidige tap grunnet klimaendringer, og fanger dette opp i halen på sannsynlighetsfordelingen hvor det regnes ut en Climate Value-at-Risk (CVaR). Det antas at finansielle verdier vil vokse parallelt med globalt BNP. Veksten i BNP regnes ut gjennom simuleringer over ulike

scenarioer. De finansielle verdiene verdsettes i hvert av scenarioene, og halerisikoen finnes ved å se på differansen i verdsetting av de finansielle verdiene i de ulike scenarioene. Scenarioene som anvendes er et Business-as-Usual (BaU), et 2 °C scenario og et 2,5 °C scenario. CVaR blir estimert til henholdsvis 1,2% og 1,8% mot BaU.

Weyzig et al. (2014) er blant de første studiene som kun vurderer overgangsrisiko. Dette gjøres ved å estimere eksponeringen til 43 europeiske finansinstitusjoner mot selskaper knyttet til fossile brensler, og de mulige tapene i disse selskapene under et scenario der verdien på fossile selskaper faller med 30–60%. Deres hypotese er at CO₂-utslippene ikke er hensyntatt i markedets verdsettelse av selskapene, og at dette kan gi en «karbonboble». Eksponeringen mot fossile selskaper er 1,4–5% av totale eiendeler i finansinstitusjonene, og resultatene fra scenarioanalysen viser at de mulige tapene kan være 0,4–3% av totale eiendeler.

Battiston et al. (2017) presenterer en mer nyansert metode for å vurdere eksponeringen mot sektorer som treffes av overgangsrisiko. Ved å ta utgangspunkt i sektorinndelingen NACE Rev 2 på nivå 4 deles sektorer inn i fem klimapolitisk relevante sektorer (Climate Policy Relevant Sectors - CPRS). Disse sektorene dekker fossile brensler, forsyning, energiintensive sektorer, bygninger og transport. De resterende industriene ender i samlegrupper for finans og andre sektorer generelt. Inndelingen er ment å isolere de sektorene som er mest eksponert mot overgangsrisiko. Videre brukes disse eksponeringene for å vurdere direkte og indirekte tap i de 50 største europeiske bankene ved å sammenligne et BaU-scenario med 1,5–2°C scenarioer fra LIMITS-databasen fra IIASA. Resultatene viser at uforventede klimatiltak kan føre til signifikante tap, og at forutsigbare klimatiltak derfor er viktige.

CPRS brukes av samme forfattere for å vurdere overgangsrisikoen i obligasjoner (Battiston & Monasterolo, 2020). Her introduseres en metode for å inkludere overgangsrisiko i prising av obligasjoner, med utgangspunkt i Merton (1974) sin modell for kredittrisiko. Metoden bruker offentlig tilgjengelig finansiell informasjon, og variabler hentet fra LIMITS-scenarioene. Disse brukes til å regne ut en klimarelatert spread mellom selskaps- og statsobligasjoner. Hypotesen er at land med høye eksponeringer mot CPRS vil ha en høyere spread enn de med lav eksponering. Dette testes ved å se på sannsynlighet for mislighold for staten, ved å analysere differansen i bidrag fra CPRS i ulike scenarioer. Resultatene viser at statsobligasjoner i land med der en høy andel av statsinntektene kommer fra fossile brensler er svært eksponert mot overgangsrisiko. Dette gjelder særlig Norge, Australia og Polen, der nedsiderisikoen på verdien av statsobligasjonene er 13–17%. Samme metode er anvendt for å vurdere porteføljene av

statsobligasjoner i europeiske forsikringsselskap. Resultatene viser en mulig nedside på 1–3% avhengig av scenario og forutsetninger (Battiston et al., 2019a). Metoden for vurdering av overgangsrisiko i aksjer, stats- og selskapsobligasjoner er senere oppsummert i en veiledning (Battiston et al., 2019b). CPRS-inndelingen er senere også anvendt av Finanstilsynet, i deres vurdering av klimarisiko i norske finansforetak og klimarisiko i forsikringsselskap (Finanstilsynet, 2019; Finanstilsynet, 2021).

Vermeulen et al. (2018) vurderer risikoen for finansiell stabilitet i Nederland knyttet til et uventet klimatiltak der prisen på klimagassutslipp stiger brått. I tillegg vurderes også effekten av teknologisk utvikling. Scenarioene som anvendes er egenutviklede, og metoden for beregning av risikoen baserer seg på en større økonometrisk modell for makroøkonomi. Artikkelen bidrar med en utregning av sensitivitetsfaktorer for 56 ulike økonomiske sektorer, som dekker alle sektorer i NACE revisjon 2 på andre nivå. Faktorene er basert på kapitalverdimodellen der beta måler kovariansen med overgangsrisiko, basert på utviklingen i CO₂-pris i de ulike scenarioene. Metoden brukes videre i Vermeulen et al. (2019) for å vurdere overgangsrisikoen i 80 nederlandske finansinstitusjoner. Resultatene viser at tapene nasjonalt kan være store, med opp mot 11% nedsiderisiko.

Bank of England inkluderte i 2019 en klimascenarioanalyse for overgangsrisiko i sin årlige stresstest av forsikringsselskaper. Det er her inkludert tre klimascenarioer og regnet ut Value-at-Risk (VaR) for både aksjer og obligasjoner. VaR-utregningen tar utgangspunkt i sensitivitetsfaktorene fra Vermeulen et al. (2018) og kombinerer disse med klimascenarioer fra IEA. For å vurdere sektorene er det laget en overgang mellom NACE Rev2 koder og en egenutviklet samling av klimapolitisk relevante sektorer, som ligner den Battiston et al. (2017) presenterer. Totalt sett krever løsningen derfor kun NACE-koder fra brukeren, og gir et VaR-estimat på porteføljenivå tilbake (Bank of England, 2019).

Reinders et al. (2020) anvender også Merton (1974) for å vurdere overgangsrisiko. Studien skiller seg ut ved å bruke denne modellen for både aksjer og obligasjoner. De tar en lignende tilnærming som Vermeulen et al. (2018) og vurderer hver NACE Rev2 sektor på nivå 2. Sensitiviteten måles ved å se på hvor mye prisen på CO₂-utslipp påvirker selskapenes frie kontantstrøm. Alle scenarioene baserer seg på introduksjon av en CO₂-pris på EUR 100–200, men skiller seg fra hverandre ved ulik grad av karbonlekkasje og ulik mulighet for overføring av kostnader til konsumenter. Det er også et skille på om tiltakene er forventet av markedet eller ikke, og hvor raskt tiltakene trer i kraft. Dette brukes til å se på tapene i nederlandske

banker sammenlignet med deres kjernekapital. Resultatene viser mulige tap på 4–63% av CET1, avhengig av scenarioet som velges. 83–91% av disse tapene kan kobles til fem NACE-sektorer (D.35, C.19, C.24 og H.51). I Nederland kan dette gi totale tap på EUR 7–40 milliarder.

Det internasjonale pengefondet (IMF) har i en rapport fra 2020 sett på overgangsrisikoen for hele den norske økonomien og selskaper på Oslo Børs. Analysen tar utgangspunkt i en økning i den nasjonale CO₂-avgiften, i tillegg til en kraftig økning i globale CO₂-priser. Her antas det at ingen kostnader kan overføres til konsumenten. Med en global CO₂-pris på USD 75–150 beregner IMF at norske oljeinntekter vil falle med 27–38%. Lånetapene i norske banker vil samtidig kunne øke med 0,6–0,9%. Dette er høyere enn økningen i tap knyttet til oljeprisfallet i 2014–2016. Disse resultatene brukes til å verdsette Equinor, før antagelsene overføres til resten av selskapene på Oslo Børs ved hjelp av beta fra kapitalverdimodellen. Equinor-aksjen er estimert å kunne falle 43–49%, og med en estimert ettårig betaverdi på 1,0 forventer IMF tilsvarende tap i andre sektorer. Dette overføres deretter til norske forsikringsselskapers eiendeler. IMF estimerer her et fall på 5%, med utgangspunkt i at selskapene holder 11,7% av investeringene i norske aksjer (Grippa & Mann, 2020).

3.2. Lover, initiativer og rammeverk rettet mot finansbransjen

Finansbransjen møter krav fra flere hold. Øverst finnes supranasjonale organisasjoner som FN. Disse setter krav både til myndigheter i landene der selskaper opererer og direkte til selskapene. Kravene kan komme både i form av forventninger og reguleringer, men i nyere tid har det også kommet et stort fokus på frivillige initiativer fra næringslivet. Dette kapitlet presenterer de viktige interessenter som påvirker finansbransjen i spørsmål om klimatiltak og klimaendringer.

3.2.1. FNs arbeid med å bekjempe klimaendringer

FN er en sentral aktør i arbeidet mot klimaendringer. I 1992 skrev tett opp mot alle verdens land under på UNFCCC. Ifølge de grunnleggende paragrafene er formålet med konvensjonen å stabilisere konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren på et nivå som forhindrer menneskelige skader på klimaet. De viktigste resultatene kommer fra de årlige konferansene (Conference of the Parties, COP). I 1997 signerte alle medlemsland Kyotoprotokollen, som introduserte det første internasjonale systemet for handel av klimagassutslipp gjennom Clean Development Mechanism (CDM). En fornyet avtale var planlagt til konferansen i København i 2009, men her kom man ikke frem til et bindende resultat på grunn av finanskrisen og amerikansk misnøye med Kinas status som utviklingsland i protokollen. Avtalen kom derfor

først på plass i 2015 under konferansen i Paris. I Parisavtalen ble det gjort klart at alle land har et felles, men fremdeles differensiert ansvar for å begrense global oppvarming til 2 °C, og helst under 1,5 °C. Til forskjell fra Kyotoprotokollen er Parisavtalen designet nedenfra og opp, der de nasjonalt bestemte bidragene fra hvert land (Nationally Determined Contributions - NDC) står sentralt. I Kyoto ble det satt overordnede mål som hvert enkelt land måtte forholde seg til.

Parisavtalen er et historisk steg i arbeidet mot klimaendringer, men virkningen ble midlertidig redusert da USA annonserte at de trakk seg fra avtalen i 2017. Etter valget i 2020 har president Joe Biden meldt USA inn i Parisavtalen igjen, og i april 2021 ble Kina og USA formelt enige om å samarbeide for å nå målene fra Parisavtalen (White & Hook, 2021). Kina og USA er to av de desidert viktigste aktørene i avtalen, men har de siste tiårene vært uenige om hvordan klimaendringer skal håndteres. Selv om det fremdeles er usikkert om verden vil klare å nå målene i Parisavtalen, ser utsiktene bedre ut i 2021 enn på lenge.

Samtidig som UNFCCC ble stiftet i 1992 opprettet FNs miljøprogram (UNEP) et initiativ rettet mot finanssektoren; UNEP Financial Initiative (UNEP FI). Formålet var å rette oppmerksomheten mot hvordan finanssektoren kan spille en rolle i overgangen til en mer bærekraftig økonomi, ved å adressere problemstillinger knyttet til miljø, sosiale forhold og selskapsstyring (ESG). Blant det viktigste arbeidet er opprettelsen av egne prinsipper for bærekraftig forsikring (UN PSI), bærekraftig bankdrift (UN PRB) og ansvarlige investeringer (UN PRI). UNEP FI har 300 medlemmer blant banker, forsikringsselskap og investorer. UN PRI har ved utgangen av 2020 over 3.500 signatarer blant investeringsrådgivere, kapitalforvaltere og fondsforvaltere. Til sammen forvalter signatarene eiendeler for over 100 billioner USD, og i antall utgjør de over halvparten av verdens institusjonelle investorer.

3.2.2. Task Force on Climate-Related Financial Disclosures

Etter G20-møtet i 2009 ble rådet for finansiell stabilitet (FSB) opprettet. Rådets oppgave er å koordinere arbeid mellom finansmyndigheter og -institusjoner for å sikre finansiell stabilitet globalt. Det er totalt 68 medlemmer, bestående av regulatoriske myndigheter og internasjonale organisasjoner som IMF og Verdensbanken. I april 2015 ble FSB bedt om å vurdere hvordan finanssektoren kunne bidra til å løse klimautfordringene, og opprettet Task Force on Climate Related Financial Disclosures (TCFD). Dette er en arbeidsgruppe ledet av Michael Bloomberg, som består av representanter fra finansinstitusjoner, kredittratingbyråer, samt revisjon- og konsulentfirmaer. Formålet er å hjelpe investorer, banker og forsikringsselskaper med å vurdere

og rapportere på klimarelaterte risikoer og muligheter. I 2017 publiserte de sine anbefalinger, som i stor grad er blitt en etablert standard for god praksis innen bærekraftsrapportering.

Essensen i TCFDs anbefalinger er at selskaper bør inkludere klimarelevant rapportering i sine offentlige rapporter på lik linje med finansiell rapportering. Anbefalingene er spesialisert inn mot flere områder, blant annet selskapsstyring, strategi, risikostyring og fastsettelse av mål og vurderinger knyttet til klimarelevante risikoer og muligheter. Selskap blir blant annet bedt om å rapportere direkte og indirekte klimagassutslipp (Scope 1 og 2) og de relaterte risikoene. De anbefales også å anvende klimascenarioanalyser for å vurdere selskapets strategiske motstandsdyktighet mot klimaendringer (TCFD, 2017a).

TCFDs anbefalinger er, og vil forbli frivillige. Anbefalingene kan derimot bli lovpålagt av myndigheter. Britiske myndigheter har vist at de er villige til å gjøre rapporteringen obligatorisk. I følge Financial Times annonserte Storbritannias finansminister Rishi Sunak i 2020 at de største finansinstitusjonene må forberede seg på at TCFD-rapportering vil bli obligatorisk innen 2025 (Colback, 2020). Bank of England har også vært en pådriver for at finansforetak skal rapportere til TCFD. I 2019 satte de forventninger om at finansinstitusjoner skulle rapportere etter TCFD, med stor vekt på betydningen av scenarioanalyser. Senere har de fulgt opp dette, og satt krav om at forventningene fra 2019 skal være iverksatt innen utgangen av 2021 (Bank of England, 2020). Et signal om at noe lignende kan skje i Norge kom i mai 2021 da Finansdepartementet og Oslo Børs viste offentlig støtte til TCFD (TCFD, 2021).

TCFDs anbefalinger ble tillagt stor vekt når Klimarisikoutvalget leverte sin rapport til Regjeringen i 2018. Her vektlegges fordelene med klimarisikorapportering slik TCFD legger opp til, men utvalget anbefalte ikke Regjeringen å innføre lovverk på klimarisikorapportering. Årsaken er at dette vil stride mot et av hovedformålene til TCFD, nemlig en enhetlig og sammenlignbar rapportering på tvers av sektorer og land. De anbefaler derimot Regjeringen å følge med på lovutviklingen i EU tilknyttet TCFD gjennom Green Deal, ettersom dette indirekte vil gjelde Norge gjennom EØS (NOU 2018: 17, 2018).

3.2.3. EU Green Deal

EU Green Deal er EUs overordnede plan for å gjøre Europas økonomi mer bærekraftig. Et sentralt punkt er at EU skal bli utslippsnøytralt innen 2050 og at utslippene reduseres med minimum 55% innen 2030 sammenlignet med 1990. Dette skal skje gjennom blant annet investeringer i mer miljøvennlig teknologi og utvikling av globale miljøstandarder. For å sikre

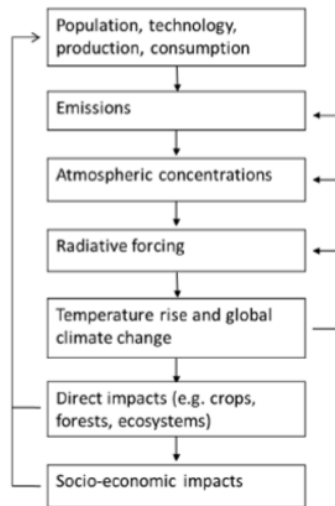
at dette oppnås er det vedtatt at det opprettes en europeisk klimalovgivning slik at det politiske arbeidet blir nedfelt i lov (European Commission, 2020). Norge har forpliktet seg til tilsvarende utslippskutt gjennom klimaavtalen med EU.

Green Deal skal sørge for at EU overholder sine mål som er satt ned i Parisavtalen. For å se hvordan finanssektoren kan bidra, satte Europakommisjonen ned en egen ekspertgruppe på bærekraftig finans (Technical Expert Group on Sustainable Finance, TEG). Deres jobb er å komme opp med et rammeverk som bestemmer hvilke aktiviteter som er bærekraftige og hvilke aktiviteter som ikke er det. I 2020 publiserte de sine resultater, i form av EUs taksonomi for bærekraftig finans. Her blir en bærekraftig aktivitet definert som en aktivitet som gir et positivt bidrag til minst ett av seks mål innen klima og miljø, samtidig som det ikke gjør noen signifikant skade på noen av de andre målene. I tillegg må aktiviteten møte kravene fra gjeldene lover og avtaler. EUs progressive klimapolitikk, representert ved taksonomien for bærekraftig finans er et godt eksempel på hvordan politiske tiltak og initiativer kan være drivere for overgangsrisiko.

4. Metode

4.1. Klimamodeller og klimascenarier

Forskning på klimaendringer, og særlig forsøk på å kvantifisere endringene, omtales sjelden som en eksakt vitenskap. Karbonkretsløpet er svært komplekst og avhenger av mange faktorer. En økende befolkning, ny teknologi, økt produksjon og konsum er blant faktorene som kan være med på å øke de globale klimagassutslippene. Utslipp påvirker konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren, og denne konsentrasjonen vil igjen påvirke strålingspådraget fra solen. Et økt strålingspådrag vil føre til temperaturøkninger. Denne temperaturøkningen kan videre bidra til at utslipp, konsentrasjon og strålingspådrag endres gjennom ulike tilbakekoblingsmekanismer. Temperaturøkningen vil også medføre fysiske konsekvenser for landbruk, skoger og økosystemer generelt, som igjen fører til samfunnsøkonomiske påvirkninger som endringer i BNP. De fysiske og samfunnsøkonomiske påvirkningene vil igjen påvirke utvikling i befolkning, teknologi, produksjon og konsum. Hele kretsløpet er sammenkoblet i en selvforsterkende løkke (Stern, 2007). En illustrasjon av sammenhengen mellom karbonkretsløpet og økonomisk aktivitet vises i Figur 1.



Figur 1: Sammenhengen mellom økonomisk aktivitet og karbonkretsløpet (Stern, 2007).

Det er stor usikkerhet knyttet til flere av sammenhengene i kretsløpet. Den fremtidige utviklingen i befolkning og teknologi har vist seg nær umulig å forutse. Derfor er det også vanskelig å estimere de fremtidige utslippene fra økonomisk aktivitet. Videre er det usikkerhet knyttet til sammenhengene mellom atmosfæriske konsentrasjoner og strålingspådrag. Dette gir usikkerhet tilknyttet temperaturøkning fra endringer i konsentrasjonen av klimagasser. Det er og usikkerhet knyttet til skadeeffektene fra temperaturøkninger, og siden klimaendringer kan påvirke befolkning og teknologi vil det generelt være stor usikkerhet knyttet til alle estimater. Det betyr ikke at vitenskapen er usikker, ettersom de fleste forskere er enige i retninger og overordnede konsekvenser. Det er derimot vanskelig å estimere totaleffekten, noe som taler for bruk av scenarioer der man kan teste ulike sett av forutsetninger opp mot hverandre.

Den svenske forskeren Svante Arrhenius presenterte allerede i 1896 en av de første studiene som kvantifiserte endringen i temperatur dersom konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren doblet seg (Hessen, 2015). I nyere tid har det også vist seg at estimatene Arrhenius kom frem til i 1896 er svært nære estimatene på temperaturendringer i IPCCs rapporter. I dag anvender forskere modeller som knytter naturvitenskapelige teori opp mot økonomisk teori, for å kunne analysere økonomiske effekter av klimaendringer. En slik modell kan blant annet undersøke effekten av klimapolitikk eller finne optimale utslippsnivå. Den mest kjente klimamodellen er William Nordhaus sin DICE-modell, som er regelmessig brukt i forskningen han mottok Nobelprisen i økonomi for i 2018. Disse modellene krever en rekke forutsetninger, og det er her klimascenarioer spiller en rolle. Klimascenarioer defineres av TCFD som «*a path of developments leading to a particular outcome*» (TCFD, 2017a). Scenarioene er ikke ment å gi

en fullverdig beskrivelse av fremtidig utvikling, men skal vise sentrale endringer og rette fokus mot nøkkelfaktorer som er nødvendige for å oppnå utviklingen i scenarioet. Resultatene bør behandles som beskrivelser av mulige fremtidige utviklinger, og ikke realistiske prediksjoner.

Statistikeren George Box er kjent for sin uttalelse om at alle modeller i utgangspunktet tar feil, men at enkelte modeller likevel er nyttige. En annen generell sannhet er at modeller aldri er bedre enn antakelsene de bygger på. Begge disse utsagnene er relevante ved bruk av klimamodeller. Modellene er avanserte og komplekse, men svært forenklet sammenlignet med virkeligheten de forsøker å forklare. For eksempel består Nordhaus sin DICE-modell av 17 funksjoner, som sammen skal forklare endringer i klima over flere tiår (Nordhaus, 2008). Dette tilsier at det tas svært mange forutsetninger, og at resultatene vil være følsomme for antagelsene.

Det finnes i hovedsak to typer klimamodeller for å modellere sammenhengen mellom klima og økonomi. Den ene typen arbeider i et nytte-kostnad-rammeverk, og forsøker å finne det optimale nivået av global oppvarming. DICE er et eksempel på en slik modell. Historisk sett har nytte-kostnad klimamodeller vært populære, og har blant annet blitt brukt til å kalkulere Social Cost of Carbon. Den andre typen klimamodeller har et høyere detaljnivå og kan bestå av flere tusen variabler og ligninger. Disse modellene forsøker å finne kostnadseffektive løsninger på klimamål på region- og sektornivå (Weyant, 2017). Analysen i denne oppgaven anvender den siste typen klimamodeller, med modellene REMIND-MAGPIE fra Potsdam Institute for Climate Research Impact (PIK) og MESSAGEix-GLOBIOM fra IIASA.

Modellene forsøker å estimere klimaendringer og tilknyttede økonomiske konsekvenser. Klimaendringer skjer over ekstremt lange tidsperioder, og innebærer en viss treghet i responsen på klimagassutslipp. Energimarkedene er sentrale bidragsytere til klimagassutslipp, og også de opererer med lange tidshorisonter. Når det gjøres en investering i et oljefelt, kan det påvirke selskapets strategi og nasjonal politikk femti år frem i tid. De fleste klimamodeller gir et estimat på alle variabler (oljepris, oljekonsum, BNP etc.) med fast frekvens, ofte hvert femte eller tiende år. Modellene i NGFS sine scenarioer oppdateres eksempelvis hvert femte år frem til 2050, og hvert tiende år frem til 2100. Innen naturvitenskapen er dette veldig korte tidshorisonter. Flere naturvitenskapelige sammenhenger utvikler seg med tidshorisonter på flere århundrer, om ikke årtusener. Fra denne siden kan det derfor argumenteres for at en tidshorisonter frem til 2100 er for lite til å gi gode estimater. Dette er en sterk motsetning til tidshorisonter økonomiske aktører opererer med. Kun et fåtall av jordens befolkning i 2020 vil oppleve år 2100, og mennesker tar derav også normalt beslutninger for kortere perioder enn 80 år. I finansbransjen presses

tidshorisontene ned mot under ett år, med et fokus på kvartalsrapportering for større selskaper. I utviklingen av klimamodeller og klimascenarioer må det derfor tas en avveining mellom kort og lang tidshorisont, der den ene konsekvent vil gå på bekostning av den andre.

Klimapolitikk og klimatiltak i klimamodeller modelleres gjennom en utslippskostnad. Karbonpriser fra klimamodellene i denne oppgaven er skyggekostnader ved klimagassutslipp fra all klimapolitikk. Den eneste måten dette kunne representert prisen i et kvotesystem tilsvarende EU ETS, er dersom kvotesystemet var det eneste tilgjengelige klimatiltaket. Selskapene kan derimot treffes av andre tiltak, slik som lovgivning. Karbonprisen fra klimamodeller kan ikke sammenlignes direkte med kvoteprisen i EU, slik man intuitivt kan tro. EU ETS dekker kun deler av utslippene i EU og har mange unntak. Samtidig anvender EU flere tiltak enn bare kvotesystemet. De bruker eksempelvis lover og regler, standarder og subsidier til fornybar energi og bærekraftige løsninger. Disse kan ha kraftigere eller svakere effekt enn kvotesystemet. Et eksempel på dette kan sees i den nederlandske dommen mot Royal Dutch Shell fra mai 2021, der selskapet ble dømt til å overholde målene i Parisavtalen, og redusere sine klimagassutslipp med 45% relativt til 2019 innen 2030 (Rechtbank Den Haag, 2021).

UNEP FI er tydelige på at karbonpriser i klimamodeller aldri bør sammenlignes direkte med virkelighetens karbonpriser fra skatte- eller kvotesystemer (UNEP FI & CICERO, 2021). Karbonprisen i en klimamodell bør tolkes som en variabel som forteller hvor vanskelig det er å redusere utslipp i scenarioet. Prisestimatet fra modellen vil være avhengig av hvilke forutsetninger som benyttes i modellen, for eksempel hvilke klimatiltak modellen har å velge mellom, teknologisk utvikling og diskonteringsrater. Dette kan bety at forskjellige modeller kan gi forskjellige priser for de samme scenarioene. Det er normalt at karbonprisene i klimamodeller stiger eksponentielt over tid, fra tilnærmet null i 2020 til nivåer på flere tusen USD/tCO₂ etter 2050. Dette er et tegn på at klimamålet blir vanskeligere og vanskeligere å nå i modellen, og er i liten grad et representativt estimat for en reell pris i et kvote- eller skattesystem. Prisutviklingen kan heller sees som et resultat av Hotellings regel, der klimagassutslipp er en knapp ressurs (Emmerling et al., 2019).

En av de mest omtalte usikkerhetene i klimamodeller er diskonteringsraten brukt i modellen. Normalt brukes diskonteringsrater i området 1–7%. Når modellen av ikke-reversible endringer over 50–80 år diskonteres så blir forskjellene mellom ulike diskonteringsrater store. Det er særlig nytte-kostnadsmodeller som blir kritisert for valg av diskonteringsrate (Greenstone et al., 2013; Nordhaus, 2008; Pindyck, 2013; Stern, 2007). Klimamodeller som modellerer detaljerte

prosesser, slik som MESSAGEix-GLOBIOM og REMIND-MAGPIE, endrer ikke total utslippsreduksjon basert på diskonteringsraten. Det totale utslippsnivået bestemmes av målet modellen optimerer en kostnadseffektiv løsning etter. Diskonteringsraten påvirker derimot kostnader, om modellen velger utslippsreduksjon eller karbonfangstløsninger og tidspunkt for reduksjon av utslipp. Man optimerer med samme hensyn uavhengig av diskonteringsrate, men metodene for å nå utslippsreduksjoner kan bli vidt forskjellig. En lav diskonteringsrate gir utslippsreduksjoner på tidligere tidspunkt enn høye diskonteringsrater. En høy diskonteringsrate kan føre til at modellen godtar høye utslipp i dag, og heller prioriterer karbonfangstteknologi for å oppnå negative utslipp i fremtiden (Emmerling et al., 2019; Aamaas et al., 2019). I dokumentasjonen for REMIND-MAGPIE blir det oppgitt at det som standard anvendes en endogen diskonteringsrate på 3%, noe som i modellen fører til en realrente på 5–6% (Luderer et al., 2015).

En fordel med klimamodeller er at de kan modellere langsiktige klimaendringer med et høyere detaljnivå enn alternative fremgangsmåter. Modellene kan finne kostnadseffektive løsninger på politisk vedtatte klimamål, og gi kvantitative resultater som gjør det mulig å sammenligne tiltak. Dette kan også være en ulempe. En lang tidshorisont gjør det vanskelig å se kortsiktige endringer innad i sektorer, og et høyt detaljnivå kan gjøre det vanskelig å skille årsak fra virkning. Et eksempel på dette er bruk av karbonfangstløsninger. Klimamodeller kritiseres ofte for å ha urealistisk høye nivåer av karbonfangst (Köberle, 2019; Oil Change International & Reclaim Finance, 2021; UNEP FI & CICERO, 2021; Aamaas et al., 2019). Deler av denne kritikken vil bli gjennomgått i detalj kapittel 5.1.3. Detaljnivået og kompleksiteten kan gjøre det vanskelig å se hvorfor modellen har valgt karbonfangst fremfor utslippsreduksjon. I mange tilfeller er det nyttig å vite om karbonfangst er det eneste realistiske alternativet for å nå temperaturmålerne, eller om det er det billigste alternativet. Modellene blir også tvunget til å kvantifisere sammenhenger vi ofte oppfatter som kvalitative.

Resultatene fra klimamodeller og klimascenarier bør ikke tolkes som realistiske estimater på fremtiden. Modellene vil sannsynligvis ikke klare å modellere endringer i atferd eller disruptiv teknologi. Klimamodeller klarte for eksempel ikke å forutsi kostnadsfallet i sol- og vindenergi. Selv i et tilfelle der klimamodellene treffer eksakt den utviklingen vi får i fremtiden og det tas riktige forutsetninger, så ville dette vært et veldig svakt estimat på fremtidig utvikling. Modellene har funnet en optimal løsning gitt forutsetningene, men tar ikke hensyn til variabler som energisikkerhet, politisk gjennomførbarhet eller rettferdighet. Det er derfor veldig stor

sannsynlighet for at modellene vil bomme selv med perfekte forutsetninger. Klimamodellene og -scenarioene kan tolkes som «hva-hvis»-analyser. Modellene kan brukes til å svare på spørsmål som «Dersom vi følger dagens retning i utslipp frem til 2030 og deretter reduserer utslipp så raskt som mulig, vil det da være mulig å begrense global oppvarming til 1,5 °C uten bruk av karbonfangstteknologi?». Om slike spørsmål analyseres kan man observere trendene som er konsistente på tvers av scenarioer og modeller.

Nordhaus (2008) anbefaler å bruke klimamodeller som verktøy som gjør det mulig å sammenligne ulike tiltak og forutsetninger i et internt konsistent rammeverk. Det argumenteres også for at ingen beslutninger bør tas basert på ett scenario fra en klimamodell. Ansvarlige beslutninger bør tas på bakgrunn av flere alternative scenarioer og tilhørende sensitivitetsanalyser. Boken påpeker at dette er beslutningstakeres ansvar, og at akademiske arbeid derfor bør presentere et bredt sett av scenarioer.

Huppmann et al. (2018) presenterer fem prinsipper for god bruk og tolkning av resultater fra klimamodeller og klimascenarioer. Under følger en kort oppsummering av anbefalingene.

1. Ikke tolk scenarioene som statistiske utvalg. Selv om de fleste scenarioer bruker karbonfangst, så finnes det scenarioer som når klimamålene uten bruk av negative utslipp. At majoriteten av scenarioene bruker negative utslipp betyr ikke at det er mindre sannsynlighet for at klimamålene kan nås uten bruk av negative utslipp.
2. Ikke fokuser på medianer og gjennomsnitt, men vurder trender over hele utvalget av scenarioer.
3. Ikke bruk data fra kun ett scenario til å trekke generelle konklusjoner.
4. Ikke overtolk resultatene, og ikke bruk scenarioene til formål som avviker stort fra det opprinnelige formålet ved forskningen.
5. Ikke tolk fraværet av et scenario som at scenarioet er uoppnåelig.

I analysen vil jeg følge anbefalingene fra Huppmann et al. (2018) og Nordhaus (2008) så godt det lar seg gjøre. Jeg velger aldri ut spesifikke scenarioer for å trekke generelle tolkninger. Spesifikke scenarioer blir kun brukt for illustrative formål. Alle resultater baserer seg på utviklingen over hele spekteret av scenarioer. Basert på hva klimamodellene er konstruert til å modellere, så er det en viss sannsynlighet for at jeg beveger meg vekk fra det opprinnelige formålet de er laget for. Analysen vil derimot basere seg på scenarioer fra NGFS, og disse scenarioene er publisert blant annet for å kunne gjennomføre scenarioanalyser av investeringer. De underliggende modellene er derimot ikke laget for dette formålet.

4.2. Finansiell verdsettelse av aksjer og obligasjoner

For å måle overgangsrisiko blir investeringsporteføljen først verdsatt i et BaU-scenario, altså et scenario uten nye tiltak for å begrense global oppvarming. Deretter verdsettes porteføljen på nytt i et overgangsscenario. Disse scenarioene viser hvordan utviklingen i forskjellige markeder kan være dersom global oppvarming begrenses til 1,5–2 °C. Verdien i overgangsscenarioet blir sammenlignet med verdien i BaU. Differansen mellom scenarioene blir brukt som et estimat på overgangsrisiko. Den totale verdiendringen i porteføljen er regnet for hver sektor (k) for både gjeld og aksjer. Endringen i verdi på henholdsvis gjelds- og egenkapitalinvesteringer i sektor (k) er gitt ved $\Delta_{\text{Obligasjoner},k}$ og $\Delta_{\text{Aksjer},k}$. Videre i oppgaven refereres Δ -verdiene i investeringsporteføljen til som et kvantitativt mål på overgangsrisikoen i porteføljen.

$$\Delta MV_{\text{Portefølje}} = \sum_{k=1}^N (\Delta_{\text{Obligasjoner},k} * MV_{\text{Obligasjoner},k} + \Delta_{\text{Aksjer},k} * MV_{\text{Aksjer},k}) \quad (1)$$

Inspirert av Reinders et al. (2020) brukes den strukturelle kredittrisikomodellen utviklet av Merton (1974) for å verdsette aksjene og obligasjonene i porteføljen. Denne modellen bygger på opsjonstankegangen i Black-Scholes-Merton-modellen (Black & Scholes, 1973; Merton, 1973). Utgangspunktet for modellen er selskapets kapitalstruktur, som på et gitt tidspunkt (t) består av gjeld (L_t) og egenkapital (E_t). Til sammen utgjør disse selskapets totale eiendeler (A_t), slik det vises i (2).

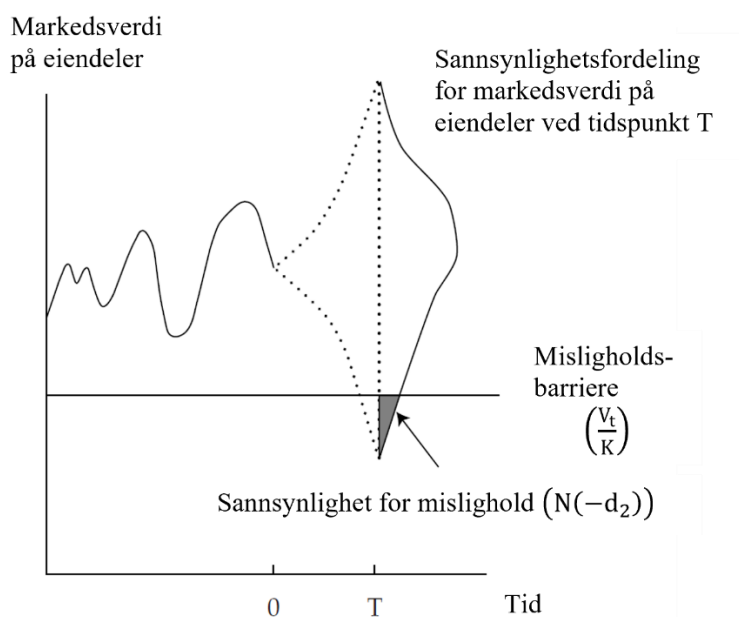
$$A_t = E_t + L_t \quad (2)$$

Selskapet kan ha en kompleks gjeldsstruktur bestående av flere lån og obligasjoner. Modellen gjør en forenkling ved å se på all gjeld under ett, modellert som en nullkuponobligasjon. Obligasjonseierne har lånt selskapet penger i bytte mot rentebetalinger på fremtidige tidspunkt. De har det primære kravet på disse pengene, men alt som gjenstår etter at obligasjonseierne har fått dekket sine krav går til egenkapitaleierne. Verdien på egenkapitalen kan som vist i (3) modelleres som en lang europeisk kjøpsopsjon på eiendelene med avtalt pris lik gjeldens pålydende verdi (K). Eieren av egenkapitalen vil eie verdiene som overskyter gjeldsbeløpet.

Dersom gjeldsbeløpet er større enn eiendelene vil ikke investoren sitte igjen med noe. Tilsvarende kan en som vist i (4) se på verdien av selskapets gjeld som at obligasjonseierne eier alle selskapets eiendeler, men har utstedt en kjøpsopsjon til egenkapitaleierne med innløsningskurs lik gjeldens pålydende verdi. Dette kan forstås som at gjeldsinvestoren eier selskapet, men har solgt en kjøpsopsjon på alle verdier som overskyter det pålydende verdi på gjelden. En annen måte å tolke dette på, er at gjeldsinvestorene eier en risikofri obligasjon og samtidig har solgt en salgsopsjon på selskapets eiendeler. Dette kan sees med put-call pariteten.

$$E_t = \max[A_t - K, 0] \quad (3)$$

$$L_t = A_t - \max[A_t - K, 0] \quad (4)$$



Figur 2: Sannsynlighet for mislighold i Merton-modellen (Petitt et al., 2019)

Innsikten fra modellen er at dersom verdien på selskapets eiendeler blir mindre enn den pålydende verdien på gjelden, så er egenkapitalen verdiløs og selskapet er teoretisk sett konkurs. Forholdet mellom selskapets eiendeler (V_t) og pålydende verdi på gjeld (K), gitt ved $\frac{V_t}{K}$ i Merton-modellen, viser hvor giret selskapet er. Et forholdstall under 1 gir negativ egenkapital, og teoretisk konkurs ettersom gjelden misligholdes. På generell basis kan forholdstallet sees som et mål på hvor langt unna mislighold selskapet befinner seg på et

tidspunkt (t). Verdien på eiendelene vil variere over tid, ettersom selskapets resultat svinger over tid. På lang sikt kan det forventes at verdien av eiendelene holdes stabilt eller øker. Dette vil føre til at selskapet holder seg like langt unna mislighold som nå, eller beveger seg lenger unna mislighold. Dette forholdet er illustrert i Figur 2 ved utvikling i verdi på eiendeler over tid, og sannsynlighetsfordelingen for fremtidig utvikling. Avstanden fra misligholdsbarrieren er sentral i verdsettelsene. Fra figuren kan det også sees hvordan sannsynligheten for mislighold kan hentes ut av modellen, ved å knytte sannsynlighetsfordelingen som viser utvikling i verdien på eiendelene sammen med misligholdsbarrieren. Sannsynligheten for mislighold er i Merton-modellen representert ved $N(-d_2)$, slik det vises i (5).

Black og Scholes (1973) setter en rekke forutsetninger for at resultatene skal være gyldige, som også overføres til Merton. I tillegg legges det til tre forutsetninger spesifikt for Merton-modellen. Disse presenteres slik i Merton (1974):

Forutsetninger fra Black-Scholes-Merton-modellen:

1. Ingen transaksjonskostnader eller skatter.
2. Det finnes et tilstrekkelig antall investorer med sammenlignbare formuer, slik at en investor til enhver tid kan kjøpe og selge ønsket kvantum av eiendelen til markedspris.
3. Rentenivået på lån og innskudd er identiske.
4. Shortsalg av eiendeler er tillatt.
5. Eiendelene handles kontinuerlig. I praksis tilsier kravet at markedene er åpent for handel mesteparten av tiden.

Forutsetninger spesifikt for Merton-modellen:

6. Modigliani-Miller-teoremet er gjeldende, slik at verdien av et selskap er uavhengig av valgt kapitalstruktur.
7. Terminstrukturen til renter er både flat og kjent, slik at prisen på en risikofri nullkupongsobligasjon finnes ved formelen e^{-rT} og risikofri rente (r) er lik over tid.
8. Verdien på selskapet (V) kan over tid beskrives ved den stokastiske differensialligningen $\partial V = (\alpha V - C) \partial t + \sigma V \partial z$, der α = forventet avkastning på eiendelen, C = total utbetaling til investorer, σ = standardavvik på selskapets avkastning (konstant over tid) og ∂z er en Gauss-Wiener-prosess (Brownsk bevegelse).

Merton skriver selv at mange av disse forutsetningene ikke nødvendigvis må oppfylles for at resultatene skal være gyldige. Spesielt nevner han at forutsetning 1–4 om perfekte markeder

kan svekkes vesentlig. Forutsetning 6 om Modigliani-Miller-teoremet bevises indirekte i analysen, og kan derfor også ignoreres, mens forutsetning 7 er satt for å tydelig skille risikostruktur fra terminstruktur i prisingen. Alle disse forutsetningene er mindre viktige. De kritisk viktige forutsetningene er 5 og 8. Forutsetning 5 krever ikke direkte at eiendelene handles kontinuerlig, men markedet bør som et minimum være åpent mesteparten av tiden, slik at eiendelene kan handles. Forutsetning 8 tilsier at prisen på eiendelene settes kontinuerlig, og at avkastningene over tid er uavhengige av hverandre og tilfeldige over tid. Denne forutsetningen settes for at modellen skal være i tråd med hypotesen om effisiente markeder.

Forutsetningene som introduseres av Merton er også diskutert av andre. Reinders et al. (2020) diskuterer blant annet at forutsetningen om at verdien av eiendelene følger en Brownsk bevegelse, der eiendeler kun kan endres med små verdier over korte tidshorisonter og aldri «hopper», ikke samsvarer med empirisk forskning. Det argumenteres også for at forutsetningen om fravær av transaksjonskostnader er urealistisk, og at dette fører til at modellen mer sannsynlig underestimerer enn overestimerer forventede tap.

Min vurdering av realismen i forutsetningene følger i stor grad argumentasjonen vist i Reinders et al. (2020). Forutsetningen om transaksjonskostnader vil aldri være gjeldende for investorer. Transaksjonskostnader kan riktignok være mindre for institusjonelle investorer, sammenlignet med private investorer, men det er vanskelig å se for seg et totalt fravær av transaksjonskostnader. Disse kostnadene vil alltid gi negative effekter, noe som støtter teorien om at modellen er mer sannsynlig å underestimerer enn å overestimerer effektene.

Forutsetning nummer to sier at det kreves en tilstrekkelig størrelse på markedet, og et tilstrekkelig antall investorer av samme størrelse, slik at likviditeten i markedet er tilstrekkelig høy. Denne oppgaven tar utgangspunkt i Gjensidige Forsikring ASA som investor. Gjensidige er blant de største forsikringsselskapene i Norden og en betydelig aktør i det norske markedet. Det er ikke gitt at det til enhver tid finnes en nordisk aktør som kan stille som motpart for Gjensidige til markedspris. En stor andel av Gjensidiges investeringer inngår i sikringsporteføljen, som skal sikre at Gjensidige har likviditet til å betale sine forpliktelser når disse forfaller. Dette er obligasjoner som i utgangspunktet skal holdes til forfall, noe som fører til at likviditet i markedet i etterkant av investeringsbeslutningen er mindre viktig. Generelt sett kan det norske obligasjonsmarkedet preges av lav likviditet. Dette ble spesielt tydelig i mars 2020, da mangel på likviditet førte til en svært rask økning i kredittpåslag for høyrenteobligasjoner. Det norske markedet er også i normale tider preget av lav likviditet, så at

noe slikt kan skje i Norge er ikke veldig overraskende. At det samme skjedde i det amerikanske rentemarkedet er mer overraskende.

Dette kan for eksempel observeres for børsnoterte indeksfond. I normale tider følger slike fond referanseindeksen svært tett. I mars 2020 kunne man derimot observere at prisingen av flere børsnoterte rentefond ble frikoblet fra de underliggende referanseindeksene. Dette kan blant annet observeres for de normalt svært likvide fondene iShares iBoxx \$ Investment Grade Corporate Bond ETF og iShares iBoxx \$ High Yield Corporate Bond ETF, som i første halvdel av 2020 ble handlet til kurser som avvek stort fra indeks. Forklaringen bak dette er at fondenes underliggende markeder mistet likviditet, samtidig som likviditeten i fondene selv var god. Totalt sett viser dette at forutsetningen trolig ikke holder for Gjensidige. Det kan derimot samtidig vises at forutsetningen under visse omstendigheter heller ikke holder for et av verdens mest likvide rentemarkeder under spesielle omstendigheter. Merton påpeker selv at forutsetningen kan svekkes uten at det gir noen kritiske konsekvenser, og totalt sett bør ikke denne forutsetningen påvirke resultatene i analysene i denne oppgaven.

Forutsetning nummer tre krever at rentenivået på lån og innskudd er likt. Dette er urealistisk i praksis, men markedssituasjonen de siste årene har ført til at forutsetningen aldri har vært nærmere sannheten. Ved forutsetningen knyttet til shortsalg sees ingen store utfordringer. Forutsetning fem, at verdipapirer handles kontinuerlig, bør heller ikke være problematisk. I obligasjonsmarkedet kan det gå lang tid uten at det stilles en pris, men markedet er åpent for handel store deler av tiden. Den siste forutsetningen krever at selskapets finansieringskostnader og verdi er uavhengig av kapitalstruktur, eller at Miller-Modigliani-teoremet holder. For finansielle markeder generelt holder denne forutsetningen (Berk & DeMarzo, 2017). Den nest siste forutsetningen krever at terminstrukturen i rentemarkedet er flat og kjent. Dette har sjeldent vært mer sant enn de siste årene. Helt flat vil terminstrukturen derimot trolig aldri være. Til slutt kommer forutsetningen om at selskapers markedsverdi følger en Brownsk bevegelse. Hvorvidt finansmarkeder følger en tilfeldig sti og om markeder er effisiente har vært forsket på i lang tid, og de fleste resultater gir i hvert fall delvis støtte til denne antakelsen. Dersom man ønsker å legge til et større hopp i verdiendringene på kort tid, slik Reinders et al. (2020) diskuterer, så krever dette kun en mindre modifikasjon av modellen.

Det er ikke gitt at alle forutsetningene i Merton-modellen holder, hverken for markedet generelt eller for Gjensidiges investeringsportefølje. Over tid har det derimot blitt allment akseptert at ikke alle forutsetninger i Black-Scholes-rammeverket, og da også Merton-modellen,

nødvendigvis holder. Det finnes visse problemer, slik som mangel på likviditet i rentemarkedet, tilstedeværelse av transaksjonskostnader, ulike nivåer på innskudd og lån og en terminstruktur som normalt ikke er flat. Samtidig er det få alternative verdsettelsesmodeller som unngår alle disse utfordringene, slik at utfordringene alltid vil være et relevant tema. I denne oppgaven analyserer jeg en portefølje som allerede er konstruert og har lavere rotasjon i posisjonene enn normalt, slik at handelskostnader og likviditet blir mindre viktig. Trolig vil feil ved forutsetningene i verste fall føre til en svak under- eller overestimering. I kapittel 6.2 gjennomgår flere sensitivitetsanalyser for ulike parametere i Merton-modellen, og resultatene fra disse viser at forutsetningene i Merton-modellen aldri endrer retningen på resultatet fra scenarioanalysen innenfor normale nivåer på parameterne.

4.2.1. Verdsettelse av obligasjoner

Basert på innsikten om at verdien av et selskap kan sees i en opsjonstankegang kan gjelden i et BaU verdsettes som vist i (5)-(7), der (5) kan tolkes som nåverdien av gjelden diskontert med risikofri rente ($Ke^{-r(T-t)}$) fratrukket det risikonøytrale forventede tapet ($Ke^{-r(T-t)}(N(-d_2)) - V_t(N(-d_1))$) som tilsvarer verdien av en salgsoptjon på selskapets eiendeler. Dette tilsvarer uttrykket for avkastningsstrukturen til gjeldsinvestorer slik det ble introdusert i (4).

$$MV_{\text{Obligasjoner, BaU}} = Ke^{-r(T-t)} - Ke^{-r(T-t)}(N(-d_2)) - V_t(N(-d_1)) \quad (5)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V_t}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma_A^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma_A\sqrt{T-t}} \quad (6)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_V\sqrt{T-t} \quad (7)$$

I (5)-(7) vises Merton-modellens verdsettelse av selskapets gjeld i BaU. Dette er tilnærmet identisk med verdsettelsen av en salgsoptjon i Black-Scholes. Forskjellene er at aksjeprisen er byttet ut ved verdien på selskapets eiendeler, og innløsningskursen på opsjonen er byttet ut med pålydende verdi på gjelden. I et BaU-scenario finner en markedsverdi på gjelden på samme måte som man normalt ville gjort når man anvender Merton-modellen.

Verdien på selskapets eiendeler på tidspunkt t er gitt ved (V_t) i et BaU-scenario. Pålydende verdi på selskapets gjeld er gitt ved (K) . Det vil si at forholdet mellom eiendeler og gjeld $\left(\frac{V_t}{K}\right)$ uttrykker giringen i selskapet. Volatiliteten i markedsverdien av eiendelene er standardavviket til selskapets eiendeler, gitt ved σ_A . Tid til forfall $(T - t)$ er differansen i tid mellom beregningstidspunktet (t) og forfallstidspunktet (T) for selskapets gjeld. Alle verdier diskonteres med en risikofri rente (r) . $N(\cdot)$ er en standardnormalfunksjon som gir en kumulativ sannsynlighet. $N(d_2)$ viser sannsynligheten for at selskapets eiendeler har en verdi som er høyere enn gjeldsforpliktelsene. Fra dette kan det vises at $N(-d_2)$ gir en risikojustert sannsynlighet for at selskapet vil misligholde sine gjeldsforpliktelser. Dette kan illustreres ved sannsynligheten for mislighold i Figur 2.

Etter at verdien på selskapets gjeld er funnet i BaU, gjentas samme prosess for overgangsscenarioene. I overgangsscenarioene blir verdien av eiendelene justert av en sjokkfaktor ε , slik at verdien av eiendelene gis ved $V_t^* = V_t * \varepsilon_k$. Sjokkfaktoren skyldes faktorer som at selskapets kostnader, inntekter og markedsandeler endres, og hentes fra utviklingen i de klimapolitisk relevante sektorene og den geografiske regionen selskapet tilhører i NGFS sine scenarioer. Faktoren tilsvarende forskjellen mellom netto nåverdi av fremtidige inntekter i selskapets sektor frem til 2100 under BaU og overgangsscenarioene. Her forutsettes det at selskapet beholder sin markedsandel i hele perioden og at resultatmarginen er stabil over tid. Sjokkfaktoren er den eneste justeringen som foretas mellom BaU og overgangsscenarioene.

$$\varepsilon_k = \frac{MV_{k,Overgang}}{MV_{k,BaU}} \quad (8)$$

Intuisjonen bak verdsettingene under overgangsscenarioene og BaU er at verdien av selskapets eiendeler er gitt ved nåverdien av fremtidige resultat. Dersom resultatene endrer seg i fremtiden, vil også selskapets verdier endre seg. Når det settes forutsetninger om at selskapets utvikling er lik markedets utvikling vil alle selskaper innen samme sektor i samme region treffes likt på eiendelssiden gjennom sjokkfaktoren. Utfallet på markedsverdi vil derimot bli forskjellige, ettersom tid til forfall, volatilitet i eiendeler og giring i selskapene er forskjellige.

$$\Delta_{Obligasjoner} = \frac{MV_{Obligasjoner,Overgang}}{MV_{Obligasjoner,BaU}} = \frac{\sum_{k=1}^N MV_{k,Overgang}}{\sum_{k=1}^N MV_{k,BaU}} \quad (9)$$

Når selskapets gjeld er verdsatt både under BaU og i overgangsscenarioet med Merton-modellen, kan endringen ($\Delta MV_{\text{Obligasjoner}}$) på porteføljenivå finnes ved å se på forholdet mellom de to verdsettingene. Dersom disse multipliseres med dagens markedsverdi på posisjonen og summeres for hele porteføljen kan en se endringene i markedsverdi på gjeldsinvesteringene som helhet. Videre i oppgaven vil Δ -verdiene omtales som den estimerte overgangsrisikoen i porteføljen.

4.2.2. Verdsettelse av aksjer

Aksjene kan prises på lignende måte som obligasjonene. Der obligasjonene kobles til prisen på en salgsopsjon i Black-Scholes, kobles aksjer til prisen på en kjøpsopsjon i samme formel. Dette kan sees som verdien av overskytende kapital i selskapet etter at gjelden er betalt. Eiendelene sjokkes ved samme metode som for obligasjoner.

$$MV_{\text{Aksjer, BaU}} = V_t N(d_1) - Ke^{-r(T-t)} N(d_2) \quad (10)$$

Merton-modellen gir en teoretisk konsistent måte å prise egenkapital på som er tett knyttet til opsjonsteori, og samtidig gir en god modellering av hvordan kapitalstruktur påvirker risiko. Det kan derimot argumenteres for at det finnes flere modeller som er vanligere å anvende i verdsetting av egenkapital, for eksempel Gordons dividendemodell, der verdien av selskapets egenkapital er gitt ved nåverdien av alle fremtidige dividender. Battiston et al. (2019b) bruker denne modellen for egenkapital, samtidig som gjeld verdsettes med Merton-modellen. Fordelen med å bruke Gordons modell er at prisen på egenkapital gir intuitiv mening. Sjokkene blir derimot vanskeligere å modellere. Det forutsettes at egenkapitalen vokser med en konstant vekstfaktor. Dette er kun sannsynlig i et BaU-scenario, og også her kan det argumenteres for at det er urealistisk. Forfatterne håndterer problemet ved å bruke en selskapsspesifikk vekstfaktor i en periode på 10–15 år, før vekstfaktoren endres ved et gitt tidspunkt i fremtiden. Denne endringen representerer et sjokk i fremtidig inntjening for selskapet. I etterkant av sjokket brukes vekstfaktoren for CPRS-inndelingen selskapet tilhører.

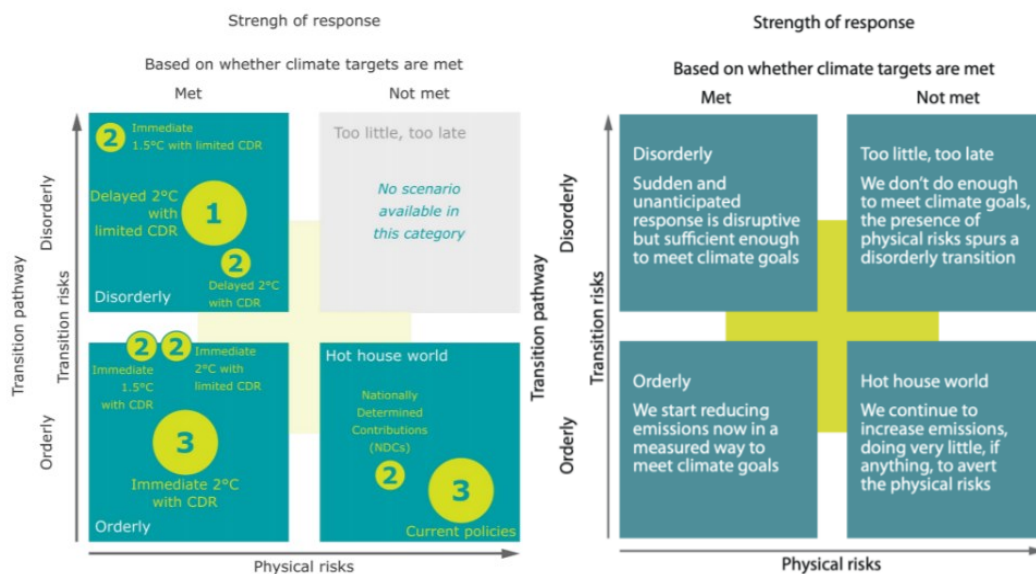
De fleste med kjennskap til finans kjenner igjen tankegangen om at verdien av selskapet er gitt ved nåverdien av fremtidige kontantstrømmer. I denne analysen er min vurdering at Gordons dividendemodell kommer til kort. I utgangspunktet krever modellen at selskapet er i stabil vekst og betaler utbytter. Dette er urealistisk å forutsette for hele Gjensidiges investeringsportefølje.

Sannsynligvis vil tidligere utbytt nivåer for en større andel av selskapene være utilgjengelige. Da er det kun diskonteringsraten og vekstfaktoren som styrer verdien av selskapet og differansen mellom selskap i samme sektor. I denne oppgavens analyser brukes en sektorspesifikk diskonteringsrate, noe som ikke passer inn i Gordons rammeverk. Gordons modell ville krevd en selskaps-spesifikk diskonteringsrate. Vekstfaktoren ville blitt styrt av veksten i sektoren i scenarioene. Med rammeverket som anvendes i denne oppgaven ville enkelte selskaper fått en estimert dividende, en sektorspesifikk diskonteringsrate og en sektorspesifikk vekstfaktor. Etter min vurdering ville ikke dette reflektert den faktiske risikoen investeringene kan innebære.

5. Data og deskriptiv statistikk

5.1. Klimascenarier fra NGFS

NGFS har i samarbeid med IIASA publisert et utvalg klimascenarier basert på funnene IPCC la frem i rapporten «Global Warming of 1,5°C» (IPCC, 2018). I forkant av klimatoppmøtet i Glasgow i november 2021 (COP26) er det publisert et eget dokument med mål og forventninger til finansbransjen. Under risikostyring er det tydelig uttalt at NGFS sine scenarier vil være de prioriterte scenarioene når regulatoriske myndigheter etter hvert innfører forventninger og krav til klimarisikorapportering (UK COP26, 2020). Data for NGFS-scenariene er hentet fra IIASA sin nettbaserte NGFS Scenario Explorer i versjon 1.1, publisert i juli 2020. Databasen inneholder resultatene fra åtte scenarier kjørt med tre ulike klimamodeller. Hver av disse gjennomkjøringene inneholder 263 variabler som alle er estimert over et utvalg geografiske regioner. Det er eksempelvis 332 estimater på karbonpris, og det totale antallet variabler i databasen er 160.890. En detaljert beskrivelse av alle scenarioene finnes i Vedlegg A.



Figur 3: Sammenligning av NGFS-scenarioene (NGFS, 2020).

I Figur 3 sammenlignes alle scenarioene i en matrise der fysisk klimarisiko vises på den horisontale aksene og overgangsrisiko på den vertikale aksene. Matrisen er delt inn i fire kvadrater. Kvadratet nede i høyre hjørne viser scenarioene som gir en «Hot house world». Dette er BaU-scenarioene, som alle fører til global oppvarming på minimum 3 °C. BaU-scenarioene deles inn i to typer. «Current policies» er scenarioer der kun klimavedtaket som allerede er vedtatt gjennomføres. Dette fører til at målene i Parisavtalen ikke nås, og den fysiske klimarisikoen øker. Temperaturøkningen innen år 2100 overstiger 4 °C. «Nationally Determined Contributions» er et marginalt mildere scenario, der både tiltak som er vedtatt i dag, og som er uttalt i de nasjonale bidragene til Parisavtalen gjennomføres. Dette er ikke nok til å nå målene fra Parisavtalen, men begrenser oppvarmingen til under 4 °C. Begge scenarioene gir høy fysisk risiko og lav overgangsrisiko (NGFS, 2020).

I venstre del av figuren finnes overgangsscenarioene. Disse er designet både for mål om 1,5 °C oppvarming og 2 °C oppvarming. I tillegg skilles scenarioene på når tiltakene settes i gang, hvorvidt tiltakene er forventet, og om bruk av karbonfangstteknologi er utstrakt eller begrenset. Nederst i venstre hjørne samles alle scenarioene som gir lav overgangsrisiko og lav fysisk risiko. Disse krever alle en forutsigbar (Orderly) overgang til et lavutslippssamfunn, der klimatiltak starter umiddelbart og øker gradvis i styrke over tid. Et forutsigbart scenario kan sees som et sett av forutsetninger som sørger for at målene fra Parisavtalen nås på en udramatisk måte. Denne inndelingen inneholder mye interessant informasjon. Dersom man skal redusere global oppvarming til 1,5 °C, og samtidig minimere overgangsrisiko, inneholder databasen

ingen scenarioer uten utstrakt bruk av karbonfangstteknologi. Fra den vertikale akse ser man også at scenarioene som begrenser global oppvarming til 1,5 °C med utstrakt bruk av karbonfangst gir omtrent lik overgangsrisiko som scenarioene for 2 °C uten bruk av karbonfangst.

Øverst i figurens venstre hjørne finnes de uforutsigbare (Disorderly) overgangsscenarioene. Disse scenarioene når de samme målene som de forutsigbare scenarioene, men innføringen av klimatiltak drøyer ut i tid slik at endringene skjer over en kortere tidsperiode. Dette bidrar til å øke overgangsrisikoen, gjennom en kraftig økning i skyggeprisen på klimagassutslipp. Den viktigste innsikten fra dette kvadratet er at å begrense global oppvarming til 1,5 °C uten utstrakt bruk av karbonfangst vil føre til høy overgangsrisiko i scenarioene, selv om klimatiltakene er forutsigbare og innføres umiddelbart. En annen innsikt er at det ikke finnes scenarioer i databasen som når målet på 1,5 °C uten at innsatsen starter umiddelbart. Dette skyldes ifølge NGFS at modellene ikke har klart å nå en løsning på optimeringen med så kraftige restriksjoner.

Over BaU-scenarioene sees et grått kvadrat kalt «Too little, too late». Dette er tilfeller med høy overgangsrisiko og høy fysisk risiko der klimamålene ikke nås. På mange måter kan dette tolkes som scenarioer der det gjøres kraftige tiltak for å redusere global oppvarming, men at disse tiltakene ikke lykkes. Tiltakene kan gi høy overgangsrisiko, mens mangelen på resultater øker den fysiske risikoen. Denne scenariotypen er ikke inkludert i den første utgaven av scenarioene.

I IPCC-rapporten «Global Warming of 1,5°C» ble det introdusert et utvalg scenarioer kalt Shared Socioeconomic Pathways (SSP). Disse bygger på de anerkjente klimascenarioene Representative Concentration Pathways (RCP) som viser sammenhengen mellom konsentrasjon av klimagasser og global oppvarming. I SSP-scenarioene kombineres fem utvalgte RCP-scenarioer med fem ulike scenarioer for samfunnsøkonomisk utvikling. De utvalgte RCP-scenarioene er RCP 1,9, RCP 2,6, RCP 3,4, RCP 4,5 og RCP 6,0. Tallene representerer strålingspådraget målt ved W/m^2 , som kan kobles direkte til temperatur og klimagasskonsentrasjoner. De fem SSP-scenarioene kan sees som fortellinger om hvordan verden kan nå RCP-nivåene på ulike måter.

Kombinasjonene i Tabell 1 kan også sees i sammenheng med Figur 3. Dersom man tar SSP2 som en forutsetning inn i figuren, er det mulig å plassere RCP-scenarioene langs den horisontale akse. RCP 6,0 tilsvarer Current Policies, og vil plasseres lengst til høyre i figuren. Rundt den venstre delen av Hot House World vil RCP 4,5 plasseres, og deretter kan RCP 2,6 plasseres under scenarioene for 2 °C oppvarming. Helt til venstre kan man plassere RCP 1,9.

Tabell 1: Sammenheng mellom RCP- og SSP-scenarier og NGFS-scenariene.

Tabellen knytter NGFS sine klimascenarier sammen med tilhørende SSP- og RCP- scenarier. I tidligere forskning knyttes ofte 1,5 °C til RCP1.9, som er et strengere mål enn RCP2.6. NGFS beskriver derimot sitt 1,5 °C til å være innenfor RCP2.6.

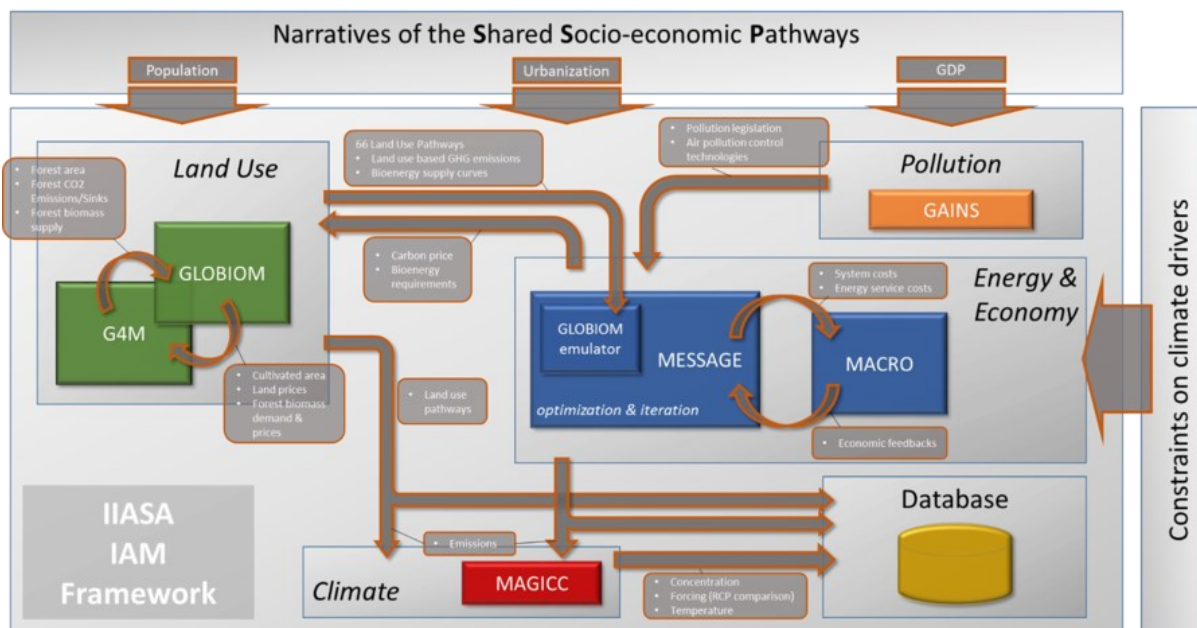
NGFS	RCP	SSP
Immediate 1.5°C with (limited) CDR Immediate 2°C with (limited) CDR	RCP 2.6 (~2.0 °C)	SSP2: Middle of the Road
Delayed 2°C with (limited) CDR Nationally Determined Contributions (NDCs)	RCP 6.0 (~2.8 °C)	
Current policies		

NGFS tar utgangspunkt i SSP2 «Middle of the Road» for alle sine scenarier. Dette er et scenario som følger historiske trender innen økonomi, samfunn og teknologi. Land og institusjoner jobber sakte, men gradvis mot å oppnå FNs bærekraftsmål, med særlig søkelys på forbedrede boforhold, utdanning og tilgang på vann og helsetjenester. Noen land når sine klimamål, mens andre ikke møter forventningene fra det internasjonale samfunnet. Det er en jevn teknologisk utvikling, men ingen store gjennombrudd. Økosystemer brytes gradvis ned med tiden, men ressurseffektiviteten øker. Det er en svak nedgang i bruk av fossile drivstoff. Befolkningsveksten er moderat og på grunn av demografisk overgang når den et stabilt nivå i slutten av århundret. Økonomisk ulikhet forbedres bare marginalt og er i hele perioden en hindring i arbeidet med bærekraftig utvikling (O'Neill et al., 2017).

SSP2 kan kombineres med alle RCP-scenarier og er derfor blant de mest fleksible SSP-scenariene. Dersom formålet er å teste fysisk risiko gir det mening å bruke RCP-scenariene med høye strålingspådrag, eksempelvis RCP 4,5 eller RCP 6,0, ettersom det er disse scenariene som viser konsekvensene av høyere klimagasskonsentrasjon i atmosfæren. For overgangsrisiko kan en bruke de lavere RCP-scenariene slik som RCP 1,9 eller RCP 2,6. Dette er scenarier som beskriver utviklinger der klimagasser i atmosfæren begrenses til nivåer som tilsvarer 1,5–2 °C temperaturstigning. Kombinasjonen av RCP 2,6 og SSP2 omtales som SSP2-26. Overgangsscenarioene fra NGFS sammenligner RCP-scenariene med lavt strålingspådrag med SSP2 som forutsetning. Som et resultat av at NGFS har bestemt at alle scenarier følger SSP2, vil utviklingen i makroøkonomiske og samfunnsmessige variabler som BNP og befolkningsutvikling være tilnærmet lik i alle scenarier.

5.1.1. Klimamodeller i NGFS sine scenarioer

Klimamodellene som kjører scenarioene er GCAM, MESSAGEix-GLOBIOM og REMIND-MAgPIE. I denne oppgaven vil kun modellene REMIND-MAgPIE og MESSAGEix-GLOBIOM benyttes. GCAM blir ikke brukt fordi den har en annerledes struktur og svært begrenset dekning for scenarioene. Modellene som brukes er like i struktur, og kombinerer innsikt fra makroøkonomi med klimaforskning. Dette gjør det mulig å analysere komplekse ikke-lineære sammenhenger, noe som ikke er mulig med enklere klimamodeller (NGFS, 2020).



Figur 4: IIASAs rammeverk for klimamodeller vist for MESSAGEix-GLOBIOM.

Figur 4 viser en grafisk fremstilling av hvordan klimamodellene fra IIASA er satt sammen. Bildet viser MESSAGEix-GLOBIOM, men sammenhengene er også representative for REMIND-MAgPIE. Modellene starter med å hente forutsetninger fra SSP-scenarioene. I scenarioene levert av NGFS er dette alltid SSP2. Dataene fra SSP-ene brukes inn i modeller for å modellere arealbruk (GLOBIOM og G4M) og luftforurensning (GAINS). Modellene MESSAGEix og MACRO står for selve optimeringen av modellen. Det er også her virkemidlene i klimapolitikken modelleres. Eksempler på virkemidler som blir håndtert av modellen er prising av klimagassutslipp med skatter, subsidier avgifter og kvoter, samt lovgivning og politisk uttalte målsetninger. For klimautfordringer generelt blir virkemidlene modellert ved å sette restriksjoner på kostnadskoeffisienter i optimeringen. For luftforurensning

brukes kostnadskoeffisienter fra GAINS i etterkant av optimeringen for å finne kostnaden av de ulike tiltakene i scenarioet.

MESSAGEix mottar også informasjon om utslippsintensiteter og miljømessige effekter for ulike teknologier og politiske virkemidler fra GAINS. Informasjon om arealbruk og effekter av dette sendes fra GLOBIOM og G4M til MESSAGEix. Denne informasjonen brukes til å finne en kostnadseffektiv løsning for energietterspørsel, priser på klimagassutslipp og priser på energi fra ulike energibærere i MESSAGEix og MACRO. I optimeringen blir det mellom MESSAGEix og GLOBIOM satt restriksjoner på globale og sektorvise utslipp for å nå et fastsatt mål på strålingspådrag. Denne optimeringen skjer ved en rekke ulike spørringer fra MESSAGEix til GLOBIOM. Utdataen inneholder blant annet energimiks og utslipp i scenarioet. Til slutt sendes resultatene til klimamodellen MAGICC for å modellere karbonsykluser og klimaeffekter. MAGICC gir resultater som viser konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren, strålingspådrag og utvikling i global middeltemperatur. Resultatene lagres deretter i en database (Huppmann et al., 2019). Det er dataen fra en slik database som er inndata til analysene som gjøres i kapittel 5.2 i denne oppgaven.

5.1.2. Regioninndeling

Variablene i NGFS-databasen levert av IIASA har både globale og regionale estimater. IIASA tilbyr to regioninndelinger. En inndeling har 5 regioner, mens den andre har 32 regioner. Estimaten med 32 regioner blir sannsynligvis langt mer detaljerte, men krever også en langt mer komplisert modell. I analysene vil en modell med 5 regioner gi 1.200 sjokkfaktorer som kan brukes inn i verdsettingen for hver gjennomkjøring. Med 32 regioner vil dette øke til 7.680 per gjennomkjøring. Mange av selskapene i porteføljen er globale, men når de skal plasseres i regioner blir de plassert etter hvor hovedkontoret er plassert eller etter hvilket land de juridisk er plassert. Med denne fremgangsmåten er det ikke nødvendigvis slik at 32 regioner gir et bedre detaljnivå enn 5 regioner. Av praktiske årsaker bruker denne analysen bruker derfor versjonen med fem regioner. Inndelingen er vist i Vedlegg C.

5.1.3. Kritikk mot scenarioene

Den fremste kritikken som rettes mot scenarioene publisert av NGFS er nivåene av karbonfangst. Høye nivåer av karbonfangst skyldes at Parisavtalen tillater at global oppvarming overstiger 1,5–2 °C i en viss periode, så lenge målene nås innen 2100. Selv om overgangsrisikoen kan fremstå som lavere i scenarioer med høye nivåer av karbonfangst er dette

avhengig av en kraftig teknologisk utvikling og økt skala de neste tiårene. Potensielt sett kan slike scenarioer føre til at utfasing av olje og gass går tregere enn i scenarioer uten karbonfangst. Dersom man ikke klarer å utvikle skala på karbonfangst kan man risikere å havne i en situasjon hvor det blir umulig å nå målene om maksimalt 1,5–2 °C global oppvarming. Effektene av det vil i så fall være økt fysisk klimarisiko og muligheter for ekstremt høy overgangsrisiko på kort sikt (UNEP FI & CICERO, 2021).

NGFS-scenarioene kritiseres av Oil Change International og Reclaim Finance for å basere seg på urealistiske forutsetninger, slik at de potensielt kan føre til større skade enn nytte. NGFS blir spesielt kritisert for å belage seg på utstrakt bruk av karbonfangstteknologi. Min tolkning av kritikken er at kritikerne ikke er negative til resultatene fra modellene, gitt forutsetningene, men at de mener NGFS i for liten grad forklarer risikoen ved å belage seg på slik utstrakt bruk av karbonfangstteknologi. Kritikerne poengterer at selv scenarioene med begrenset bruk av karbonfangstteknologi har karbonfangst som er høyere enn nivåer presentert som mulige i studier, slik at scenarioene har en partiskhet mot en tregere utfasing av fossile brensler.

Videre kritiseres NGFS for å ikke utdype usikkerheter og begrensninger ved resultatene fra klimamodeller. Kritikerne påpeker at formålet med kritikken er å påvirke revisjonen av scenarioene, som er planlagt publisert før COP26 i november 2021. Jeg finner ingen kritikk som anbefaler å avstå fra å bruke scenarioene, men vil ta hensyn til poengene som legges frem. Dette vil gjøres ved å se på scenarioer for både 1,5 °C og 2 °C global oppvarming, og med og uten karbonfangstteknologi. Kritikken mot manglende forståelse av klimamodellers begrensninger håndteres ved å vurdere modellene og klimamodeller generelt basert på tidligere forskning og modellenes dokumentasjon.

NGFS får også kritikk for å ha 2 °C oppvarming som hovedscenario og 1,5 °C som et alternativt scenario. Dette mener kritikerne bidrar til at NGFS underkommuniserer effektene av 0,5 °C høyere global oppvarming. Kritikerne mener også at det skjuler forskjellen i innsats som er nødvendig for å nå målene. For eksempel poengteres det at investeringer i utvinningen av fossile brensler kun faller med 20% innen 2050 i et 2 °C scenario med karbonfangstteknologi, mens et 1,5 °C scenario uten karbonfangstteknologi har fall på 71% i samme periode (Oil Change International & Reclaim Finance, 2021). Det stemmer at NGFS kun sammenligner BaU mot 2 °C oppvarming og ikke 1,5 °C oppvarming i sin egen rapport, selv om det er her forskjellene er desidert størst. Kritikken mot fremstillingen av data i rapporten for beslutningstakere virker derfor delvis berettiget. Til NGFS sitt forsvar bør det sies at det vil

være en umulig å fange alle endringene i en database med 161.000 variabler og 3,2 millioner datapunkter i en rapport. Slik formuleringen er i Parisavtalen kan det også argumenteres for at å begrense global oppvarming til 2 °C er hovedmålet, mens land bør strekke seg mot 1,5 °C.

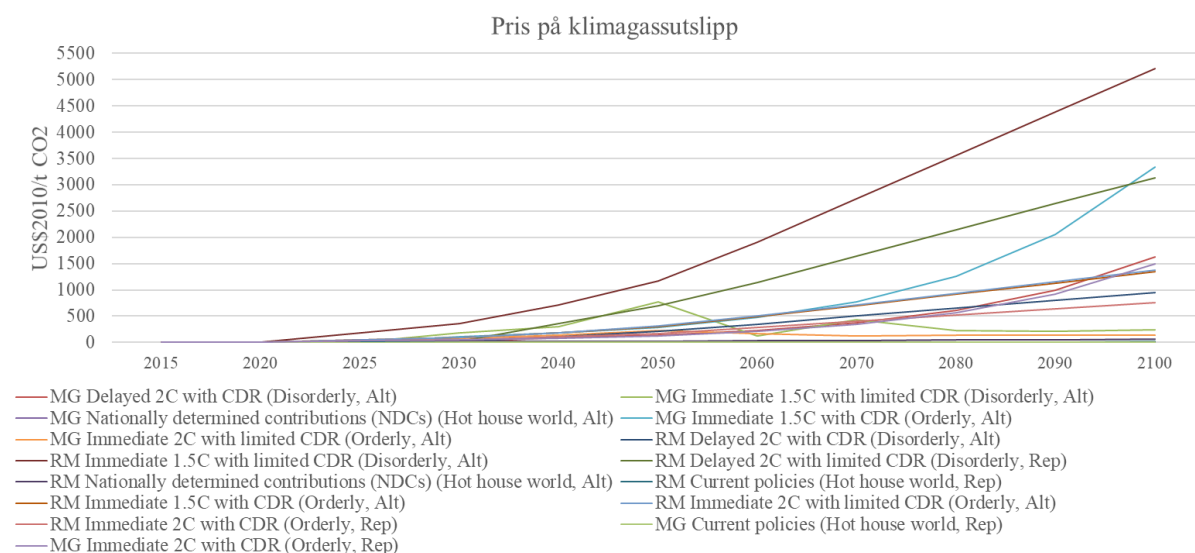
Scenarioene fra NGFS blir indirekte kritisert for å være utdaterte i en Financial Times-artikkel fra mai 2021 (Pielke, 2021). Artikkelen diskuterer klimastresstester gjennomført av den europeiske sentralbanken (ECB). Forfatteren påpeker at de fleste modellene og scenarioene som brukes ble utviklet for over 10 år siden. Ettersom utslippstrendene er endret i denne perioden, påpekes det at scenarioenes utgangspunkt for 2020 allerede er feil, og forfatteren mener disse feilene forsterkes når tidshorisonten øker. Å belage seg på disse estimatene blir ifølge Pielke som at ECB inntar samme holdning som generalen i nobelprisvinner Kenneth Arrows utsagn om værmeldinger under andre verdenskrig: «*The Commanding General is well aware that the forecasts are no good. However he needs them for planning purposes*». Forfatteren mener med andre ord at modellene og scenarioene er utdaterte, og at ECB og andre regulatoriske myndigheter vet dette, men at de ikke har noen alternative metoder å arbeide etter. Min vurdering er at både akademia, regulatoriske myndigheter og aktører i finansmarkedene er enige i kritikken som presenteres av Pielke, og at dette er en av de største begrensningene ved klimascenarioer. Dette gjennomgås også i denne oppgavens kapittel 4.1. Alle scenarioer vil trolig vise feil utvikling, og selv om man treffer riktige forutsetninger vil man fremdeles ikke kunne håndtere atferd, teknologi og lignende aspekter. Av den grunn vil man selv i et korrekt scenario ta feil om utviklingen. Dette er en absurd realitet ved klimascenarioer, som passer godt overens med Arrows utsagn. Selv om Financial Times-artikkelen kommer med viktige poenger, slik som at ingen scenarioer er gode representasjoner på virkelighetens fremtid, kan det identifiseres trender på tvers av ulike scenarioanalyser, som kan gi viktige innsikter (UNEP FI & CICERO, 2021). Intuisjonen bak dette er at grupper av scenarioanalyser ofte kan tolkes på samme måte som man tolker en Monte-Carlo simulering.

Store deler av kritikken som rettes mot overgangsscenarioene peker på nivåene på karbonfangst- og lagring, eller andre lignende forutsetninger som kritikerne ser på som urealistiske. Det er derimot lite diskusjon knyttet til forutsetningene som gjøres i markedet for fornybar energi. Som det vises i denne oppgaven så brukes det langt høyere nivåer av karbonfangst- og lagring i modellen MESSAGEix-GLOBIOM enn REMIND-MAGPIE. Begge modellene når derimot samme mål, og i tilfeller der REMIND-MAGPIE ikke modellerer at klimagassutslippene fanges og lagres i bakken må utslippene reduseres direkte. Av den grunn

ville det vært interessant om lignende undersøkelser ble gjort på forutsetninger knyttet til fornybar energi fra sol, vind og vann. Sannsynligvis ville man funnet at det var like store avvik mellom framskrivningene fra modellene og nåtidens virkelighet, som det kritikere har funnet for karbonfangst.

5.1.4. Klimagassutslipp, karbonfangst- og lagring og utslippskostnad

UNEP FI og flere andre institusjoner har advart mot at klimamodeller og klimascenarier kan ha svært høy bruk av karbonfangstteknologier. Dette er også et sentralt element i kritikken som er rettet mot NGFS direkte. Dette delkapittelet undersøker derfor sammenhengen mellom årlige klimagassutslipp, utslippskostnad og bruk av karbonfangst- og lagring på tvers av scenarioene.

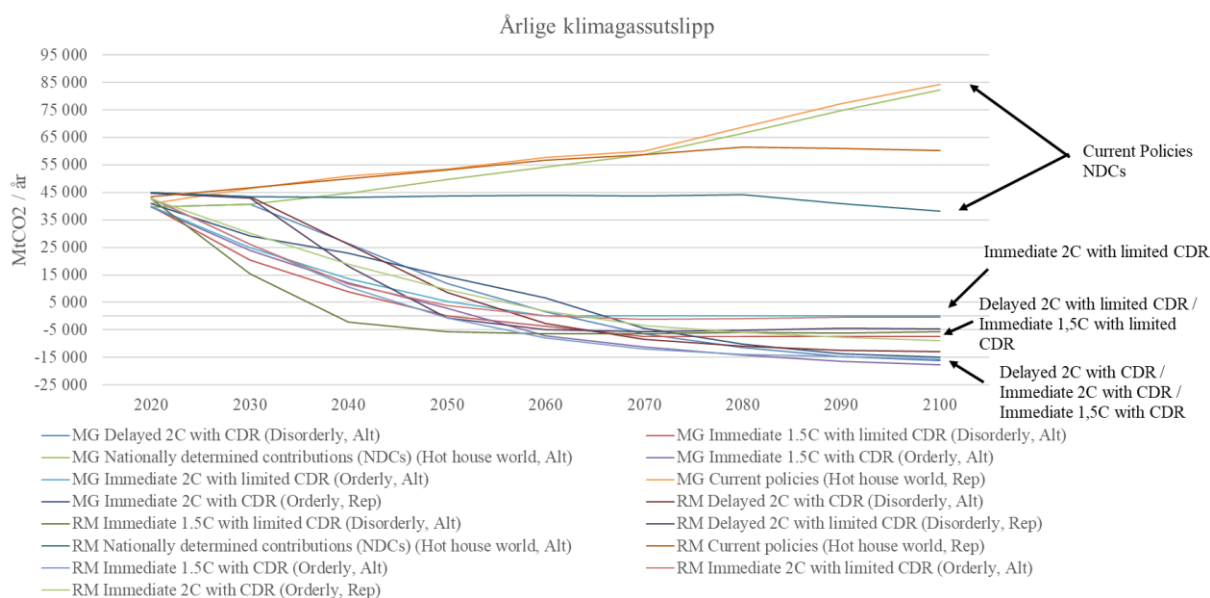


Figur 5: Global CO₂-pris for alle NGFS-scenarier.

I Figur 5 vises CO₂-prisen for alle scenarier i NGFS sin database. Fra figuren kan det sees at alle scenarier som begrenser klimaendringene, har en økning i karbonpris over tid. Det kan sees at et strengere temperaturmål sannsynligvis, men ikke nødvendigvis, vil føre til en høyere pris på klimagassutslipp. Dette avhenger av oppstartstidspunkt og bruk av karbonfangst- og lagring. Dersom tiltakene starter tidlig, så vil økningen i karbonpris begrenses. Bruk av karbonfangst har en lignende effekt. Utstrakt bruk av karbonfangst fører på generell basis til at økningen i karbonprisen begrenses. Karbonprisen kan ende i intervallet \$0–\$5.200 i 2100.

Rosendahl og Wangsness (2021) undersøker differanser i karbonpriser fra klimamodeller på tvers av ulike scenarier. Analysen inkluderer blant annet REMIND-MAgPIE og MESSAGEix-GLOBIOM. Deres resultater viser at REMIND-MAgPIE på generell basis gir

høyere estimater på karbonpris enn MESSAGEix-GLOBIOM. Dette gjelder også når det er kontrollert for nivåene på karbonfangst og negative utslipp. I Figur 5 kan man kan observere at det samme er tilfellet i scenarioene fra NGFS.



Figur 6: Årlige netto klimagassutslipp i NGFS-scenarioene.

Klimamodellen MESSAGEix-GLOBIOM har generelt en høyere bruk av karbonfangst enn REMIND-MAGPIE. Dette skyldes blant annet ulike tilnærminger og kostnadsparametere. I følge Aamaas et al. (2019) har Miljødirektoratet i sine analyser utelukket scenarioer som bruker mer enn 12 Gt CO₂/år eller 500 Gt CO₂ totalt frem til år 2100. Rapporten utelukker også scenarioer som overgår målene med mer enn 0,1 °C. Totalt fem scenarioer, der fire er estimert med MESSAGEix-GLOBIOM¹ og ett er estimert med REMIND-MAGPIE² bruker mer enn 500 Gt CO₂ innen 2100, og åtte scenarioer passerer 12 Gt CO₂/år i 2100, der tre er estimert med modellen REMIND-MAGPIE³ og fem er estimert med MESSAGEix-GLOBIOM⁴. For MESSAGEix-GLOBIOM gjelder dette alle overgangsscenarioene fra NGFS. Dette viser at 8 av 15 scenarioer bruker mer karbonfangst enn hva norske myndigheter godtar i sine analyser, noe som kan være et grunnlag for skepsis til disse scenarioene. Dette er riktignok en lavere

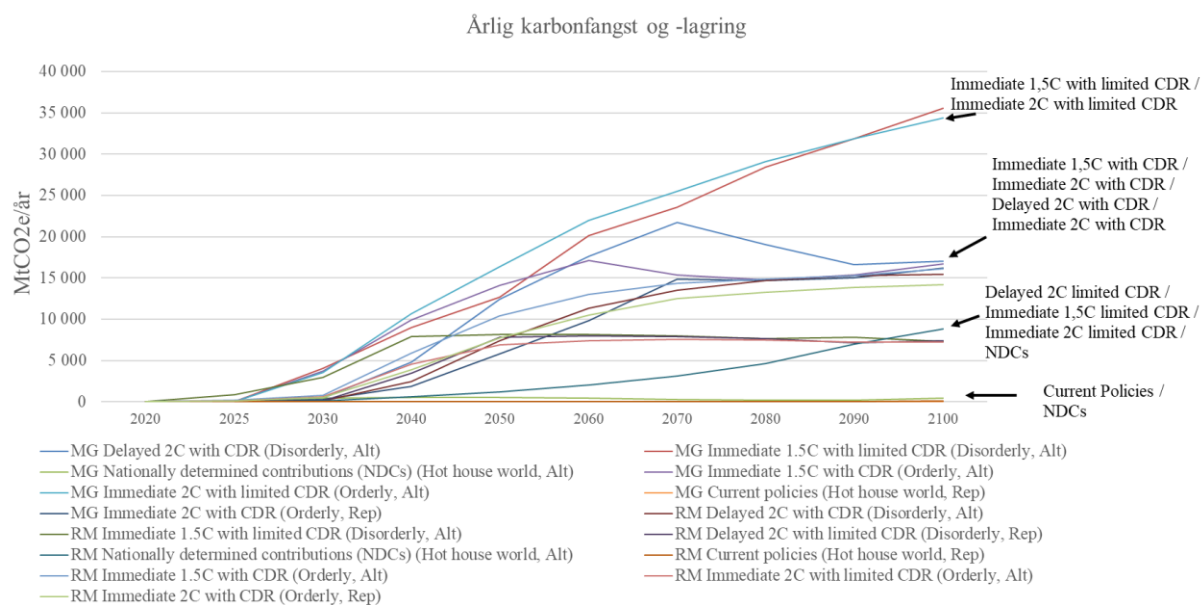
¹ MESSAGEix-GLOBIOM: Delayed 2C with CDR, Immediate 1,5C with limited CDR, Immediate 1,5C with CDR & Immediate 2C with limited CDR.

² REMIND-MAGPIE: Immediate 1,5C with CDR

³ REMIND-MAGPIE: Immediate 1,5C with CDR & Immediate 2C with CDR

⁴ MESSAGEix-GLOBIOM: Immediate 1,5C with limited CDR, Immediate 1,5C with CDR, Delayed 2C with CDR & Immediate 2C with CDR

andel enn hva Aamaas et al. (2019) finner i gjennomgangen av andre scenariopakker. Figur 6 viser hvor avhengige scenarioene er av karbonfangst. Dette kan sees ved hvor langt under, og hvor lenge scenarioene har negative nettutslipp.



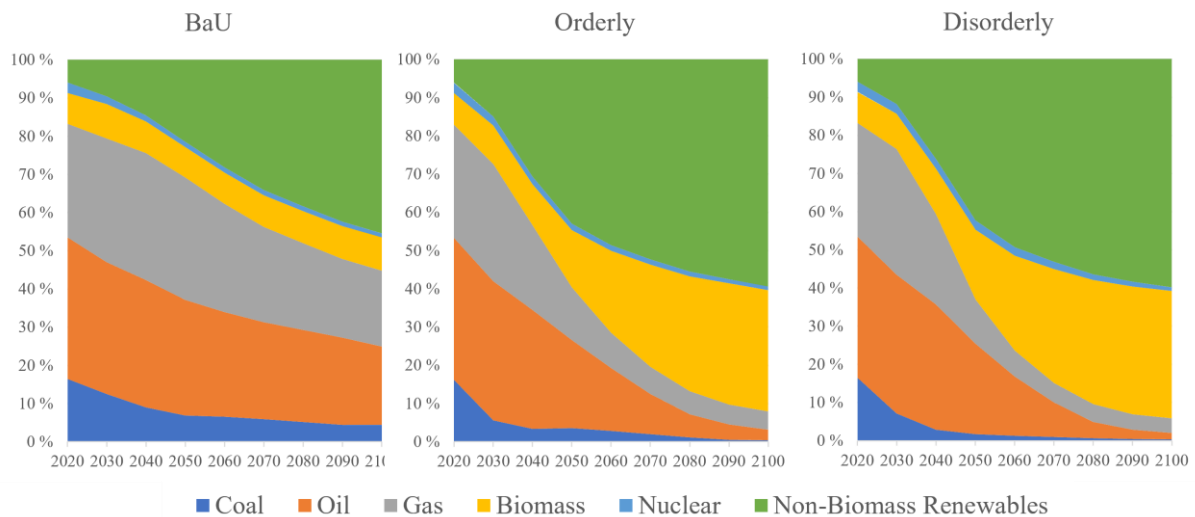
Figur 7: Totale årlige nivåer av global karbonfangst (CDR) i NGFS-scenarioene.

I Figur 7 vises de årlige nivåene av karbonfangst. Scenarioene som kumulativt bruker mest karbonfangstteknologi over hele århundret er MESSAGEix-GLOBIOMs strengeste scenarioer, der global oppvarming skal begrenses til 1,5–2 °C og bruken av karbonfangst er begrenset. Disse to scenarioene bruker 45%–60% mer karbonfangst over hele århundret sammenlignet med scenarioene som ikke begrenser bruken av karbonfangst. Scenarioene estimert med modellen MESSAGEix-GLOBIOM bruker henholdsvis 52% og 45% mer karbonfangst over hele perioden enn REMIND-MagPIEs scenario for 1,5 °C oppvarming med utstrakt bruk av karbonfangst. En mulig forklaring fra IIASAs dokumentasjon er at scenarioene som begrenser global oppvarming til 1,5 °C tillater at man overskrider 1,5 °C i en kort periode. Dette ser ikke ut til å tillates i de andre scenarioene. Da kan det tenkes at selv de begrensede nivåene av karbonfangst kan være høye. Det forklarer derimot ikke hvorfor nivåene er høyere enn i scenarioet som begrenser global oppvarming til 1,5 °C med utstrakt bruk av karbonfangst.

De absolutte nivåene er langt høyere enn hva Reclaim Finance og Oil Change International viser til som realistiske mål. De siterer 8–9 Gt CO₂/år som et realistisk maksimalt mål på karbonfangst i 2050, noe som kan stemme om man tar i betraktning Miljødirektoratets

maksgrense på 12 Gt CO₂/år i 2100. Fra figuren er det mulig å se at dette er langt mindre enn hva flere av klimamodellene gir som resultat, noe som gir grunn til å være kritisk til om enkelte scenarioer underestimerer den faktiske innsatsen som må til for å nå klimamålene. Det kan derimot vises til at det i virkeligheten også er forskjeller i hvilke tiltak som brukes. En Financial Times-artikkel fra 2021 viser til at Europa er pådrivere for utslippsprising og livsstilsendringer for å redusere utslipp. USAs politikk viser derimot tegn til å satse mer på løsninger som hydrogen og karbonfangst (Khan et al., 2021). Dette kan tolkes som at MESSAGEix-GLOBIOMs resultater ser ut til å være mer representative for en amerikansk tilnærming, mens REMIND-MAGPIE er mer representativ for europeisk tilnærming.

UNEP FI har kommentert at selv om karbonfangstnivåene er ekstremt høye, så er det ingenting som tilsier at nivåene fra scenarioene er uoppnåelige eller fysisk umulige (UNEP FI & CICERO, 2021). Det er derimot viktig å se skalaen som er nødvendig. Karbonfangst på 12 Gt CO₂e/år kun ved hjelp av skog vil kreve at 25–46% av dyrket mark, et område på størrelse med India eller EU, blir gjenplantet. Det er derfor tydelig at man vil kreve teknologisk utvikling for lagring av CO₂ under bakken. En rapport fra tankesmien Global CCS Institute at underjordisk lagringskapasitet er langt høyere enn hva overgangsscenarioene krever. Det vises også at installert kapasitet i dag er under 1% av hva som kreves i samme scenarioene innen 2050. Etter deres syn er det mangel på politisk vilje til å støtte private investeringer i karbonfangst som begrenser utviklingen (Global CCS Institute, 2020). Dette tilsier at resultatene fra MESSAGEix-GLOBIOM ikke er umulige, men at forutsetningene setter ekstremt store krav til fremtidig utvikling av karbonfangstteknologi. Det retter derimot ikke opp i det faktum at bruk av karbonfangst er størst i scenarioene med begrenset karbonfangst.



Utvikling i global primær energimiks i NGFS sine representative scenarier (Current Policies, Immediate 2C with CDR, Delayed 2C with limited CDR), modellert med REMIND-MAGPIE.

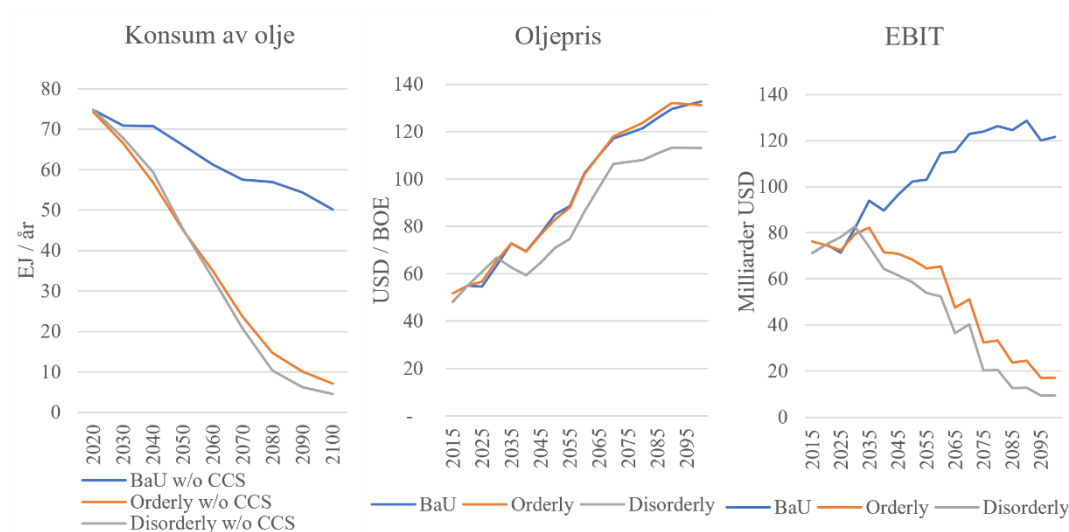
Figur 8: Eksempel på utvikling i global primær energimiks.

Figur 8 viser utviklingen i den globale energimiksen for tre ulike scenarier og gir et godt bilde på hvordan og hvorfor overgangsrisiko oppstår. I overgangsscenarioene blir vilkårene for fremtidig inntjening i de utsatte sektorene langt dårligere enn hva som er ventet med dagens tiltak, og risikoen for «stranded assets» blir langt større enn i BaU-scenariet. Helt til venstre i figuren vises utviklingen i scenariet med de nåværende klimatiltakene. Her erstattes noe oljeproduksjon med gass på kort sikt, samtidig som fornybar energi øker jevnt gjennom århundret. Bruken av kull som energikilde reduseres gjennom hele perioden. I midten av figuren vises energimiksen ved en umiddelbar og forutsigbar innsats for å nå togradersmålet. Her reduseres andelen kull brått frem mot 2030 og gass og olje blir erstattet av biomasser og fornybar energi. Dette vil kreve en brå omstilling fra 2030, der andelen fornybar energi går fra under 5% i 2020 til over 50% i 2050. Helt til høyre i figuren vises utviklingen dersom tiltakene drøyer ut i tid og er uforutsigbare. Dette vil i dette scenariet gå særlig hardt utover naturgass som må erstattes av fornybar energi. Olje og kull er en del av energimiksen over en lengre periode, men mot slutten av århundret består over 80% av energimiksen av fornybar energi.

5.1.5. Sektorutvikling i scenarioene

Dette delkapittelet viser hvordan de klimapolitisk relevante sektorene er modellert. Dette gjøres ved å vise hvordan enkeltvariabler settes sammen for å modellere inntekter og resultater på sektornivå. I dette kapittelet vises et eksempel med CPRS-inndelingen Fossil|Oil. Tilsvarende modelleringer av de resterende sektorene finnes i Vedlegg L. Modelleringen er basert på

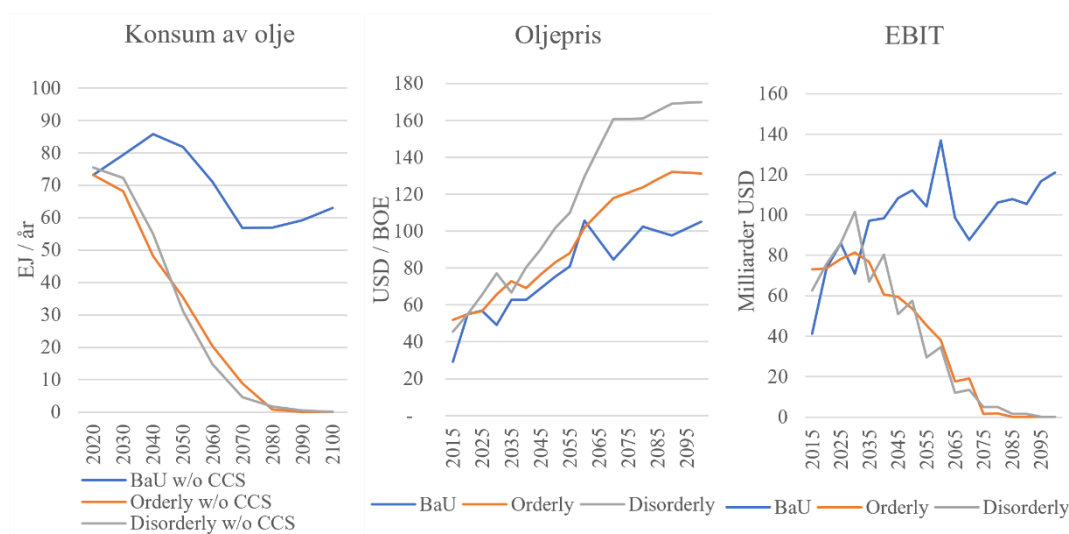
fremgangsmåten fra kapittel 5.2. Det presenteres også kun et utvalg av scenarioene, nærmere bestemt de som blir vurdert som representative av IIASA og NGFS. Det vil si at BaU-scenarioet er nåværende tiltak (Current Policies), det forutsigbare scenarioet er umiddelbar og forutsigbar innsats for å nå togradersmålet med utstrakt bruk av karbonfangst (Immediate 2C with CDR, Orderly, Rep), og det uforutsigbare scenarioet er utsatt og uforutsigbar innsats for å nå samme mål, men med minimal bruk av karbonfangst (Delayed 2C with limited CDR, Disorderly, Rep). Sammendragene gjøres både for REMIND-MAGPIE og MESSAGEix-GLOBIOM og er gjort for OECD og EU. Ideelt sett burde globale estimater brukes, men scenariodatabasen mangler flere globale estimater på priser og kvantum. MESSAGEix-GLOBIOM har ingen alternativer for et representativt og uforutsigbart scenario under. Derfor brukes scenarioet som sikter mot togradersmålet med utstrakt bruk av karbonfangst og en kraftig økning i tiltak fra 2030 (Delayed 2C with CDR, Disorderly, Alt) som et alternativ. Dette er ikke direkte sammenlignbart med scenarioet som brukes for REMIND-MAGPIE. I Figur 9 og Figur 10 vises utviklingen i oljemarkedet i OECD og EU, estimert med REMIND-MAGPIE og MESSAGEix-GLOBIOM.



Figur 9: Oljemarkedet i OECD og EU modellert med REMIND-MAGPIE.

I scenarioene modellert med REMIND-MAGPIE synker produksjonen av olje i alle scenarioer, samtidig som prisen øker, slik det kan sees fra Figur 9. I BaU og det forutsigbare overgangsscenarioet er prisøkningene tilnærmet identiske. For det uforutsigbare scenarioet faller prisen fra 2030 til 2040, før den stiger parallelt med de andre scenarioene. Inntektene på markedsnivå stiger jevnt i BaU, avtar gradvis i det forutsigbare scenarioet og brått i det

uforutsigbare scenarioet. Andelen olje i energimiksen reduseres i alle scenarioer. Det er kun marginal bruk av karbonfangstteknologi i alle scenarioer.



Figur 10: Oljemarkedet i OECD og EU modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

MESSAGEix-GLOBIOM modellerer også en nedgang i totalt konsum av olje i alle scenarioer innen 2100, fra samme nivåer som REMIND-MAGPIE i 2020. Dette kan sees fra Figur 10. BaU har en økning i produksjon frem mot 2050. Alle scenarioene modellerer en økning i oljepris gjennom hele perioden. Prisen øker mest i BaU, etterfulgt av det forutsigbare scenarioet og det uforutsigbare scenarioet. De totale inntektene er modellert til å stige jevnt i hele århundret i BaU. Det forutsigbare overgangsscenarioet har en jevn utvikling frem mot 2030, før reduksjonen kommer gradvis. Inntektene i det uforutsigbare scenarioets stiger brått frem til 2030, før de faller brått i etterkant. Begge overgangsscenarioene har mistet 99% av inntektene innen 2075. Selv om scenarioene tillater det, bruker ikke modellen karbonfangst i oljesektoren.

5.2. Utregning av sjokkfaktorer

Sjokkfaktoren ϵ_k i Merton-modellen er beregnet for de klimapolitisk relevante sektorene (CPRS). I alle sektorene er tilnærmingen basert på en nåverdianalyse av fremtidig resultat før skatt og finanskostnader (EBIT) i sektorene i perioden 2020 til 2100. Det er anvendt tre ulike metoder for å estimere fremtidig inntjening for selskapene i sektoren. Den første er for fossil primær energi, som inkluderer utvinning av olje, kull og gass. En annen metode er brukt for sekundær energi, med fokus på elektrisitetsproduksjon fra olje, kull, gass og fornybare energikilder. Den siste metoden er brukt på eiendom, energiintensive sektorer og transport.

5.2.1. Utvinning av fossile energikilder

Sjokk faktorene for fossile energikilder knyttes til Fossil|Oil, Fossil|Coal og Fossil|Gas i CPRS-inndelingen. Dette er sektorene for utvinning og produksjon av fossile brensler. Metoden starter med å finne produksjon av hver av råvarene i hver periode. Variabelen for dette er Primary Energy, og måler årlig energiforbruk i exajoule (EJ)/år. Denne variabelen finnes både med og uten karbonfangstteknologi, og begge brukes inn i analysen. Dette gir viktig informasjon, ettersom konsumet med karbonfangstteknologi ikke blir belastet med CO₂-pris. Den totale produksjonen er deretter multiplisert med en prisindeks for råvaren i scenarioet. Denne prisen oppgis som den globale spotprisen, sett relativt til prisen i 2020.

Tabell 2: Estimer på EBIT og WACC for alle klimapolitisk relevante sektorer

Sektor	EBIT-estimat	WACC-estimat
Fossil Oil	11,2%	7,5%
Fossil Gas	11,2%	7,5%
Fossil Coal	11,2%	7,5%
Electricity Oil	16,8%	3,1% ⁵
Electricity Coal	16,8%	3,1%
Electricity Gas	16,8%	3,1%
Electricity Renewables	16,8%	3,1%
Housing	32,0%	5,2%
Transport	9,5%	5,0%
Energy Intensive	10,7%	5,8%

Ved å multiplisere pris og produksjon får man et estimat på inntekter for hele markedet for råvaren i scenarioet. På generell basis er markedene like i 2020, og utvikler seg ulikt de påfølgende årene. For å finne ut hvordan selskapets resultater påvirkes av endringene i markedsforhold er inntektene i scenarioet multiplisert med en EBIT-margin. Denne marginen er estimert ved å hente ut EBIT-marginer for alle selskapene som finnes i porteføljen i den aktuelle sektoren. Informasjonen er hentet fra Refinitiv Eikon, og marginen er regnet som et vektet snitt etter hvor stor andel posisjonen utgjør i porteføljen. Innledningsvis ønsket jeg å finne ulike estimer for olje, gass og kull. Dette viste seg vanskelig ettersom selskapene innen

⁵ Estimater på WACC for forsyningssektoren er lavt. Estimaterne er hentet fra gjennomsnittlig implisitt WACC for alle selskaper i porteføljen. En alternativ fremgangsmåte kan være å estimere WACC gjennom CAPM ved å finne en sektorspesifikk beta. I WACC kunne man brukt selskapets giring. Resultatet ville da vært avhengig av beta og forholdet mellom egenkapital og gjeld.

disse sektorene ofte er eksponert mot mer enn en av råvarene. For utvinning av fossile brensler er det kalkulert en EBIT-margin på 11,16%. Marginene for de alle sektorer vises i Tabell 2.

Et alternativ til å bruke egne estimater på EBIT-marginer og WACC ville vært å hente sektorvise estimater. Aswath Damodaran ved NYU Stern publiserer dette for en rekke sektorer på årlig basis. Hans estimater ble vurdert til bruk i denne analysen, men ettersom disse ikke var tilpasset CPRS ble det vanskelig å vurdere hvilket estimat som burde brukes.

Diskonteringsraten er satt til vektet gjennomsnitt av WACC for selskapene som finnes i porteføljen. Estimaten på WACC er hentet fra Refinitiv Eikon, og gjennomsnittet av estimatene som er hentet for de fossile sektorene er 7,51%. Disse brukes til å regne netto nåverdi av alle resultater i perioden 2020 til 2100 for både BaU, Orderly og Disorderly. Sjokkfaktoren ϵ_k viser hvor mye markedsverdien i overgangsscenarioet utgjør i forhold til verdien i BaU.

$$\epsilon_k = \frac{\frac{\sum_{t=1}^N \text{EBIT}_{k,t,\text{Overgang}}}{(1 + \text{WACC}_k)^t}}{\frac{\sum_{t=1}^N \text{EBIT}_{k,t,\text{BaU}}}{(1 + \text{WACC}_k)^t}} = \frac{MV_{\text{Overgang}}}{MV_{\text{BaU}}} \quad (11)$$

Klimamodellene gir estimater på variablene hvert femte år frem til 2050, og hvert tiende år etter dette. Nåverdianalysen er regnet for hvert år i perioden, men estimatene oppdateres kun hvert femte år. Det vil si at femårsperioder bruker like estimater på EBIT. I periodene der klimamodellen oppdateres hvert tiende år, så vil estimatet i år fem være et gjennomsnitt av perioden før og etter. Dette gir store endringer i inntekter hvert femte år. En alternativ fremgangsmåte er å bruke en glidende overgang år for år, men dette kunne ført til at sjokk som i de skal inntreffe i 2030, kunne truffet allerede i 2026, og noen ganger også i 2021.

I optimeringen i klimamodellene er det kalkulert inn pris på CO₂-utslipp og effekter av politiske virkemidler i scenarioet. Denne prosessen ble beskrevet i kapittel 5.2. Utslippskostnadene blir derfor ikke eksplisitt trukket fra EBIT i scenarioet, ettersom dette ville ført til en dobbeltregning. I optimeringen er det også tatt hensyn til teknologisk utvikling og utslippsintensitet for hele tidsperioden.

5.2.2. Elektrisitetsmarkeder

Estimatene på sjokkfaktoren for elektrisitetsmarkedene tar utgangspunkt i fremgangsmåten som er beskrevet for utvinning av fossile brensler. Utgangspunktet er variabelen Secondary Energy|Electricity for ulike energikilder fra NGFS-databasen. Dette er total elektrisitetsproduksjon i scenarioet målt i EJ/år. På samme måte som for Primary Energy finnes det variabler for produksjon med og uten karbonfangstteknologi. Begge er inkludert i analysen. Prisen er regnet ut fra en prisindeks for elektrisitetsproduksjon relativt til 2020. Prisen i 2020 er satt til 0,1337 USD/KWh, som ifølge IEA er den gjennomsnittlige globale elektrisitetsprisen for sluttkonsumenter (IEA, 2020).

EBIT-marginene er estimert på samme måte som for fossile brensler, noe som gir et estimat på 16,76%. Marginene er estimert for alle elektrisitetsprodusenter inne Utility|Electricity i CPRS. Inntektsfordelingen fra Asset Resolution viser at de aller fleste selskapene har inntekter fra mer enn en energikilde, noe som gjorde det vanskelig å skille sektorene. Til slutt er de estimerte EBIT-resultatene satt inn i en nåverdianalyse på lik måte som for fossile brensler. Disse er diskontert med en WACC på 3,1%, estimert på samme måte som for fossile brensler. Estimatet er svært lavt, og skyldes trolig at majoriteten av selskapene som driver elektrisitetsproduksjon i Gjensidiges portefølje er norske produsenter som kjennetegnes ved en høy eierandel fra kommuner. De lave estimatene kan også skyldes at dataen er en implisert WACC hentet ut fra Refinitiv Eikon. I praksis er dette svært sikre obligasjoner som ofte er garantert av kommunene, som igjen er garantert av staten. Da vil det også være sannsynlig at selskapene får finansieringsvilkår som tilsvarer kommunenes, i tillegg til et risikopåslag. Til slutt regnes sjokkfaktoren på samme måte som beskrevet for utvinning av fossile brensler.

5.2.3. Transport, energiintensive sektorer og eiendom

For utvinning av fossile brensler og elektrisitetsproduksjon finnes det gode variabler som beskriver tilbud og etterspørsel i sektoren. Dette skyldes at selskapene i disse sektorene ofte selger ett homogent produkt i transparente markeder. De resterende sektorene er langt mer heterogene. For eksempel inneholder de energiintensive sektorene omtrent alt innen industri som ikke er direkte knyttet til utvinning av fossile brensler eller elektrisitetsproduksjon. Denne sektoren består av over hundre NACE-inndelinger, og selskaper i svært ulike sektorer med ulike marginer. Dette gjør det vanskelig å følge samme fremgangsmåte som tidligere beskrevet.

For å estimere utviklingen i disse sektorene har tidligere litteratur tatt utgangspunkt i sektorens andel av regionens brutto verdiskapning. Dette kan sees i Battiston et al. (2019b), Vermeulen et al. (2019) og Reinders et al. (2020). Figur 30 i Vedlegg D viser at sammensetningen av CPRS er kompleks. Ettersom det kun er europeiske land som bruker NACE-inndelingen som CPRS er basert på, er det vanskelig å anvende CPRS-inndelingen på andre land enn europeiske. Siden Gjensidiges portefølje er global, gir dette noen utfordringer i å estimere sektorsammensetninger for hver region. I denne oppgaven er tall fra Eurostat for 28 europeiske land brukt som et utgangspunkt som er overført til andre regioner. Dette er en forutsetning om at sektorsammensetningen i de andre regionene er tilnærmet lik som i EU.

Eurostats database for strukturstatistikk gjør det mulig å fordele inntekter ut på NACE-sektorer ned til nivå 5, for så å aggregere disse. Dette er gjort for transport, eiendom og energiintensive sektorer. Estimater på inntekter er statisk, og endrer seg ikke over tid. Det er i stedet koblet til BNP i regionen. Det tas dermed en forutsetning om at sektorens inntekter som andel regionens BNP vil være stabilt over tid, slik studier som Dietz et al. (2016) har gjort tidligere. For å finne ut hvordan resultatet påvirkes er EBIT-marginer hentet ut på samme måte som tidligere beskrevet for WACC. Selskapene er her gruppert etter hvilken CPRS-inndeling de tilhører.

Estimatene på EBIT for utvinning av fossile brensler og elektrisitetsproduksjon har gjennom klimamodellene allerede tatt hensyn til hvordan klimapolitiske virkemidler påvirker sektoren over tid. Ettersom estimatene for eiendom, transport og energiintensive sektorer kun er koblet til klimamodellene gjennom utviklingen i BNP er ikke dette tilfellet for disse sektorene. Tilnærmingen brukt i denne analysen er inspirert av Reinders et al. (2020), som estimerer effektene av klimapolitikk ved å regne nåverdien av fremtidige utslippskostnader i scenarioet og se dette opp mot brutto merverdiskapning i sektoren.

Det er vanskelig å estimere hvor store utslippene fra et vidt spekter av NACE-sektorer er i dag. Hvordan utviklingen er i scenarioene er tilnærmet umulig å estimere uten å bruke noen variabler fra databasen. NGFS-scenarioene inneholder estimater på CO₂-pris, og det finnes i tillegg estimater på utslipp fra transport, industri og eiendom. Variablene for disse estimatene er Price|Carbon, Emissions|CO₂|Energy|Demand|Industry, Emissions|CO₂|Industrial Processes, Emissions|CO₂|Energy|Demand|Transportation og Emissions|CO₂|Energy|Demand|Buildings. Å multiplisere CO₂-prisen med disse utslippsvariablene gir et estimat på utslippskostnadene. Som nevnt tidligere i oppgaven er ikke dette en reell pris. Det representerer derimot en skyggepris på hvordan selskapet kan bli truffet av klimatiltak. Det finnes en risiko for at

variablene fanger opp en større eller mindre andel av utslippene enn hva sektoren i realiteten står for. Dette vil alltid være en risiko når scenarioene ikke følger samme inndeling som porteføljen deles inn etter. Slik scenarioene er designet vurderes de likevel til å være beste tilgjengelige alternativ.

I enkelte scenarioer er det sannsynlig at teknologi, og da spesielt karbonfangstteknologi vil være sentralt. I tillegg vil selskapene investere i energieffektive løsninger, slik at utslippene over tid reduseres. Dette tas hensyn til i NGFS-scenarioene. Variablene Carbon Sequestration|CCS tar hensyn til karbonfangst fra industrielle prosesser og for energiforbruk fra fossile brensler og biomasser. Disse er inkludert i analysen av energiintensive sektorer. For eiendom og transport er det ikke regnet inn muligheter for karbonfangst. Investeringer i energieffektive løsninger er inkludert i optimaliseringen av klimamodellene og er derfor også tatt hensyn til i analysen.

De totale kostnadene ved klimagassutslipp finnes ved å multiplisere de totale netto utslippene i scenarioet med CO₂-prisen i scenarioet. Det kan argumenteres for at selskapene ikke bærer hele denne kostnaden alene, men at deler av kostnaden kan overføres videre i verdikjeden. Undersøkelser gjort av Europakommisjonen viser at dette er sannsynlig, og at det i enkelte sektorer finnes tilfeller der over 100% av utslippskostnadene kan overføres til kunden. De fleste sektorer har kostnadsoverføring over 15% (de Bruyn et al., 2015). Undersøkelsen er gjort for EU ETS, der karbonlekkasje kan ha en signifikant påvirkning. Scenarioene forutsetter at det settes en global pris på utslipp, noe som vil gjøre karbonlekkasje til et mindre relevant problem. Resultatene er svært sprikende, og som en generell faktor brukes en faktor for kostnadsoverføring på 50%. Det vil si at bedriften tar halve kostnaden av utslippene, og at kunden og resten av verdikjeden tar de resterende 50%.

Estimatene på EBIT og utslippskostnader gjør det mulig å analysere endringen i resultat for selskapene i de tre ulike sektorene (Energy Intensive, Housing og Transport) i scenarioene. I disse analysene vil det være CO₂-prisen, de totale utslippene og BNP som driver forskjellen mellom scenarioene. Å subtrahere utslippskostnadene fra EBIT gir et estimat på et justert EBIT. Dette brukes på samme måte som tidligere inn i en nåverdianalyse for å finne den totale verdien av markedets årlige totale resultat i scenarioet. Til slutt beregnes sjokkfaktoren på samme måte som for de andre sektorene.

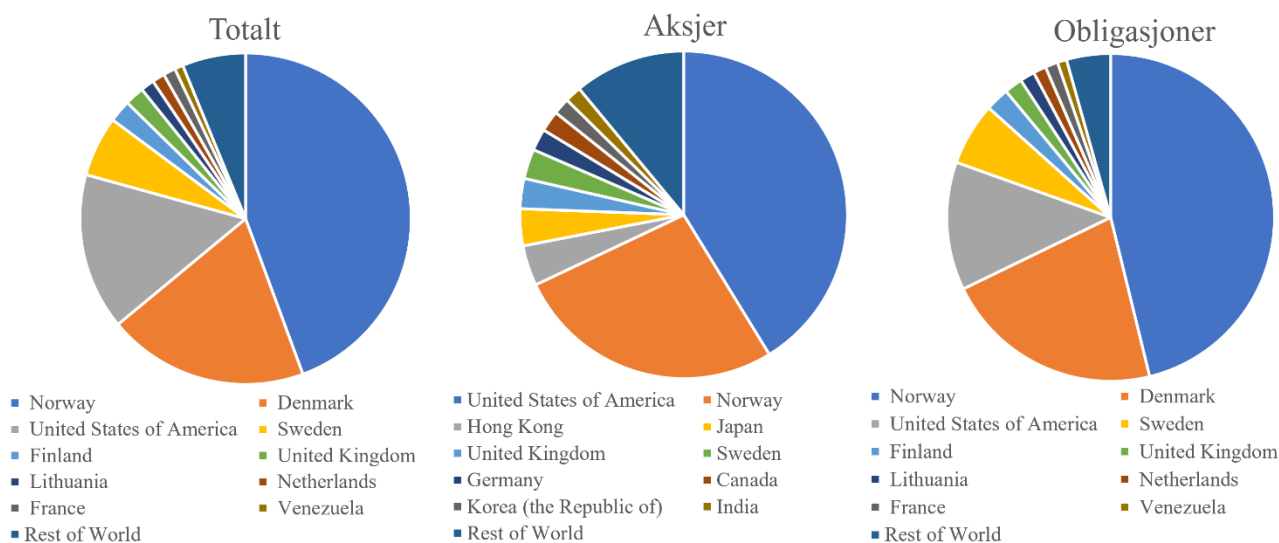
5.2.4. Andre sektorer

De to resterende grupperingene i CPRS er finanssektoren og alle selskaper klassifisert som «Other». Finanssektoren vil trolig ikke påvirkes direkte av utslippsprising og klimatiltak, men ettersom denne sektoren eier store deler av verdiene som påvirkes, kan de treffes indirekte. Dette er svært vanskelig å modellere, og av den grunn røres ikke disse to sektorene. Det vises til hvor stor andel av porteføljen disse to sektorene utgjør i inndelingen fra Figur 13. I en sensitivitetsanalyse i delkapittel 6.2 vil det presenteres en analyse som lar sektorene Finance og Other modelleres etter BNP-utviklingen i scenarioet, slik at det blir mulig å danne et bilde av hvilken påvirkning disse sektorene har på investeringsporteføljen.

5.3. Gjensidige Forsikrings investeringsportefølje

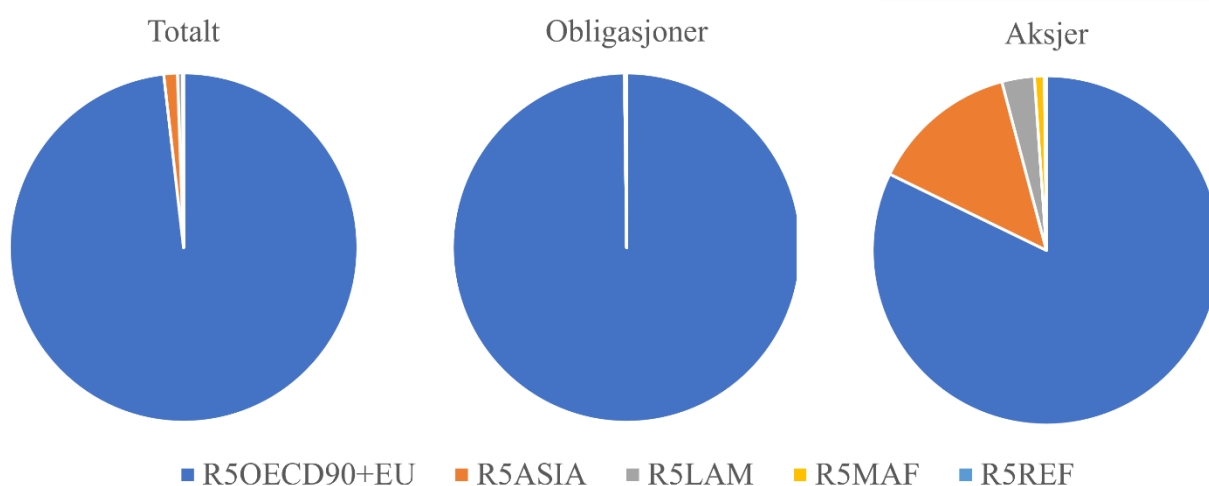
Gjensidige Forsikring ASA er et av Nordens største skadeforsikringsselskap og Norges nest største børsnoterte finansinstitusjon målt i markedsverdi. Et viktig aspekt ved deres virksomhet er å sørge for at konsernet har midler tilgjengelig til å dekke løpende forpliktelser. Kunden kan betale inn en premie i år, men forpliktelsen kan gå over mange år. De innbetalte forsikringspremiene investeres i kapitalmarkeder for å sikre at selskapet både nå og i fremtiden kan dekke sine forpliktelser overfor kundene. Disse midlene inngår i en sikringsportefølje, som per 31.12.2019 utgjorde ca. 65% av Gjensidiges investeringsportefølje. De resterende midlene inngår i en friportefølje og skal bidra til at konsernet når sine avkastningsmål. Investeringsporteføljen står normalt for ca. 1/3 av totalresultatet for konsernet og er helt avgjørende for at konsernet skal kunne levere en stabil eller økende dividende over tid til aksjonærene. Et negativt sjokk i investeringsporteføljen kan derfor treffe konsernet hardt.

Ved utgangen av 2019 var størrelsen på den totale investeringsporteføljen 59,1 milliarder norske kroner. Deler av dette er investert i Oslo Areal, et eiendomsselskap Gjensidige er deleier i. Datasettet som anvendes i denne oppgaven består av alle posisjoner der det finnes et verdipapirnummer (ISIN). Dette gjelder 47,3 milliarder NOK (81% av investeringsporteføljen) og er fordelt på 4,4 milliarder NOK i aksjer og 42,9 milliarder NOK i rentepapirer. Totalt består porteføljen av 4.636 unike ISIN, der 2.709 er renteinstrumenter og 1.927 er aksjer. Store deler av midlene er eksternt forvaltet, men konsernet tar seg selv av allokering, risikostyring og forvalterseleksjon. Risikoappetitten knyttet til kapitalforvaltningen beskrives i årsrapporten for 2019 som begrenset.



Figur 11: Topp 10 største geografiske eksponeringer i investeringsporteføljen.

I Figur 11 vises den geografiske allokeringen i investeringsporteføljen. Hvert verdipapir er henført til et land ved å se på lokasjonen til hovedkontoret. I renteporteføljen er ca. 46% investert i norske rentepapirer. 74% er investert i de nordiske landene, og 13% er investert i USA. Aksjeporteføljen har en noe annen inndeling. Her er ca. 41% investert i USA og 27% i Norge. De andre nordiske landene utgjør lite av aksjeporteføljen. Totalt utgjør de 10 største eksponeringene 89% av aksjeporteføljen og 96% av obligasjonsporteføljen.



Figur 12: Gjensidiges geografiske fordeling etter inndelingen i NGFS-databasen.

I Figur 12 vises porteføljen etter regioninndelingen fra IIASA. Regioninndelingen er beskrevet i Vedlegg C. Fra figuren kommer det tydelig frem at porteføljen er konsentrert til regionen som dekker EU og OECD. Aksjeporteføljen er bredere fordelt enn renteporteføljen, så denne delen

av porteføljen kan også påvirkes av endringer som skjer i Asia, Latin-Amerika og til dels Midtøsten og Afrika. En mer presis inndeling kan gi et mer nyansert bilde av OECD og EU, men det kan øke usikkerheten i resultatene. Den kan også gjøre det vanskeligere å sammenligne resultatene på tvers av klimamodellene ettersom inndelingen fremdeles kun ville vært basert på hvilket land selskapet juridisk tilhører.

5.3.1. Investeringsporteføljen fordelt på CPRS og NACE-sektorer

Vanlige sektorinndelinger slik som det europeiske NACE-systemet er ikke laget for å si noe om klimagassutslipp eller overgangsrisiko. Battiston et al. (2017) presenterer en inndeling der sektorer deles inn etter en analyse av verdikjeden og gjennomsnittlige utslippsintensitet, basert på NACE-inndelingen. I Battiston et al. (2019b) utvides inndelingen, slik at knyttet til fossile brenslere og forsyning deles inn etter hvilken energikilde som anvendes. Dette kapitlet tar for seg fremgangsmåten for å dele Gjensidiges investeringsportefølje inn i klimapolitisk relevante sektorer (CPRS). Henføringen fra NACE til CPRS vises i Vedlegg D.

Inndeling i NACE-sektorer er gjort med Refinitiv Eikon ved hjelp av ISIN for hver enkelt posisjon. Dette er en mye omtalt prosess i tidligere forskning med mange fallgruver (Battiston et al., 2019b; Reinders et al., 2020; Vermeulen et al., 2019). Dette gjelder spesielt for obligasjoner, ettersom de ofte kan utstedes av en del av konsernet med eget ISIN-nummer der formålet ene og alene er å finansiere selskapet. Velkjente eksempler på dette er BMW Finance NV, Volvo Treasury AB og BP Capital Markets PLC. Disse enhetene er tilknyttet oljeproducenten BP og bilprodusentene BMW og Volvo og utsteder obligasjonene for konsernene. De klassifiseres som finansieringsvirksomhet i sektor K.64.30. Enhetene har ikke selv noen inntekt. Inntektene kommer fra henholdsvis bil- og oljeproduksjon i konsernene. Ettersom formålet med analysen er å analysere overgangsrisiko vil det være naturlig å plassere enhetene i samme NACE-sektor som konsernet de er en del av. For BMW Finance og Volvo Treasury er dette C.29.10, sektoren for produksjon av motorvogner. BP Capital Markets plasseres i C.19.20, sektoren for produksjon av raffinerte petroleumsprodukter.

Problemene nevnt over er løst i Refinitiv Eikon ved å søke opp ulike identifikasjonstall for selskapet og selskapets øverste morselskap (Ultimate Parent). Det er hentet ut organisasjonsnummer, Legal Entity Identifier (LEI) og Corporate Identity Number (CIN) for begge nivåer. Ultimate Parent gir det øverste morselskapet i eierstrukturen. Dette kan brukes til å finne organisasjonsnummeret, LEI og CIN til konsernet, som igjen benyttes for å finne NACE-sektoren konsernet tilhører. Deretter er det gjort en kvalitativ utvelgelse for å bestemme

hvilken NACE-tilhørighet som ble valgt. Ultimate Parent plasserte ofte selskaper i NACE-sektor for generell offentlig administrasjon (O.84.11), mens organisasjonsnummeret og LEI ga andre resultater. Dette er blant annet tilfellet for Equinor og Statkraft, der Ultimate Parent er den norske stat med aksjemajoritet i begge selskaper. I tilfeller der en posisjon er plassert i NACE-sektor K.64 eller O.84 og andre identifikasjonsnumre ga andre sektorer, er de alternative sektorene konsekvent valgt fremfor K.64 og O.84. I situasjoner der K.64 og O.84 var de eneste alternativene, ble K.64 valgt over O.84.

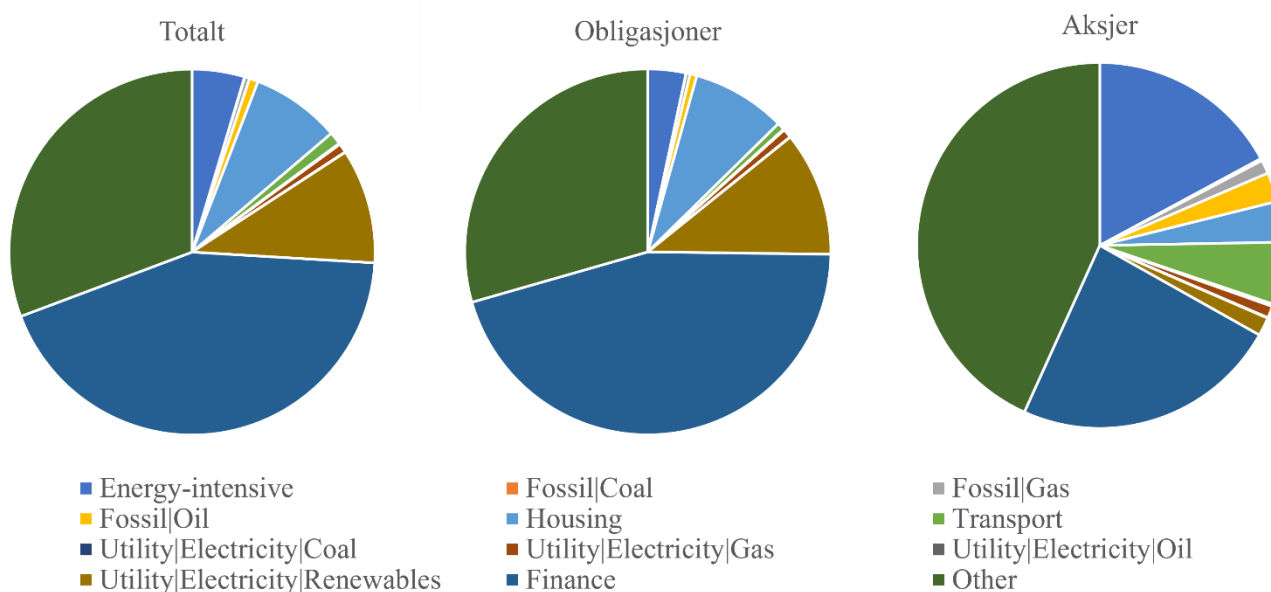
Inndelingen i NACE-sektorer er kontrollsjekket ved å hente ut NAICS og Thomson Reuters Business Classification (TRBC) for hver posisjon. Dersom NAICS eller TRBC var motstridende med NACE, og NAICS eller TRBC tydet på at selskapet tilhørte en klimapolitisk relevant sektor, så ble posisjonen henført til NACE-sektoren som tilsvarer NAICS / TRBC-sektoren. Ut av 1.927 aksjeposisjoner var det 271 posisjoner som ga slike utfordringer. Av disse ble 185 rettet. Den totale NACE-dekningen for aksjeporteføljen er 95,6%. I renteporteføljen med 2.709 posisjoner var det 1.365 posisjoner med problemer knyttet til NACE. Av disse ble 900 rettet. Den totale NACE-dekningen for renteporteføljen er 96,2% av porteføljens markedsverdi. De resterende posisjonene er ikke tilgjengelig i Refinitiv Eikon. Majoriteten av disse er kontoer i internasjonale banker og i enkelte tilfeller derivater.

Henføringen fra NACE til CPRS 2017 er forklart i Battiston et al. (2017). Koblingen mellom CPRS 2017 og CPRS 2019 er vanskeligere. Fra NACE til CPRS 2017 er det en konkret sammenheng, slik det fremstilles i Vedlegg D. Fra CPRS 2017 til CPRS 2019 har jeg ikke lyktes i å finne en henføring som er knyttet til NACE-sektorene. Min fremgangsmåte ble derfor å starte med å sammenligne NACE med delsektorer og aktiviteter i NAICS og TRBC for å se etter detaljert informasjon. Dette fungerer for å skille fossile sektorer fra fornybare sektorer, men det var ikke mulig å lage et godt skille mellom de ulike fossile brenslene. Til dette anvendes data fra PACTA-verktøyet utviklet av 2 Degrees Investing Initiative, slik det fremstod i november 2020. Dette er et gratis verktøy for scenarioanalyse av overgangsrisiko utviklet av 2 Degrees Investing Initiative i samarbeid med blant annet EU og UN PRI, som ved inngangen til 2021 også testes ut av norske finansinstitusjoner på vegne av Finanstilsynet. PACTA leverer en fil med inndeling i Bank of Englands klimapolitisk relevante sektorer. Hvert selskap i porteføljen er her henført til de ulike klimapolitisk relevante sektorene basert på hvor stor andel av deres inntekter som kommer fra sektoren. Dette er basert på data fra analyseselskapet Asset Resolution. De prosentvise inntektsfordelingene for et utvalg selskaper kan sees i Tabell 3.

Tabell 3: Eksempler på inntektsfordeling i klimapolitisk relevante sektorer (CPRS).

Selskap	Sektor	Inntektsfordeling
Ørsted	Forsyning	10,6% olje / 3,1% gass / 23,5% kull / 62,8% fornybar
Iberdrola	Forsyning	0,2% olje / 62,7% fornybar / 37,1% gass
Equinor	Olje og gass	49% olje / 51% gass
Statkraft	Forsyning	90% fornybar / 10% gass
Hafslund E-CO	Forsyning	100% fornybar

I analysen av overgangsrisiko vil Ørsted bli behandlet som fire ulike selskap, på henholdsvis 10,6%, 3,1%, 23,5% og 62,8% av Ørsteds totale størrelse. Selskap 1 vil i analysen behandles som et oljeselskap på 10,6% av Ørsteds størrelse, og påvirkes av de fremtidige utviklingene i oljemarkedet. Selskap 2 vil være 3,1% av Ørsteds størrelse, og påvirkes av utviklingen i gassmarkedet. Selskap 3 vil være 23,5% av Ørsteds størrelse og påvirkes av utviklingen i kullmarkedet. Det siste selskapet vil være 62,8% av Ørsteds størrelse og påvirkes av endringer i markeder for fornybar energi. Når disse fire selskapene legges sammen, vil de representere Ørsteds totale overgangsrisiko fra selskapets største inntektskilder.



Figur 13: Gjensidiges eksponering mot klimapolitisk relevante sektorer.

Inndelingen i klimapolitisk relevante sektorer sees i Figur 13. I investeringsporteføljen er 25,9% av markedsverdien plassert i klimapolitisk relevante sektorer. For aksjeporteføljen og renteporteføljen er tilsvarende tall 33,1% og 25,2%. Battiston et al. (2017) presenterer samme tall for de 50 største europeiske forsikringsselskapene. I Tabell 4 sammenlignes deres resultater

med Gjensidiges investeringsportefølje. Andelen i CPRS i aksjeporteføljen er relativt lik de europeiske forsikringsselskapene for fossile brensler, forsyning og transport. Gjensidige ser ut til å ha en betydelig større eksponering mot energiintensiv industri sammenlignet med øvrige europeiske forsikringsselskaper, og en kraftig undervekt i boliger. For Gjensidige skyldes det at analysen kun tar hensyn til investeringer med ISIN. Gjensidige har en stor eierandel i eiendomsselskapet Oslo Areal, som ikke inkluderes i denne analysen. I en fullstendig analyse ville andelen eiendom vært markant høyere, slik det illustreres i Tabell 4.

Tabell 4: Gjensidiges eksponering mot klimapolitisk relevante sektorer (CPRS).

Kolonnene Totalt, Aksjer og Obligasjoner viser porteføljen som blir analysert i denne oppgaven. Kolonnen Gjensidige (inkl. Oslo Areal) er et estimat på hvordan investeringsporteføljen ser ut når eiendommer i Oslo Areal er inkludert. Kolonnen Battiston et al. (2017) viser sektorfordelingen til de 50 største forsikringsselskapene i EU.

	Totalt	Aksjer	Obligasjoner	Gjensidige (inkl. Oslo Areal)	Battiston et al (2017)
Fossil	1,2 %	4,0 %	1,0 %	1,0 %	6,2 %
Energy Intensive	4,6 %	17,1 %	3,4 %	3,7 %	1,6 %
Housing	7,9 %	3,6 %	8,3 %	26,2 %	25,4 %
Transport	1,1 %	5,5 %	0,7 %	0,9 %	1,9 %
Utilities	11,1 %	2,9 %	11,9 %	8,9 %	4,7 %
Finance	43,3 %	23,6 %	45,4 %	34,7 %	18,0 %
Other	30,7 %	43,2 %	29,4 %	24,6 %	42,3 %
CPRS	25,9 %	33,1 %	25,2 %	20,8 %	39,7 %

CPRS brukes for å dele opp porteføljen i to deler, der kun den ene forventes å bli påvirket av mulige klimatiltak. I Gjensidiges tilfelle vil det si at verdiene som analyseres for overgangsrisiko kun utgjør 25,9% av den opprinnelige porteføljen, tilsvarende porteføljens totale eksponering mot klimapolitisk relevante sektorer. Fordelt på aktivaklasser gir dette en aksjeportefølje på 1,1 milliarder NOK og en renteportefølje på 10 milliarder NOK. Det vil si at dersom det blir estimert at de klimapolitisk relevante sektorene reduseres i verdi med X %, vil porteføljeverdien reduseres med 0,259X %.

5.3.2. Finansierte klimagassutslipp og intern bruk av karbonpris i selskapene

I klimascenarioer er det to store drivere for overgangsrisiko; totale klimagassutslipp og utslippskostnad. Om man klarer å identifisere klimagassutslippene fra porteføljeselskapene, kan det tenkes at man får en god oversikt over eksponeringen mot overgangsrisiko. For å gjøre dette anvendes data selskaper har rapportert til Carbon Disclosure Project (CDP). I analysen

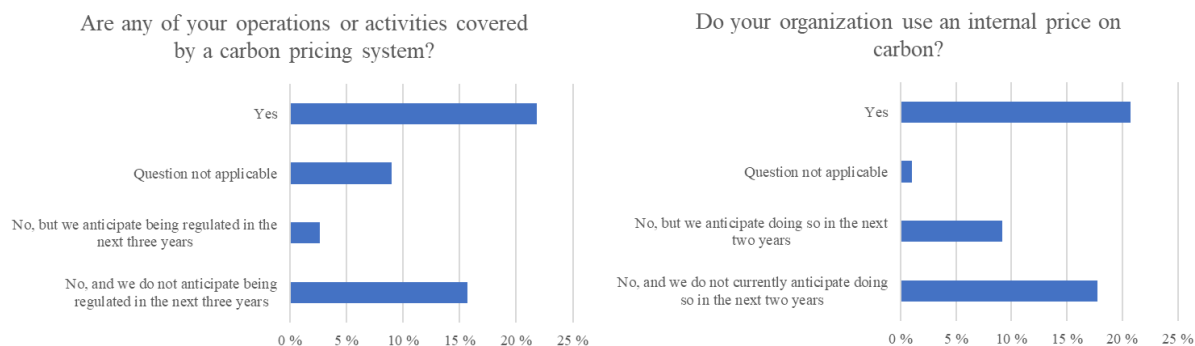
anvendes data for direkte utslipp i Scope 1 og indirekte utslipp i Scope 2. Det finnes også et Scope 3, som blant annet viser utslippene fra verdikjeden. Dette er relevant for å vurdere klimapåvirkning som helhet, men det er lite sannsynlig at Scope 3 vil inkluderes i et kvote- eller skattesystem, ettersom de fleste prisingssystemer vil kun inkludere Scope 1. I tilfeller der CDP ikke har tilstrekkelig dekning, er tilsvarende data hentet fra Refinitiv Eikon.

I praksis settes det ofte et krav om at det skal være tilgjengelige tall for minst 75% av porteføljens markedsverdi for at tallene kan anvendes til å regne ut forskjellige måltall som karbonintensitet og totale klimagassutslipp for porteføljens. Fra Tabell 5 kan det sees at aksjeporteføljen har høyest dekningsgrad, med 69% av porteføljens markedsverdi. Dekningsgraden for indirekte utslipp er noe lavere, men fremdeles høyere enn for obligasjonsporteføljen. For obligasjoner er dekningsgraden 36% av markedsverdien i direkte utslipp og 25% av indirekte utslipp. Totalt vil det si at utslippsdata er tilgjengelig for omtrent 33% av porteføljens markedsverdi. Dekningen langt lavere enn 75%, noe som gjør det vanskelig å beregne måltall for porteføljens. Det er en kjent problemstilling at utslippstall ikke er tilgjengelige for investorer, slik det blant annet diskuteres i TCFD (2017b)

Tabell 5: Dekningsgrad for data på finansierte klimagassutslipp i Gjensidiges portefølje.

	Scope 1 Dekning (NOK)	Scope 1 Dekning (%)	Scope 2 Dekning (NOK)	Scope 2 Dekning (%)	Porteføljens markedsverdi
Aksjer	3 008 511 714	69 %	2 438 511 714	56 %	4 374 622 422
Obligasjoner	13 830 083 786	32 %	10 653 510 906	25 %	42 957 884 271
Totalt	16 838 595 500	36 %	13 092 022 620	30 %	47 332 506 693

Et selskap med høye klimagassutslipp kan utgjøre en overgangsrisiko i porteføljens. Dette kan skje ved at det innføres et system for utslippsprising som øker selskapets driftskostnader, eller ved at utslippsintensive aktiviteter forbyes, slik at inntektene reduseres. I begge tilfeller vil resultatmarginen isolert sett reduseres. Selskapet kan derimot redusere risikoen dersom de tar små grep. Ved å bruke en intern karbonpris i prosjekt- og lønnsomhetsanalyser vil beslutninger tas på grunnlag av tall som inkluderer effekten av utslippskostnader. Dersom selskapene kun gjennomfører prosjekter som gir en tilfredsstillende avkastning etter at utslippskostnadene er inkludert, så vil man unngå resultatfallene som scenarioanalysene peker på senere i oppgaven.



Totalt 51% av selskapene i investeringsporteføljen har svart på CDPs spørreskjema. Panelet til venstre viser selskapenes svar på om de er dekket av et prisingssystem for klimagassutslipp, og panelet til høyre viser svar for bruk av intern karbonpris.

Figur 14: Utdrag fra CDPs årlige spørreskjema om prising av klimagassutslipp.

I Figur 14 vises en oversikt over andelen av selskapene i investeringsporteføljen som dekkes av et prisingssystem for klimagassutslipp og andelen som anvender en intern karbonpris. Dataen er hentet fra CDPs årlige spørreskjema. Omtrent 51% av selskapene rapporterer til CDP gjennom et selskap i konsernet. Svarene viser at 22% av selskapene har inntekter som dekkes av et system for prising av klimagassutslipp. Kun 3% av de som ikke dekkes av et slikt system, forventer at det implementeres en pris på klimagassutslipp de neste tre årene. Det sees også at 21% av selskapene bruker en intern pris på klimagassutslipp og at 19% forventer å implementere dette i løpet av de neste to årene. Disse selskapene oppgir også hvilken pris de anvender og hvordan de anvender denne. Det vil si at innen 2023 skal 40% av selskapene ta stilling til prising av klimagassutslipp. 36% av selskapene har derimot ingen intensjon om å innføre en intern karbonpris. Dataen fra CDP gir ingen signaler som tyder på at selskapene Gjensidige er investert i er mer eller mindre bevisst på egne klimagassutslipp og fremtidige reguleringer, enn hva markedet generelt er. De interne karbonprisene viser at enkelte selskaper kan være godt forberedt, men det er ingen tydelige trender på porteføljenivå. Dette tilsier at Gjensidiges investeringsportefølje bør treffes omtrent likt som en hvilken som helst annen investeringsportefølje, med sammenlignbar sektoreksponering.

5.4. Estimerte parametere i Merton-modellen

Merton-modellen krever estimater knyttet til selskapenes balanseregnskap, volatilitet og tid til forfall for gjeld. Alle tall er funnet ved hjelp av Refinitiv Eikon. En utfordring her er datamangel. Verdipapirnumrene i porteføljen har ikke alltid tilgjengelige balanseregnskap, slik at dataen må hentes fra andre steder i organisasjonsstrukturen. Estimaten som brukes er enten

rapportert av selskapene selv, basert på markedsverdi av eiendeler eller gjennomsnittlige analytikermaal. I analysen benyttes rapporterte tall dersom de finnes.

I tilfeller der tallene ikke finnes for organisasjonsnummeret som er direkte tilknyttet ISIN i porteføljen brukes Eikons eget identifikasjonsnummer (PermID) for å gjennomføre samme analyse. I tilfeller der heller ikke PermID er tilgjengelig, brukes Ultimate Parent for utstederen av verdipapiret. En fallgrube ved Ultimate Parent er at selskaper med statlige majoritetsiere får statens balanse. For å unngå dette filtreres alle selskaper der Ultimate Parent tilhører en stat, ved å skille ut navn på Ultimate Parent av typen «Government», «Republic», «Kingdom» og lignende navn som kan kjennetegne stater. For å unngå at Ultimate Parent brukes i en del av kapitalstrukturen, mens selskapet selv brukes i en annen, så er alle tilfeller der forholdet mellom gjeld og totale eiendeler manuelt kontrollert der forholdstallet er under 0,9 eller over 20.

Estimering av total gjeld følger samme fremgangsmåte som totale eiendeler. En utfordring med gjeld som ikke er aktuell for eiendeler er hvor det er postert i regnskapet. Det er kun betalbar gjeld som er interessant, og i de fleste tilfeller finnes er det tilgjengelig via formlene. For finansinstitusjoner eller komplekse konsern kan gjelden derimot rapporteres i ulike samleposter i balansen. For å kontrollere for dette er forholdstallet mellom eiendeler og gjeld kontrollert for å se om estimatet er sannsynlig. Hvis estimatet ikke er realistisk, er det manuelt kontrollert.

Estimater på volatilitet i eiendeler er hentet ut med samme metode som eiendeler og gjeld med Eikons funksjon for strukturell volatilitet i eiendeler. Der volatilitetsdata ikke var tilgjengelig for utstederen, er det kontrollert om tallene er tilgjengelig for selskaper lenger opp i organisasjonsstrukturen. I mange tilfeller var det også nødvendig å hente volatilitetsdata for samme verdipapir notert på en annen børs. Denne fremgangsmåten ga en dekning på 78% av porteføljens posisjoner. De resterende 22% er estimert med gjennomsnittet for resten av posisjonene i samme klimapolitisk relevant sektor.

Merton-modellen er basert på opsjonstankegang, og et sentralt element er tid til forfall, vist ved $(T - t)$. På selskapsnivå er det kun gjelden som forfaller, slik at dette kan tolkes som tid til forfall. Et relevant mål for dette er Macaulays durasjon. Det er ingen estimerer på Macaulays durasjon direkte tilgjengelig fra Eikon, men ved å hente ut estimerer på modifisert durasjon og yield-to-maturity kan Macaulays durasjon estimeres. Dette er gjennomført ved å hente organisasjonsnummeret til utstederen, og bruke det til å finne alle aktive obligasjoner. For hele porteføljen gir dette 2,6 millioner obligasjoner. Mange av disse antas å være samme obligasjon notert på ulike børser og i ulike valutaer, slik at det reelle antallet obligasjoner egentlig er lavere.

Siden antallet obligasjoner er svært høyt, brukes Eikons API med Python for å hente estimater på durasjon. Ved å hente ut organisasjonsnummer, Eikons PermID, modifisert durasjon og YTM for alle obligasjoner, og deretter gruppere disse etter organisasjonsnummer finnes gjennomsnittlig Macaulays durasjon for omtrent 4.000 unike utstedere tilknyttet porteføljen basert på organisasjonsnummer. En utfordring med denne metoden er at Eikon har estimert modifisert durasjon for obligasjoner med flytende rente. Modifisert durasjon er et mål på rentefølsomhet, og kan være nær null selv om løpetiden til obligasjonen er over ti år. Disse må skilles fra de resterende obligasjonene. For å estimere Macaulays durasjon brukes formelen «Duration Analytics». Denne formelen sender en spørring mot Eikons obligasjonskalkulator, og er tidkrevende. Metoden er derfor kun brukt på alle obligasjoner med estimert modifisert durasjon på opptil ett år. Dette vil med stor sannsynlighet fange opp de flytende obligasjonene. Totalt ble dette gjort for omtrent 205.000 obligasjoner, eller rett under 10% av obligasjonene. Denne fremgangsmåten ga en dekning på 82% av porteføljens markedsverdi. I tilfeller der durasjons- og volatilitetsestimater manglet er disse estimert basert på posisjonene i porteføljen der det allerede finnes data. Ideelt sett burde porteføljen deles opp etter geografiske regioner, størrelse og klimapolitisk relevante sektorer. På grunn av lavt utvalg innenfor enkelte regioner er posisjonene derimot kun delt inn etter CPRS. På grunn av store avvik brukes median som estimat fremfor gjennomsnitt. Resultatene oppsummeres i Tabell 6.

Tabell 6: Estimater på volatilitet i eiendeler og durasjon.

Tabellen viser hvilke parametere som brukes for volatilitet (σ_A) og tid til forfall ($T - t$) i Merton-modellen for selskaper i investeringsporteføljen som mangler dekning i Refinitiv Eikon.

CPRS	Volatilitet i eiendeler	Durasjon (år)
Energy-intensive	35,2 %	3,33
Fossil Coal	35,3 %	4,93
Fossil Gas	44,0 %	5,50
Fossil Oil	51,2 %	5,20
Housing	35,0 %	4,40
Transport	33,9 %	3,99
Utility Electricity Coal	25,3 %	6,84
Utility Electricity Gas	26,1 %	6,62
Utility Electricity Oil	24,3 %	6,91
Utility Electricity Renewables	25,5 %	6,46
Finance	22,8 %	3,69
Other	31,4 %	4,16
<i>Median portefølje</i>	<i>30,5 %</i>	<i>4,33</i>
<i>Gjennomsnitt portefølje</i>	<i>31,7 %</i>	<i>4,81</i>

Volatilitet og tid til forfall er to av de viktigste variablene i Merton-modellen, og vil ha en betydelig påvirkning på resultatet. Det finnes andre måter å estimere disse på enn hvordan det gjøres i denne analysen. Det vil alltid være problematisk at noen av størrelsene i Black-Scholes rammeverket må estimeres. Dette gjelder også for børsnoterte selskaper, med standardavviket til eiendelene. En alternativ fremgangsmåte er å utlede implisitt volatilitet fra Merton-modellen, eller kjørt en regresjon som estimerte selskapets volatilitet på en mer detaljert måte. En slik fremgangsmåte ville trolig funnet implisitt volatilitet for halvparten av de manglende posisjonene. For de resterende posisjonene eksisterer det sannsynligvis ikke nok data til at dette er mulig. En slik fremgangsmåte vurderes derfor som lite realistisk for en portefølje av denne størrelsen, men kan være aktuell i tilfeller der man arbeider med en mindre portefølje.

Reinders et al. (2020) velger å kjøre en regresjonsmodell for å estimere volatilitet i eiendelene med selskapets størrelse, avkastning på eiendeler, forhold mellom gjeld og eiendeler og likviditet som uavhengige variabler. Analysen gjøres for omtrent 1.500 nederlandske selskaper. De utvalgte selskapene er ikke direkte knyttet til porteføljen som analyseres, men ment som et nasjonalt utvalg. Siden porteføljen i denne oppgaven er global, kan ikke deres modell og parametere brukes direkte, og arbeidsmengden med å gjøre tilsvarende analyse for et representativt utvalg globale selskaper ble vurdert som for tidkrevende. Formålet med analysen er å presentere et rammeverk for vurdering av klimarisiko, ikke å presentere nøyaktige koeffisienter på volatilitet og durasjon. Denne delen av oppgaven er ikke en fasit på hvilken fremgangsmåte som bør brukes, men viser hvordan dataen kan anvendes når den er tilgjengelig.

6. Resultater

6.1. Scenarioanalyser

Resultatene fra scenarioanalysen spriker på tvers av modeller og scenarioer, men det finnes observerbare trender. Scenarioer som begrenser global oppvarming til 1,5 °C har en høyere estimert overgangsrisiko enn scenarioer som begrenser global oppvarming til 2 °C. Dette er et intuitivt resultat, ettersom 1,5 °C sannsynligvis vil kreve kraftigere klimatiltak enn 2 °C. Samtidig gir scenarioer med utstrakt bruk av karbonfangst en lavere estimert overgangsrisiko enn sammenlignbare scenarioer med begrenset bruk av karbonfangst. Dette viser at både valg av temperaturmål og valg av teknologi for å nå målet er avgjørende for hvor stor den estimerte overgangsrisikoen er. Det er også avgjørende hvilket utgangspunkt som velges. BaU-scenarioer som viderefører de nasjonalt bestemte bidragene (NDC) i Parisavtalen gir på generell basis en lavere differanse mot overgangsscenarioene, enn scenarioene som kun gjennomfører dagens

tiltak uten å videreføre nye tiltak. Unntaket er ved utstrakt bruk av karbonfangst, som kan føre til at overgangsrisikoen blir høyest fra et utgangspunkt i nåsituasjonen der de nasjonalt bestemte bidragene i Parisavtalen videreføres.

På sektornivå er det også trender på tvers av modeller og scenarioer. Investeringer i fornybar elektrisitetsproduksjon har en positiv estimert overgangsrisiko for både aksjer og obligasjoner. Investeringer i energiintensiv industri, eiendom, transport og utvinning og produksjon av olje har derimot en negativ estimert overgangsrisiko både for aksjer og obligasjoner. Resultatene for de resterende sektorene spriker mellom modellene, men den generelle trenden er at nivået av karbonfangst er en viktig driver for forskjellene. Modellen REMIND-MAGPIE gir negativ estimert overgangsrisiko i alle scenarioer for porteføljen totalt sett, mens modellen MESSAGEix-GLOBIOM gir positiv estimert overgangsrisiko i flere scenariokombinasjoner. Dette kan i mange tilfeller kobles til høye nivåer av karbonfangst i MESSAGEix-GLOBIOM.

Oppsummerende resultater fra scenarioanalysen vises i Tabell 7. Alle resultater presenteres som estimert overgangsrisiko målt i prosent. De analyserte delene av investeringsporteføljen utgjør totalt 47,3 milliarder kroner. Med andre ord vil en verdiendring på 1% i investeringsporteføljen tilsvare 473 millioner kroner. En verdiendring på ett prosentpoeng for aksjeporteføljen og obligasjonsporteføljen utgjør henholdsvis omtrent 43 millioner kroner og 430 millioner kroner.

Tabell 7: Oppsummerende resultater fra scenarioanalysene

Prosenttallene viser estimert overgangsrisiko i kombinasjonen mellom BaU-scenarioer (kolonner) og overgangsscenarioer (rader). Ekstremverdier er merket i fet skrift. Scenarioene beskrives i Vedlegg A.

	REMIND-MAGPIE					
	Totalt		Aksjer		Obligasjoner	
	Current policies	NDCs	Current policies	NDCs	Current policies	NDCs
Immediate 2C with CDR	-0,74 %	-0,54 %	-2,78 %	-2,07 %	-0,51 %	-0,37 %
Immediate 2C with limited CDR	-1,10 %	-0,85 %	-4,09 %	-3,46 %	-0,78 %	-0,57 %
Immediate 1.5C with CDR	-1,11 %	-0,87 %	-3,92 %	-3,24 %	-0,81 %	-0,61 %
Delayed 2C with limited CDR	-1,13 %	-0,82 %	-5,05 %	-4,21 %	-0,70 %	-0,47 %
Delayed 2C with CDR	-0,59 %	-0,39 %	-2,75 %	-2,00 %	-0,36 %	-0,22 %
Immediate 1.5C with limited CDR	-2,30 %	-1,98 %	-8,06 %	-7,18 %	-1,70 %	-1,44 %

	MESSAGEix-GLOBIOM					
	Totalt		Aksjer		Obligasjoner	
	Current policies	NDCs	Current policies	NDCs	Current policies	NDCs
Immediate 2C with CDR	0,41 %	-1,64 %	2,48 %	-13,78 %	0,21 %	-0,40 %
Immediate 2C with limited CDR	-0,47 %	-1,37 %	-3,87 %	-6,37 %	-0,11 %	-0,85 %
Immediate 1.5C with CDR	0,52 %	-0,27 %	3,94 %	-0,01 %	0,19 %	-0,28 %
Delayed 2C with CDR	0,88 %	-1,11 %	4,39 %	-12,87 %	0,53 %	0,10 %
Immediate 1.5C with limited CDR	-0,03 %	-0,79 %	1,11 %	-2,48 %	-0,14 %	-0,60 %

I det øverste panelet i Tabell 7 vises den estimerte overgangsrisikoen for Gjensidiges investeringsportefølje modellert med REMIND-MAGPIE. Alle verdiendringer for både aksjer og obligasjoner, på tvers av alle scenarioer er negative, og ekstremverdiene er markert i fet skrift. Porteføljen som helhet har en verdiendring i intervallet $-0,39\%$ til $-2,30\%$ mellom BaU- og overgangsscenarioene. I absoluttverdi tilsvarer det -185 millioner NOK til -1.089 millioner NOK. Den estimerte overgangsrisikoen er mest negativ i kombinasjonen mellom BaU-scenarioet «Current Policies» og overgangsscenarioet «Immediate 1,5C with limited CDR». Dette er differansen mellom en nåsituasjon der ingen flere klimatiltak gjennomføres, og et overgangsscenario der global oppvarming begrenses til $1,5$ °C. Estimert overgangsrisiko er mest positiv i kombinasjonen mellom «Nationally Determined Contributions» og «Delayed 2C with CDR». Denne kombinasjonen er differansen mellom en nåsituasjon der allerede annonserte klimatiltak gjennomføres og senere videreføres, sammenlignet med et overgangsscenario der global oppvarming begrenses til 2 °C uten begrensninger i bruk av karbonfangstteknologi.

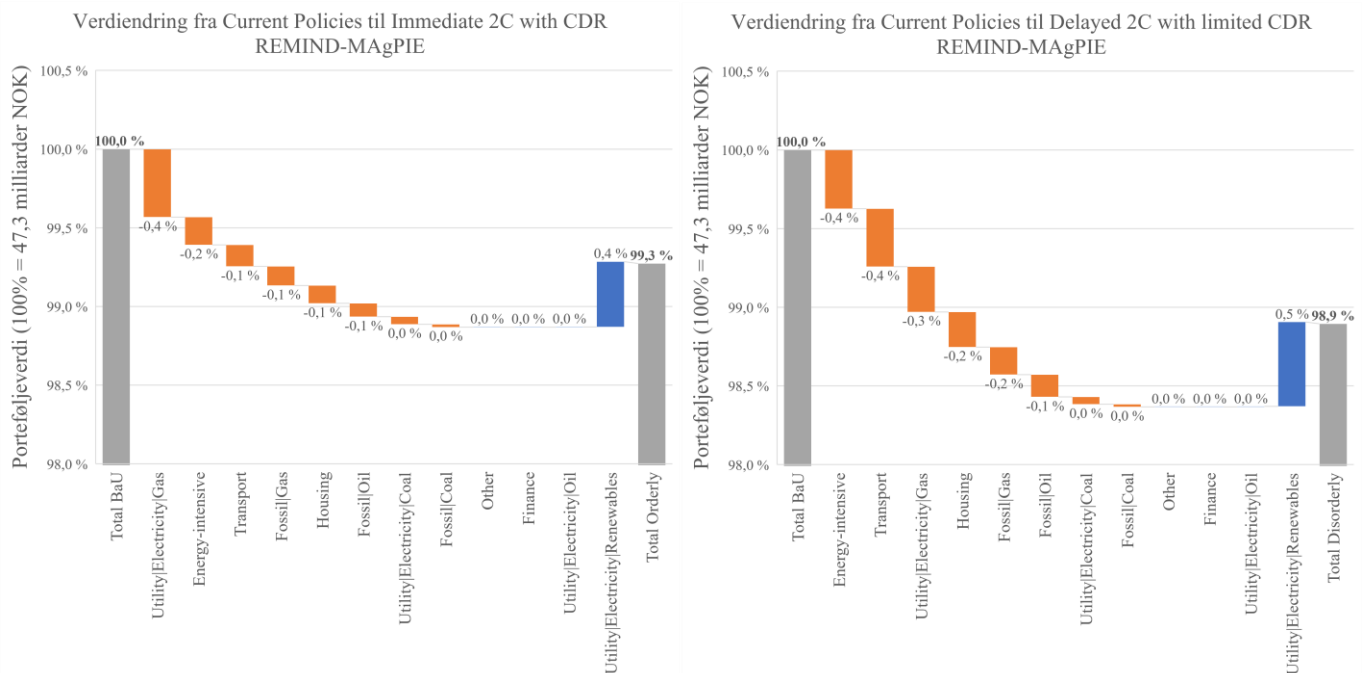
Fra illustrasjonen av NGFS sine scenarioer i Figur 3 kan man se at begge disse sammenhengene er som forventet, ettersom «Current Policies» er det minst strenge BaU-scenarioet, og «Immediate 1,5C with limited CDR» er det strengeste overgangsscenarioet. Kombinasjonen av disse bør derfor maksimere overgangsrisikoen. Tilsvarende er «NDCs» det strengeste BaU-scenarioet, mens «Delayed 2C with CDR» er det minst strenge overgangsscenarioet. Kombinasjonen av disse bør derfor minimere overgangsrisikoen. Man ser også at aksjeporteføljen har en estimert overgangsrisiko i intervallet $-2,00\%$ til $-8,06\%$. Obligasjonsporteføljen har en verdiendring i intervallet $-0,22\%$ til $-1,7\%$. Både aksjer og obligasjoner har ekstremverdier i samme scenariokombinasjoner som den totalporteføljen.

Det nedre panelet i Tabell 7 viser tilsvarende resultater når scenarioene er estimert med klimamodellen MESSAGEix-GLOBIOM. Her har porteføljen som helhet en verdiendring i intervallet $-1,64\%$ til $+0,88\%$. De absolutte endringene er i området -776 millioner NOK til $+417$ millioner NOK. Modellens resultater tilsier at investeringsporteføljen kan treffes både positivt og negativt av overgangsrisiko, avhengig av valgte scenarioer. Den estimerte overgangsrisikoen er høyest i kombinasjonen mellom scenarioene «Nationally Determined Contributions» og «Immediate 2C with CDR». Dette tilsvarer en nåsituasjon der allerede annonserte klimatiltak gjennomføres og videreføres, sammenlignet med et overgangsscenario som begrenser global oppvarming til 2 °C med utstrakt bruk av karbonfangstteknologi. Den

mest positive estimatet på overgangsrisiko finnes i kombinasjonen mellom «Current Policies» og «Delayed 2C with CDR». Med utgangspunkt i Figur 3 er ikke dette det forventede resultatet. Figuren fra NGFS tilsier at kombinasjonene som tidligere er gjennomgått for REMIND-MAgPIE kan forventes å maksimere og minimere overgangsrisikoen. Figuren tilsier at det er flere andre scenariokombinasjoner som bør gi høyere differanse i verdsettelse enn maksimum- og minimumsverdiene fra modellen MESSAGEix-GLOBIOM tilsier. Verdiendringen for aksjeporteføljen ligger for MESSAGEix-GLOBIOM i området $-13,78\%$ til $+4,39\%$. Obligasjonsporteføljen har en verdiendring i området $-0,85\%$ til $+0,53\%$.

Ekstremverdiene for den totale investeringsporteføljen og aksjeporteføljen finnes i de samme kombinasjonene. Obligasjonsporteføljen har derimot det mest negative estimatet på overgangsrisiko i kombinasjonen mellom «Nationally Determined Contributions» og «Immediate 2C with limited CDR». Dette er det mest negative estimatet på overgangsrisiko av alle scenariokombinasjoner for obligasjonsporteføljen. Det er overraskende at det mest negative resultatet kommer i denne kombinasjonen, sett i forhold til tidligere diskusjoner om hva som er forventet fra NGFS i Figur 3. Rent intuitivt er det også vanskelig å forstå at det minst strenge scenarioene skal gi høyest overgangsrisiko. Resultatet skyldes i stor grad en moderat prisutvikling i viktige råvarer det forutsigbare scenarioet, og en svært høy bruk av fossile brensler i BaU-scenarioet. En mulig forklaring er at det i overgangsscenarioet legges opp til utstrakt bruk av karbonfangst. Dette blir ikke like relevant dersom man går ut fra «NDCs» som BaU-scenario, siden det da er god tid til å utvikle fornybare ressurser. Dette overgangsscenarioet bruker også svært høye mengder atomkraft, noe som går på bekostning av både de fornybare- og fossile energikildene som modelleres i denne analysen. Dette tyder på at forskjell i hvilke teknologier det satses på også er en viktig driver i scenarioene.

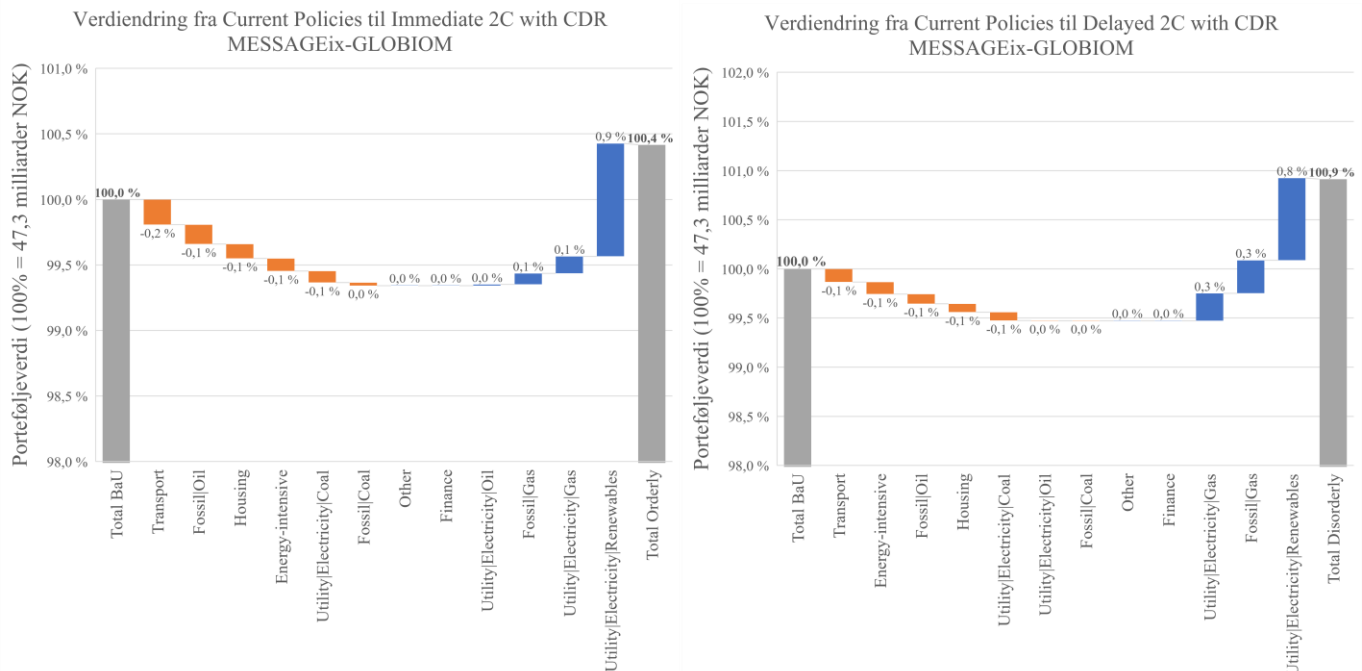
Driverne for forskjellene i resultatene modellert med REMIND-MAgPIE og MESSAGEix-GLOBIOM ble diskutert i kapittel 5.1. Det vurderes at den aller viktigste driveren er hvor mye karbonfangst scenarioene og modellene tillater. Begge modellene bruker samme forutsetninger og estimer, slik at valg tatt i denne analysen ikke skal påvirke retningene på resultatet. Scenarioene er også like, og det skal derfor utelukkende være modellenes ulike oppbygning og valg som driver forskjellene.



Venstre panel viser broforbindelsen mellom BaU-scenariet «Current Policies» og Orderly-scenariet «Immediate 2C with CDR». Høyre panel viser broforbindelsen fra «Current Policies» til Disorderly-scenariet Delayed 2C with limited CDR». Begge paneler er modellert med REMIND-MAGPIE.

Figur 15: Broforbindelse mellom porteføljeværdi i BaU og overgangsscenarioene, modellert med REMIND-MAGPIE.

I Figur 15 vises en broforbindelse mellom markedsværdien av investeringsporteføljen i et BaU-scenario og i de to representative overgangsscenarioene. Figurene viser hvilke sektorer som driver verdiendringene i porteføljen, estimert med modellen REMIND-MAGPIE. Det er kun fornybar elektrisitetsproduksjon som gir en positiv verdiendring i scenarioene. Alle andre klimapolitisk relevante sektorer gir et negativt bidrag, spesielt elektrisitetsproduksjon med naturgass og energiintensive sektorer. Dette skyldes at investeringsporteføljen har en relativt høy eksponering mot disse sektorene ifølge data fra Asset Resolution, og at de treffes forholdsvis hardt av overgangen til et lavutslippssamfunn. Estimert overgangsrisiko er –345 millioner NOK (–0,74 %) i det venstre panel og –527 millioner NOK (–1,13%) i høyre panel.



Venstre panel viser broforbindelsen mellom BaU-scenariet «Current Policies» og Orderly-scenariet «Immediate 2C with CDR». Høyre panel viser broforbindelsen fra «Current Policies» til Disorderly-scenariet «Delayed 2C with CDR». Begge paneler er modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

Figur 16: Broforbindelse mellom porteføljeværdi i BaU og overgangsscenarioene, modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

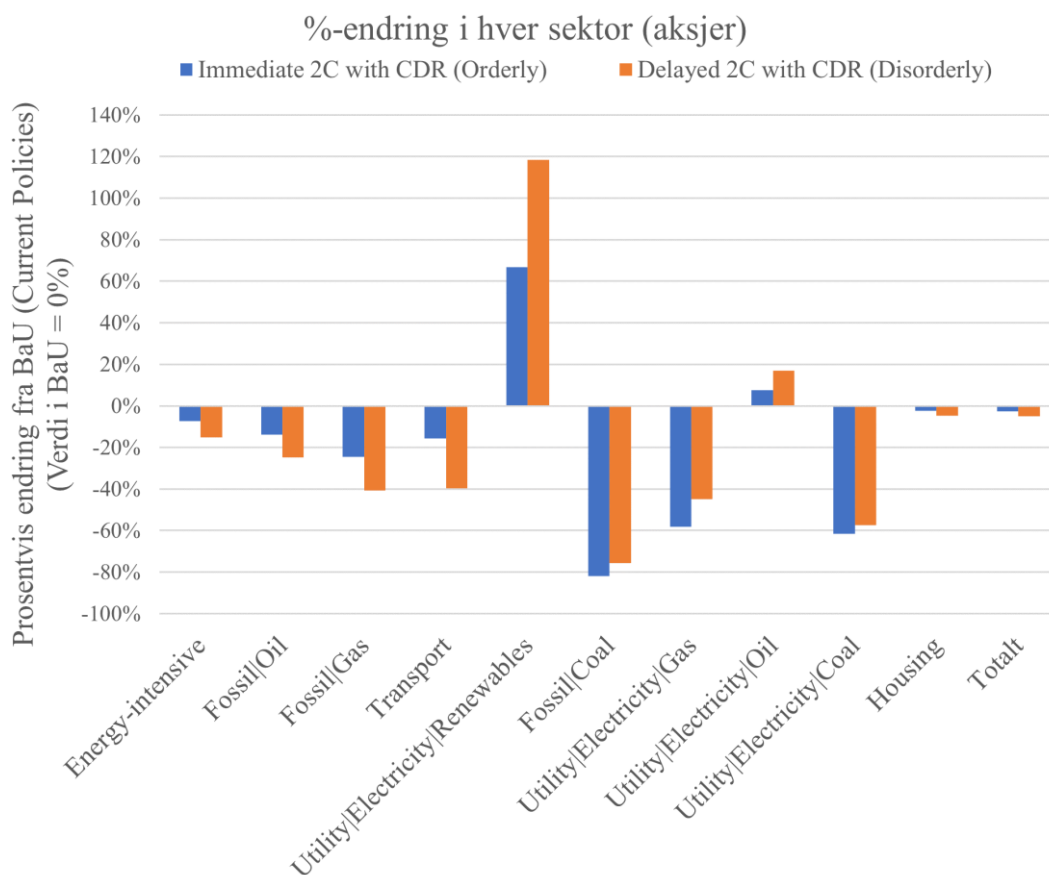
I Figur 16 vises broforbindelsen når analysen gjøres med modellen MESSAGEix-GLOBIOM. Til forskjell fra i resultatene fra modellen REMIND-MAGPIE er det flere sektorer som bidrar positivt til verdiendringen. Det er verdt å huske at de uforutsigbare scenarioene er forskjellige, ettersom MESSAGEix-GLOBIOM ikke estimerer det representative scenarioet fra NGFS. Derfor brukes heller scenarioet «Delayed 2C with CDR». Den største forskjellen er at det uforutsigbare scenarioet estimert med modellen MESSAGEix-GLOBIOM tillater høyere bruk av karbonfangst enn scenarioet som brukes med modellen REMIND-MAGPIE. På sektornivå er det særlig elektrisitetsproduksjon og utvinning av naturgass som bidrar positivt. Dette skyldes en modellert inntektsvekst fra økte markedsandeler i tiden frem mot 2050. Estimert overgangsrisiko er +203 millioner NOK (+0,41%) i panelet til venstre +438 millioner NOK (+0,88%) i panelet til høyre. Om Figur 15 og Figur 16 sammenlignes ser man at de to klimamodellene gir sammenlignbare resultater for sektorene som ikke anvender karbonfangst.

I resultatene fra modellen MESSAGEix-GLOBIOM er det også noen større forskjeller mellom det forutsigbare og det uforutsigbare scenarioet. Generelt sett er de negative bidragene langt mindre i det uforutsigbare scenarioet enn det forutsigbare scenarioet, noe som kan tilskrives

høyere bruk av karbonfangst i det uforutsigbare scenarioet. I teorien er det forventet at det uforutsigbare scenarioet skal ha høyere overgangsrisiko enn det forutsigbare scenarioet, slik tilfellet er med modellen REMIND-MAgPIE. Dette skyldes at sektorene ikke får den samme tiden til å forberede seg på tiltak, og at tiltakene i teorien må bli sterkere. Med økt bruk av karbonfangst kan resultatet derimot bli motsatt. En utsatt overgang til lavutslippssamfunn kan innebære at fornybare løsninger ikke er teknologisk modne, slik at karbonfangst blir et av få realistiske alternativ, og at høyutslippssektorer møter en høyere etterspørsel.

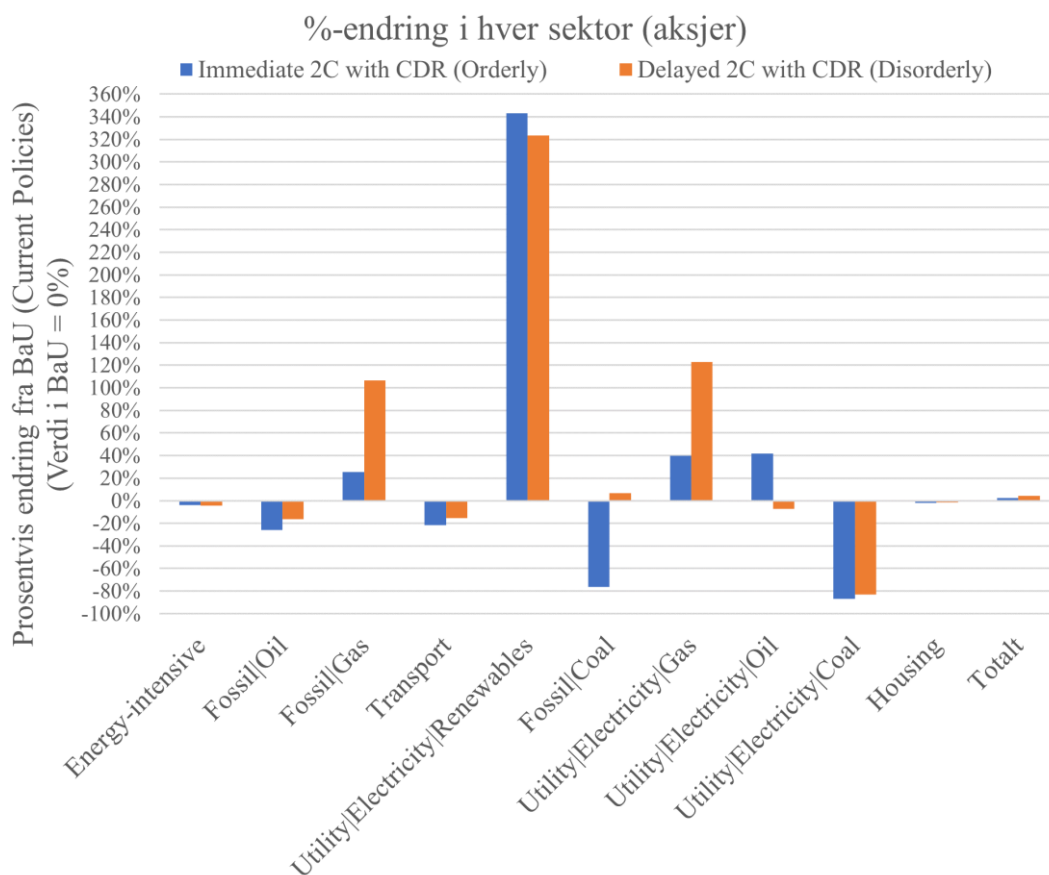
6.1.1. Investeringer i aksjer

Finansiell teori tilsier at investeringer i aksjer er mer risikable enn investeringer i obligasjoner. Aksjeporteføljen bør derfor treffes hardere av overgangsrisiko enn obligasjonsporteføljen. I Figur 17 vises estimert overgangsrisiko for aksjeinvesteringer i hver klimapolitisk relevant sektor, estimert med modellen REMIND-MAgPIE. Flere av de fossile sektorene er tilnærmet verdiløse i overgangsscenarioene sammenlignet med i BaU. Dette gjelder særlig utvinning og produksjon av kull, der verdien i overgangsscenarioene er omtrent 20% av verdien i BaU. De fleste sektorene har negative verdiendringer på mellom –10% og –50%. En uventet effekt er de positive verdiendringene i elektrisitet produsert med olje. Dynamikkene for denne sektoren er forklart i detalj i Vedlegg L og skyldes marginale endringer i elektrisitetspris og korte tidshorisonter. Investeringer i fornybar elektrisitetsproduksjon kommer svært positivt ut av overgangen. I det uforutsigbare scenarioet er disse mer enn dobbelt så mye verdt som i BaU-scenarioet der det ikke legges opp til klimatiltak utover hva som allerede er vedtatt.



Figur 17: Prosentvis endring for aksjeporteføljen fordelt på klimapolitisk relevante sektorer. Modellert med REMIND-MAGPIE.

Analysen viser også at de fleste sektorene har større verdiendringer i det uforutsigbare scenarioet enn det forutsigbare scenarioet. Det er kun sektorene knyttet til naturgass og kull som treffes svakere i det uforutsigbare scenarioet enn det forutsigbare scenarioet. Dette er sektorer som i NGFS sine scenarioer ofte anvender mye karbonfangst både i en forutsigbar og uforutsigbar overgang. Effektene fra karbonfangst blir i dette tilfellet overdøvet av høye produksjonsvolum og priser frem til 2030.



Figur 18: Prosentvis endring for aksjeporteføljen fordelt på klimapolitisk relevante sektorer. Modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

I Figur 18 vises tilsvarende resultater for aksjeporteføljen, estimert med modellen MESSAGEix-GLOBIOM. Figuren domineres ved første øyekast av endringene i fornybar elektrisitetsproduksjon, som har en verdiendring på over 300% i begge overgangsscenarioene sammenlignet med BaU. Samtidig er det også store negative endringer innen sektorene som kan knyttes til kull, der elektrisitetsproduksjonen i det forutsigbare scenarioet har en verdiendring på -87% . Utvinning av kull treffes også hardt, men kun i det forutsigbare scenarioet. I det uforutsigbare scenarioet får utvinning av kull en positiv verdiendring som følge av et høyt konsum av kull der det er anvendt karbonfangst i utvinningen. Det samme gjelder elektrisitetsproduksjon og utvinning av naturgass. Investeringer i utvinning og produksjon av olje treffes svakere enn med modellen REMIND-MAGPIE. Dette skyldes først og fremst at sektoren har en høy produksjon, tilsvarende 50–70% av 2020-nivået frem til 2050.

Det er verdt å merke seg at selv om de prosentvise endringene innad i sektorene er kraftige, er endringene i markedsverdi for aktivaklassen moderat. Om man sammenligner effektene fra

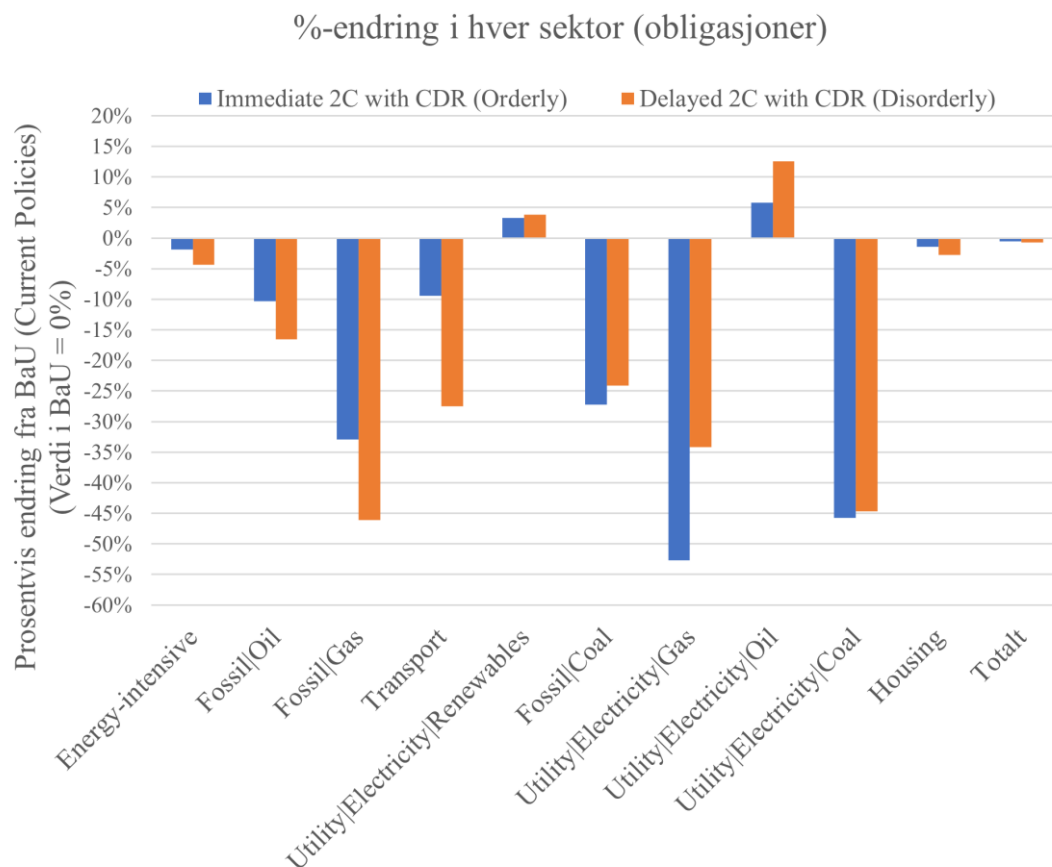
Figur 17 og Figur 18 med broforbindelsene i Figur 15 og Figur 16, ser man at mange av sektorene med høye prosentvise endringer har lav innflytelse på porteføljen som helhet. For eksempel gir ikke elektrisitet produsert med olje noen reell verdiendring i porteføljen, selv om de prosentvise endringene er store. Verdiendringer for aksjeporteføljen som helhet befinner seg i området $-13,8\%$ til $+4,4\%$ estimert med modellen MESSAGEix-GLOBIOM og $-8,1\%$ til $-2,0\%$ estimert med modellen REMIND-MAgPIE. Forskjellen skyldes at MESSAGEix-GLOBIOM modellerer at flere sektorer kommer positivt ut av overgangen, samtidig som de resterende sektorene ikke treffes like negativt som når de modelleres med REMIND-MAgPIE. Dette kommer i stor grad fra bruken av karbonfangst i MESSAGEix-GLOBIOM.

6.1.2. Investeringer i obligasjoner

Obligasjonsinvesteringer kjennetegnes av at de garanterer en viss avkastning, gitt at selskapet har betalingsevne. Dersom selskapene leverer gode resultater, har obligasjonsinvestoren fremdeles kun krav på det avtalte beløpet. I teorien tilsier dette at obligasjonsinvestorer bør få en svært begrenset andel av den potensielle oppsiden fra overgangen til et lavutslippssamfunn, samtidig som de må bære deler av nedsiderisikoen. En kan derfor forvente at verdiendringene er lavere i denne delen av analysen. Dersom selskapet eller sektoren går konkurs, vil også obligasjonsinvestorene få store tap.

I Figur 19 vises resultatene for obligasjonsinvesteringene estimert med modellen REMIND-MAgPIE. Kun to sektorer får estimert positive sjokkfaktorer. Dette er elektrisitetsproduksjon med fornybare energikilder og elektrisitetsproduksjon med olje. De positive verdiendringene skyldes en reduksjon i sannsynligheten for mislighold som følge av at eiendelene øker i verdi, noe som øker avstanden til misligholdsbarrieren $\left(\frac{V_t}{K}\right)$ i Merton-modellen i Figur 2. Årsaken til den svakt positive verdiendringen på investeringer i selskaper som driver fornybar kraftproduksjon er relativt intuitiv. Verdiendringen på obligasjonene fra elektrisitetsproduksjon med olje er mindre åpenbar. I porteføljen skyldes den positive verdiendringen her først og fremst at utvalget er svært lavt. Det er 60 posisjoner som utgjør totalt NOK 11,4 millioner og har en total verdiendring på 0,6–1,4 millioner NOK i de representative overgangsscenarioene. Av de 60 posisjonene har 12 posisjoner en modellert sannsynlighet for mislighold på over 30% i BaU. Denne reduseres i de fleste tilfeller til under 20% i overgangsscenarioene. Disse 12 posisjonene står alene for omtrent 90% av de totale verdiendringene i sektoren. Modellen anser med andre ord investeringene som risikable i BaU, og mener det ikke er sannsynlig at investoren mottar det avtalte beløpet. Sannsynligheten for at man mottar avtalt beløp øker i

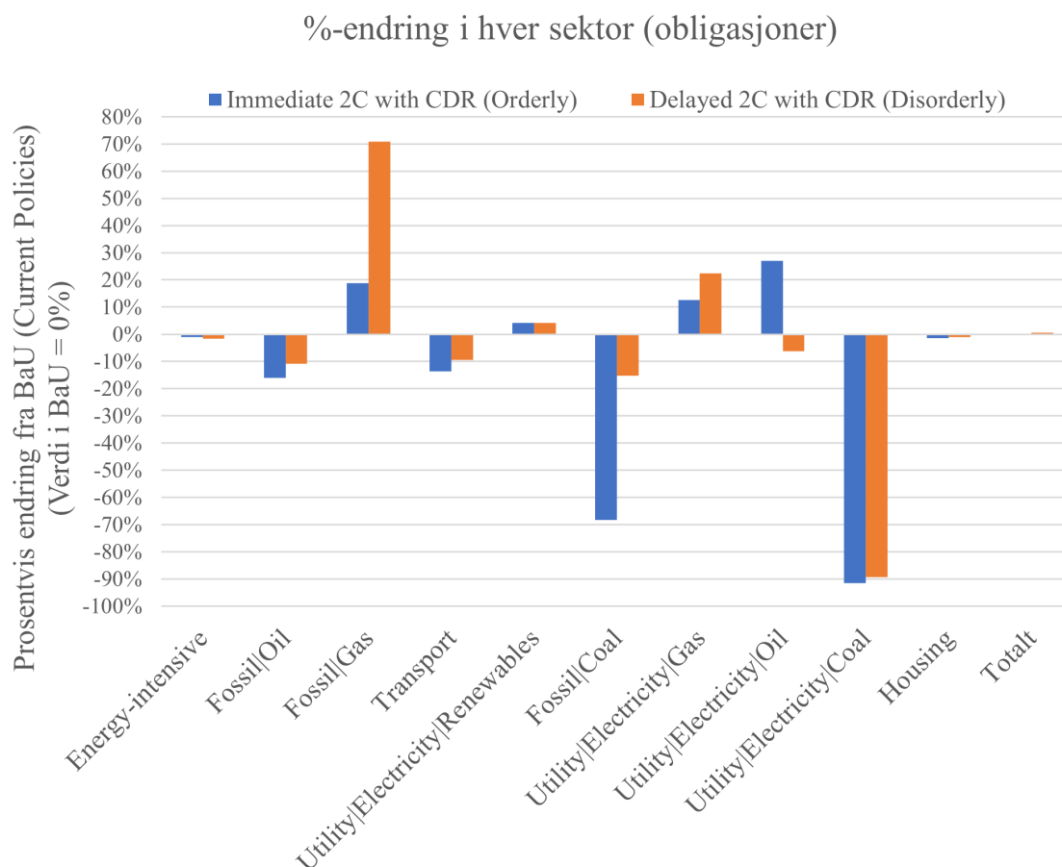
overgangsscenarioene når verdien på eiendelene øker, fordi selskapets resultater øker. Dynamikkene innen fornybar energi er de samme, men mindre ekstreme fordi selskapene har en større avstand til misligholdsbarrieren i BaU. De positive verdiendringene bør først og fremst tolkes som at tapet reduseres.



Figur 19: Prosentvis endring for obligasjonsporteføljen fordelt på klimapolitisk relevante sektorer. Modellert med REMIND-MAGPIE.

De resterende sektorene har negativ estimert overgangsrisiko i alle overgangsscenarioene. Fordelingen av hvilke sektorer som treffes hardt av overgangsrisiko er stort sett lik som for aksjer. Naturgass og kull har verdiendringer i området -30% til -53% . Investeringer i utvinning av olje treffes ikke veldig hardt, sett opp mot andre sektorer. I de representative scenarioene er verdiendringen -2% til -4% . For obligasjonsinvesteringene er det et stort avvik mellom hvilke sektorer som har størst relativ verdiendring og hvilke som har størst betydning for verdiendringen i porteføljen. Investeringer i eiendom er store, og får stor innvirkning på resultatet selv om verdiendringene er små. Det samme gjelder transport og sektorene knyttet til naturgass. For investeringer i elektrisitetsproduksjon med olje er det derimot store prosentvise

endringer, men disse har en marginal betydning for porteføljens markedsverdi, slik det vises både i Figur 15 og i søylen «Totalt» i Figur 19 og Figur 20.

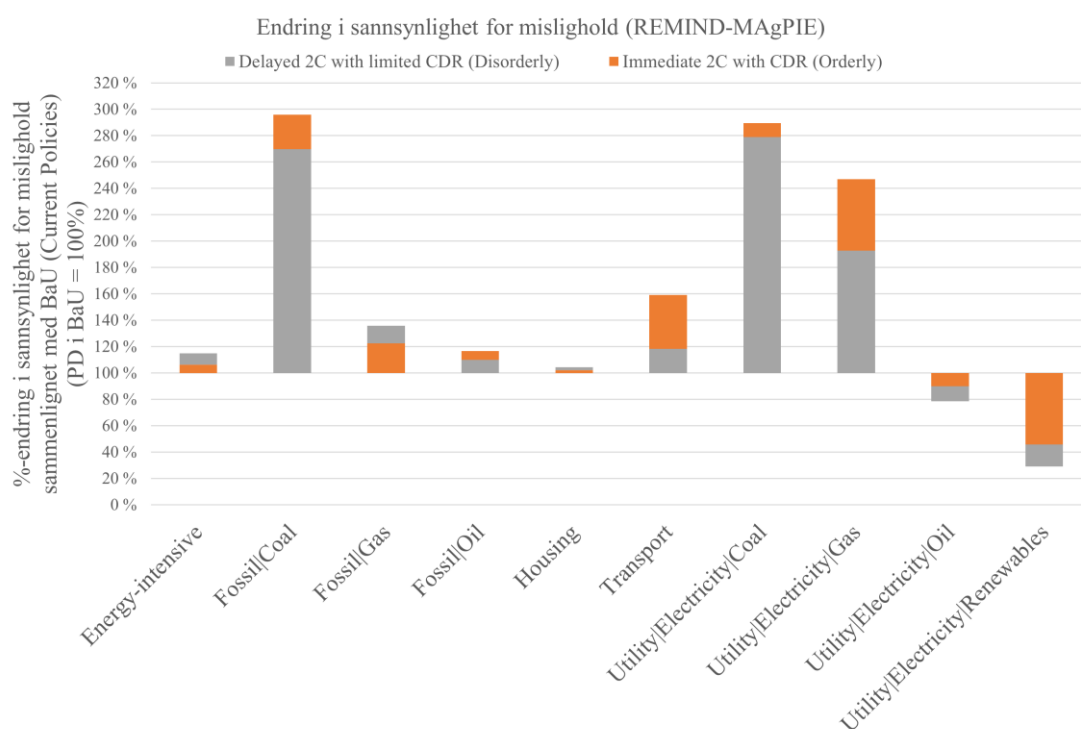


Figur 20: Prosentvis endring for obligasjonsporteføljen fordelt på klimapolitisk relevante sektorer, modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

Resultatene for obligasjonsporteføljen estimert med MESSAGEix-GLOBIOM vises i Figur 20. Disse resultatene skiller seg fra resultatene modellert med REMIND-MAgPIE ved at totalt fire sektorer har positive verdiendringer i scenarioene. Dette gjelder elektrisitetsproduksjon med olje, gass og fornybare energikilder, samt utvinning og produksjon av naturgass. Driverne er her de samme som nevnt for REMIND-MAgPIE. Selskapene har en høy sannsynlighet for mislighold i BaU. Når selskapet i overgangsscenarioene får en positiv sjokkfaktor på eiendelene reduseres den modellerte sannsynligheten for mislighold kraftig, slik at investoren kan forvente å få tilbake en høyere andel av pålydende.

De prosentvise endringene i Figur 20 viser forskjellen mellom BaU og overgangsscenarioene. For elektrisitetsproduksjon med olje er verdien av obligasjonene er under par i begge tilfeller,

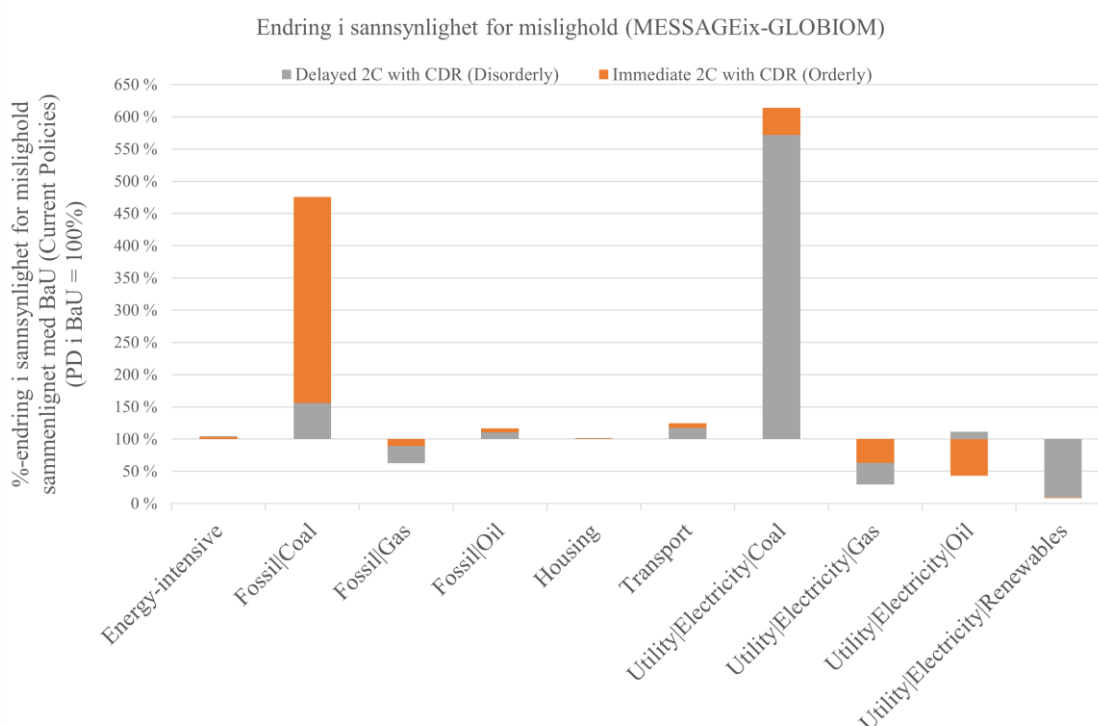
men nærmere par i overgangsscenarioene enn i BaU. Dette er samme dynamikk som ble beskrevet for REMIND-MAGPIE, og gir en positiv verdiendring. De positive sjokkfaktorene i seg selv skyldes for olje tilfeldigheter som gjennomgås i Vedlegg L, mens det for gass skyldes karbonfangst. Verdien på obligasjonene innen fornybar elektrisitetsproduksjon drives på en annen side av et stadig større marked. MESSAGEix-GLOBIOM er strengt mot sektorer tilknyttet kull, og mener at verdsettingen i overgangsscenarioene kan være –92% sammenlignet med BaU. Dette gjelder både for en uforutsigbar og en forutsigbar overgang. For utvinning og produksjon av kull er effekten noe svakere, men fremdeles –70% i det forutsigbare scenarioet.



Figur 21: Endring i sannsynlighet for mislighold i overgangsscenarioene sammenlignet med BaU, modellert med REMIND-MAGPIE.

En oversikt over endringen i sannsynligheten for mislighold på tvers av sektorene kan sees i Figur 21 for REMIND-MAGPIE og Figur 22 for MESSAGEix-GLOBIOM. En økning i sannsynlighet for mislighold er med på å redusere den estimerte verdien av obligasjonen. I Figur 21 illustreres dette for blant annet for produksjon og utvinning av kull, der sannsynligheten for mislighold øker i begge overgangsscenarioer, men mest i scenarioet med ordnet overgang. Det samme illustreres i Figur 22 med modellen MESSAGEix-GLOBIOM, men her øker sannsynligheten for mislighold mest i scenarioet med uforutsigbar overgang. En reduksjon i

sannsynlighet for mislighold kan øke verdien av obligasjonen, dersom sannsynligheten for mislighold er høy i utgangspunktet. Dette skjer i begge figurer for elektrisitetsproduksjon med fornybar energi, og er med på å forklare den svakt positive verdiendringen i denne sektoren. Her er sannsynligheten for mislighold lav i utgangspunktet, slik at markedsverdien av obligasjonen kun øker marginalt. For elektrisitetsproduksjon med olje er sannsynligheten for mislighold derimot høy. Da vil en reduksjon i sannsynligheten for mislighold bidra til at markedsverdien av obligasjonen stiger kraftig.



Figur 22: Endring i sannsynlighet for mislighold i overgangsscenarioene sammenlignet med BaU, modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

Obligasjonsporteføljen vurdert med sjokkfaktorene fra modellen REMIND-MAgPIE har som helhet en negativ verdiendring i scenarioene i området $-1,70\%$ til $-0,22\%$. For modellen MESSAGEix-GLOBIOM er tilsvarende tall $-0,85\%$ til $+0,53\%$.

Som nevnt tidligere bør scenarioanalyser først og fremst anvendes for å identifisere trender på tvers av modeller og scenarioer. Analysen av investeringsporteføljen viser at valg av scenario er helt avgjørende for sluttresultatet. Dette gjelder både valg av BaU-scenario og overgangsscenarioer. På generell basis gir «Current Policies» et høyere estimat på overgangsrisiko enn de nasjonalt bestemte bidragene til Parisavtalen, «NDCs», som BaU-

scenario. Dette tilsier at BaU-scenarioer med svake klimatiltak gir høyere overgangsrisiko enn BaU-scenarioer med kraftigere klimatiltak. Det finnes unntak i kombinasjonen mellom «NDCs» og scenarioer med ustrakt bruk av karbonfangst, som kan gi en svært høy overgangsrisiko. Dette skyldes trolig ulik teknologisk satsning i BaU sammenlignet med overgangsscenarioene. Samtidig gir overgangsscenarioene med mål om å begrense global oppvarming til 2 °C et lavere estimat på overgangsrisiko enn overgangsscenarioer med mål om å begrense global oppvarming til 1,5 °C. Dette tilsier at overgangsrisikoen øker dersom det settes strengere begrensninger på maksimal temperaturendring. Samtidig viser analysen at overgangsscenarioer med utstrakt bruk av karbonfangst (CDR) som klimatiltak har lavere overgangsrisiko enn tilsvarende overgangsscenarioene som begrenser bruken av karbonfangst. Dette ser man ved å sammenligne effektene fra scenarioet «Immediate 1,5C with CDR» mot «Immediate 1,5C with limited CDR» og skyldes at karbonfangst anvendes av sektorer som porteføljen allerede er høyt eksponert mot, noe som reduserer overgangsrisikoen i sektorene som ellers treffes hardest.

Inntektene fra fornybar elektrisitetsproduksjon er konsekvent høyere i overgangsscenarioer enn i BaU-scenarioene. Dette gir en positiv sjokkfaktor som øker verdien av investeringer i denne sektoren. Investeringene i fornybar elektrisitetsproduksjon bidrar i alle scenarioer til å redusere overgangsrisikoen i Gjensidiges portefølje. På den andre siden faller inntektene i alle overgangsscenarioer i sektorene for energiintensiv industri, utvinning og produksjon av olje, transport, eiendom og elektrisitetsproduksjon med kull. De reduserte inntektene i overgangsscenarioene gir negative sjokkfaktorer som reduserer verdien på investeringene og øker overgangsrisikoen i investeringsporteføljen. Resultatene for de resterende klimapolitisk relevante sektorene avhenger av hvor mye karbonfangst som tillates i overgangsscenarioene. Mengden karbonfangst og tidspunkt for oppstart av tiltak avgjør ofte om sjokkfaktoren blir positiv eller negativ, og derav også om sektoren får en positiv eller negativ estimert overgangsrisiko i overgangsscenarioet. På mer generell basis ser man at alle sektorer som har positive sjokkfaktorer også har positiv overgangsrisiko, og alle sektorer med negative sjokkfaktorer har negativ estimert overgangsrisiko. Selskapsspesifikke faktorer som diskonteringsrate, kapitalstruktur, volatilitet og tid til forfall endrer aldri retningen på sjokkfaktoren, men påvirker størrelsen på den estimerte overgangsrisikoen.

Klimamodellen MESSAGEix-GLOBIOM har høyere bruk av karbonfangst enn klimamodellen REMIND-MAGPIE. Konsekvensen av dette er at de to klimamodellene kan gi vidt forskjellige

sjokkfaktorer for overgangsscenarioer der forutsetningene fra scenarioene er like. Begge modellene når målene scenarioene legger opp til, men med vidt forskjellige fremgangsmåter. Dette skyldes ulike kostnadsparametere og begrensninger i de to modellene, som gjør at de velger ulike nivåer av karbonfangst. Analysen identifiserer dette som den viktigste driveren for differansen i resultat mellom de to klimamodellene.

Aamaas et al. (2019) presenterer kravene Miljødirektoratet har til negative utslipp i overgangsscenarioer. Disse ble diskutert i kapittel 5.1.4, og viste at ingen av scenarioene fra NGFS estimert med modellen MESSAGEix-GLOBIOM kommer gjennom disse kravene. Mye kan tyde på at resultatene fra denne klimamodellen ville blitt tolket som irrelevant for utforming av norske klimatiltak. Det samme gjelder de to overgangsscenarioene med utstrakt bruk av karbonfangst og umiddelbar og forutsigbar innsats, estimert med modellen REMIND-MAGPIE. Dersom Miljødirektoratets krav legges til grunn ved tolkning av resultatene, så endres bildet. Ingen av resultatene estimert med MESSAGEix-GLOBIOM ville vært gyldige, slik at positive estimater på overgangsrisiko ikke ville inntruffet i noen scenarioer for aksjer, obligasjoner eller porteføljen som helhet. Dette ville også ført til at den estimerte overgangsrisikoen alltid er høyest når overgangsrisiko estimeres fra et BaU-scenario uten videre tiltak sammenlignet med et BaU-scenario som viderefører de nasjonalt bestemte bidragene til Parisavtalen.

Tabell 8: Scenarioer som overholder Miljødirektoratets krav til karbonfangst

Scenarioene overholder Miljødirektoratets krav om maksimalt 12 Gt CO₂/år i karbonfangst i 2100, og maksimalt 500 Gt CO₂ total karbonfangst innen 2100. Gjenværende scenarioer har karbonfangst i på 7,3–8,8 Gt CO₂/år i 2100. Ekstremverdier vises i fet skrift.

	REMIND-MAGPIE					
	Totalt		Aksjer		Obligasjoner	
	Current policies	NDCs	Current policies	NDCs	Current policies	NDCs
Immediate 2C with limited CDR	-1,10 %	-0,85 %	-4,09 %	-3,46 %	-0,78 %	-0,57 %
Delayed 2C with limited CDR	-1,13 %	-0,82 %	-5,05 %	-4,21 %	-0,70 %	-0,47 %
Delayed 2C with CDR	-0,59 %	-0,39 %	-2,75 %	-2,00 %	-0,36 %	-0,22 %
Immediate 1.5C with limited CDR	-2,30 %	-1,98 %	-8,06 %	-7,18 %	-1,70 %	-1,44 %

Scenariokombinasjonene som overholder kravene fra Miljødirektoratet vises i Tabell 8, og har estimerte overgangsrisikoer som konsekvent er mer negativ i scenarioer med lav bruk av karbonfangst, sammenlignet med scenarioene som ikke begrenser karbonfangst. Scenarioene som begrenser global oppvarming til 1,5 °C har også en konsekvent mer negativ estimert overgangsrisiko enn tilsvarende scenarioer som begrenser global oppvarming til under 2 °C.

For investeringsporteføljen som helhet er den estimerte overgangsrisikoen i intervallet $-2,30\%$ til $-0,39\%$. I absolutte beløp tilsvarer et intervall fra -1.089 millioner kroner til -185 millioner kroner. Aksjeporteføljen har verdiendringer i intervallet $-8,06\%$ til $-2,00\%$, tilsvarende mellom -351 millioner kroner til -87 millioner kroner. Obligasjonsporteføljen har verdiendringer i intervallet $-1,70\%$ til $-0,22\%$. Dette tilsvarer et intervall fra -731 millioner kroner til -95 millioner kroner. Dette tilsier at opp mot 39% av tapene kan komme fra aksjeporteføljen, selv om aksjeeksponeringen kun utgjør 10% av investeringsporteføljen.

6.1.3. Eksempel: Equinor ASA

Metoden for å verdsette aksjer og obligasjoner i klimascenarioene er omfattende. For å gjøre det lettere å se hvordan Merton-modellen og dataen fra klimascenarioene kombineres, presenterer dette delkapittelet en fullverdig scenarioanalyse av Equinor, etter fremgangsmåten fra kapittel 4.2. Scenarioanalysen av investeringsporteføljen i Gjensidige er i praksis en sammensetning av over 5.000 slike analyser.

Equinor er en av Europas største olje- og gassprodusenter og en svært sentral del av det norske kapitalmarkedet. Equinor utgjør $15\text{--}20\%$ av hovedindeksen på Oslo Børs, og er blant Nordens største børsnoterte selskaper. Inntektsfordelingen i Tabell 3 viser at Equinor i Asset Resolution sin database ved utgangen av 2018 var oppført med en inntektsfordeling på $51,3\%$ fra naturgass og $48,7\%$ fra olje. Som forklart i eksempelet med Ørsted i delkapittel 4.2 vil Equinor bli behandlet som to separate selskaper i verdsettingen basert på inntektsstrømmene. Inndelingen vises i Tabell 9. For enkelthets skyld kalles disse selskapene heretter Equinor Gas og Equinor Oil. Estimat på volatilitet i eiendeler hentes fra Refinitiv Eikon og er $28,8\%$. Risikofri rente settes til $1,5\%$. WACC settes til $7,51\%$ basert på sektorestimatet. Estimatet på tid til forfall for Equinors gjeld er $6,46$ år, basert på Equinors utestående obligasjoner.

Tabell 9: Oppdeling av Equinor til to fiktive selskaper for hver inntektskilde.

Millioner USD	Equinor Gas (51,3% av Equinor)	Equinor Oil (48,7% av Equinor)	Equinor ASA
Total gjeld (L_t)	19.553	18.562	38.115
Totalkapital (V_t)	59.400	62.572	121.972

Sjokkfaktoren ε er funnet ved å analysere oljemarkedet i NGFS-scenarioene. Resultatene for de ulike scenarioene viser at dersom utviklingen i oljemarkedet følger forutsetningene som settes i scenarioet vil den gjenværende verdien av oljeselskapers aksjer og obligasjoner reduseres.

Variablene som anvendes fra NGFS-scenariene for å regne ut sjokkfaktoren er beskrevet i Vedlegg B. Ved å ta utgangspunkt i variabelen konsum av olje som primær energi, spesifisert til EJ og en indeksert oljepris kan en finne ut hvordan det totale oljemarkedet utvikler seg i størrelse over tid. Energikildene til primær energi i hvert scenario vises i Figur 8. Ved å multiplisere prisen for olje med konsumet av olje får man et estimat på de globale inntektene fra oljevirkosomhet. Fremgangsmåten vises i Tabell 10 og Tabell 11.

Tabell 10: Anvendte variabler fra NGFS-scenariene for oljeutvinning- og produksjon.

ID	Variabel	Beskrivelse
OilCCS _t	Primary Energy Oil w/ CCS	Konsum av olje med CCS-teknologi (EJ/år)
OilNOCCS _t	Primary Energy w/o CCS	Konsum av olje uten CCS-teknologi (EJ/år)
IndexOil _t	Price Primary Energy Oil Index	Pris på råolje relativt til 2020.
PriceCarbon _t	Price Carbon	Pris på CO ₂ -utslipp (US\$2010/tCO ₂ e)

Tabell 11: Utdrag fra utregninger i verdsettelsen av oljedivisjonen i Equinor ASA.

Forutsetninger: Oljepris i 2020 = 55 USD/BOE. Konverteringsfaktor for EJ til BOE = 163.452.109. EBIT-margin: 11,2%. WACC = 7,5%.

	2020	2025
Oljepris (USD/BOE)	55 * IndexOil ₂₀₂₀	55 * IndexOil ₂₀₂₅
Produksjon (BOE)	(OilCCS ₂₀₂₀ + OilNOCCS ₂₀₂₀) * 163.452.109	(OilCCS ₂₀₂₅ + OilNOCCS ₂₀₂₅) * 163.452.109
Inntekter (USD)	Oljepris ₂₀₂₀ * Produksjon ₂₀₂₀	Oljepris ₂₀₂₅ * Produksjon ₂₀₂₅
EBIT (USD)	11,2% * Inntekter ₂₀₂₀	11,2% * Inntekter ₂₀₂₅
Nåverdi av justert resultat	$\frac{EBIT_{2020}}{(1,075)^{2020-2019}}$	$\frac{EBIT_{2025}}{(1,075)^{2025-2019}}$

EBIT anvendes som resultatmål. Dette skyldes at kostnaden for utslipp for et selskap som Equinor vil komme før inntektsskatt og finansposter i regnskapet, samtidig som det trolig ikke vil påvirke nedskrivninger og avskrivninger nevneverdig. Den anvendte EBIT-marginen er 11,2%, og er et markedsverdivektet gjennomsnitt av marginene til alle oljeselskaper i porteføljen, slik det ble beskrevet i kapittel 5.4.

Resultatene settes inn i en nåverdianalyse, som følger gangen i Tabell 11. Ved å multiplisere oljeprisen med produksjonen i scenarioet får man et estimat på totale inntekter i oljemarkedet. Når dette multipliseres med en EBIT-marginen kommer man frem til total EBIT for markedet.

I overgangsscenarioene er denne justert for endringer i produksjonsvolum, pris og utslippkostnader fra en global CO₂-pris. Ved å regne netto nåverdi av EBIT for alle år frem til 2100 kan verdien av markedet sammenlignes på tvers av scenarioer. Forholdet mellom verdien i overgangsscenarioet og BaU gir sjokkfaktoren ϵ , som er den eneste forskjellen mellom BaU og overgangsscenarioet. I Tabell 12 vises verdsettningen av Equinors aksjer og obligasjoner i alle overgangsscenarioer sammenlignet med BaU-scenarioene.

Tabell 12: Verdsettelse av oljedivisjonen i Equinor ASA

Prosenttallene viser gjenværende verdi i overgangsscenarioet sammenlignet med BaU ($\frac{\Delta MV_{\text{Overgang}}}{\Delta MV_{\text{BaU}}}$). Ekstremverdier er markert i fet skrift. Scenariot «Delayed 2C with limited CDR» estimeres ikke med MESSAGEix-GLOBIOM.

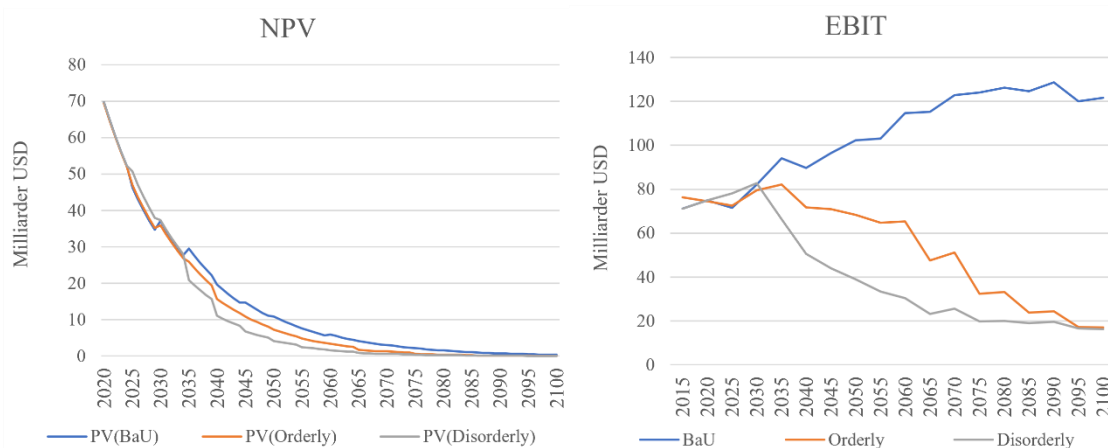
		Obligasjoner					
		Orderly			Disorderly		
		Overgang	Immediate 2C with CDR	Immediate 2C with limited CDR	Immediate 1,5C with CDR	Delayed 2C with CDR	Delayed 2C with limited CDR
REMIND- MAGPIE	Current Policies	93,82 %	89,58 %	85,69 %	92,87 %	89,20 %	72,82 %
	NDCs	93,84 %	89,60 %	85,71 %	92,90 %	89,22 %	72,85 %
MESSAGEix- GLOBIOM	Current Policies	89,62 %	77,37 %	90,49 %	93,48 %	X	57,90 %
	NDCs	77,40 %	62,71 %	78,48 %	82,24 %	X	41,14 %

		Aksjer					
		Orderly			Disorderly		
		Overgang	Immediate 2C with CDR	Immediate 2C with limited CDR	Immediate 1,5C with CDR	Delayed 2C with CDR	Delayed 2C with limited CDR
REMIND- MAGPIE	Current Policies	83,91 %	75,44 %	68,86 %	81,88 %	74,75 %	52,42 %
	NDCs	83,96 %	75,48 %	68,98 %	81,93 %	74,79 %	52,45 %
MESSAGEix- GLOBIOM	Current Policies	75,11 %	52,52 %	77,13 %	83,18 %	X	39,22 %
	NDCs	57,55 %	43,00 %	58,86 %	63,79 %	X	28,47 %

Aksjekapitalen knyttet til Equinors oljevirkosomhet verdsettes med REMIND-MAGPIE til intervallet 52,4%–84,0% av verdien i BaU. Tilsvarende tall med klimamodellen MESSAGEix-GLOBIOM er 28,5%–83,2%. Obligasjoner utstedt av Equinor verdsettes med klimamodellen REMIND-MAGPIE til 72,3%–93,8% av verdien i BaU. Tilsvarende tall med MESSAGEix-GLOBIOM er 41,1%–93,5%. Begge klimamodellene er samstemte om at selskapet påvirkes mest negativt i kombinasjonen «Current Policies» mot «Immediate 1,5C with limited CDR». Som presentert i kapittel 6.1 er dette som forventet. Modellene er derimot uenige om hvilken kombinasjon som er minst negativ. REMIND-MAGPIEs resultater tilsier at det er i

kombinasjonen «NDCs» mot «Immediate 2C with CDR». MESSAGEix-GLOBIOM tilsier at det er i kombinasjonen «Current Policies» mot «Delayed 2C with CDR».

Som diskutert i kapittel 5.1.5 drives resultatene i scenarioanalysene av endring i energimiksen. I Figur 23 sammenlignes de representative scenarioene estimert med REMIND-MAGPIE. I BaU er nedgangen i årlig produksjon 50% fra 2020 til 2100. Tilsvarende nedgang er 92% i det forutsigbare scenarioet og 82% i det uforutsigbare scenario. Det uforutsigbare scenarioet har en høyere produksjon i 2100 enn det forutsigbare, men til en lavere oljepris. I BaU er EBIT fra oljeproduksjon forventet å stige helt frem til 2080, før de avtar noe. I det forutsigbare scenarioet er EBIT stabilt til 2035, før det gradvis reduseres. I det uforutsigbare scenarioet følger EBIT samme trend som BaU frem til 2030, før de brått faller. De modellerte utslippskostnadene er positive i alle scenarioer fra 2030. I BaU er prisen aldri høyere enn 66 USD/tCO₂e. I det forutsigbare scenarioet stiger prisen til 762 USD/tCO₂e i 2100, mens den i det uforutsigbare scenarioet stiger helt til 3.135 USD/tCO₂e. I det uforutsigbare scenarioet drives endringen av en tidobling av utslippskostnaden fra 2030 til 2040. Deretter dobles prisen hvert tiår frem til 2070 før den stabiliserer seg rett under 3.000 USD/tCO₂e. Effekten på EBIT og netto nåverdi av resultatene i hvert scenario sees i Figur 23.



Figuren viser EBIT og diskontert EBIT for oljemarkedet modellert med REMIND-MAGPIE i scenarioene Current Policies, Immediate 2C with CDR og Delayed 2C with limited CDR.

Figur 23: EBIT og NNV av resultat for oljeleting- og produksjon.

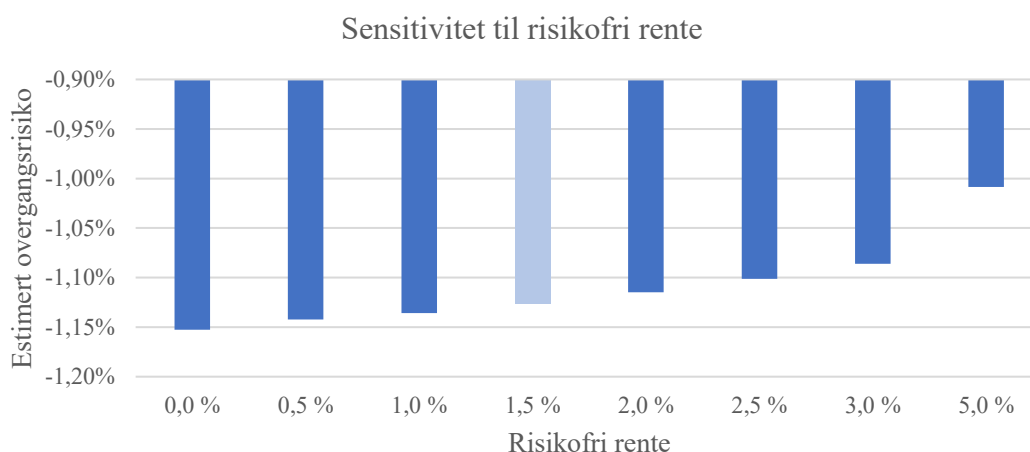
6.2. Sensitivitetsanalyser

Resultatene fra scenarioanalysen viser hva modellene gir av resultater med forutsetningene som er satt i denne oppgaven. Dette kapitlet presenterer hvor sensitive scenarioresultatene er for forutsetninger i modelleringen av sektorutviklingene og de estimerte parameterne i Merton-

modellen. Kapitlet viser også hvor sensitiv den estimerte overgangsrisikoen er for modellering av Finance og Other.

6.2.1. Tid til forfall, risikofri rente og volatilitet i Merton

Merton-modellen krever estimerer på tid til forfall ($T - t$), risikofri rente (r) og volatilitet i eiendeler (σ_A). Hvordan de estimeres er forklart i kapittel 5.4. På generell basis er resultatene mindre sensitive for disse faktorene, enn parameterne i sektormodellingene. En fullstendig oversikt over sensitiviteten til parameterne i Merton-modellen kan sees i Vedlegg H til Vedlegg J. Sensitiviteten til risikofri rente vises i Figur 24: Sammenheng mellom risikofri rente og estimert overgangsrisiko. Utgangspunktet for risikofri rente er på 1,5%. Dette er tett på YTM på 10 års norske statsobligasjoner våren 2021. Sensitivitetsanalysen gjøres med estimerer på risikofrie renter i intervallet 0%–5%. Dette er innenfor intervallet risikofri rente har beveget seg de siste tiårene. Den maksimale endringen i verdsettelse i dette intervallet er omtrent 0,5%. I de fleste tilfeller er verdiendringen mindre enn 0,15%. Dette vurderes til å være svært lavt.

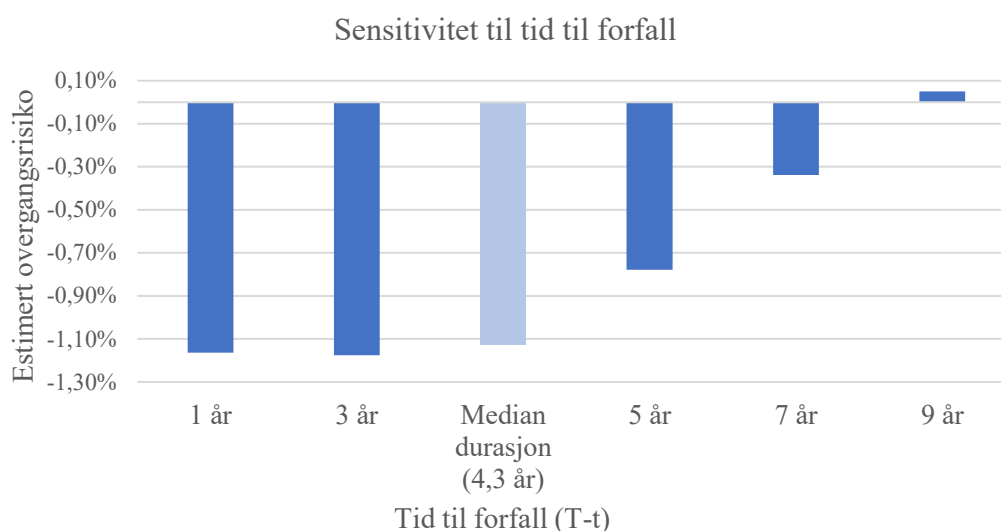


Figuren viser sammenhengen mellom risikofri rente i Merton-modellen og estimert overgangsrisiko for hele investeringsporteføljen til Gjensidige, estimert med klimamodellen REMIND-MAGPIE og scenarioene Current Policies og Delayed 2C with limited CDR. Lyseblå søyle viser utgangspunkt for scenarioanalysen fra kapittel 6.2.

Figur 24: Sammenheng mellom risikofri rente og estimert overgangsrisiko.

Tid til forfall er i scenarioanalysen vurdert individuelt for hver utsteder. I sensitivitetsanalysen settes like estimerer på tid til forfall for alle utstedere i intervallet 1 år til 9 år. Resultater for et scenario vises i Figur 25. Med en median på 4,3 år i porteføljen er dette et stort intervall. Den globale indeksen Bloomberg Barclays Global Aggregate Bond Index har per mai 2021 gjennomsnittlig tid til forfall på over 8 år. Denne har steget med rundt tre år siden 2009. OECD

rapporterer samtidig at gjennomsnittlig løpetid på obligasjoner har økt de siste årene som følge av lave rentenivåer (Çelik et al., 2020). Det er derfor mulig å argumentere for å bruke verdier over 9 år i dagens marked, dersom analysen ble gjort for en annen investor. Estimert i denne oppgaven er derimot rettet mot Gjensidige Forsikring som investor, og analysene viser at durasjonen her har et gjennomsnitt på 4,8 år og en median på 4,3 år.



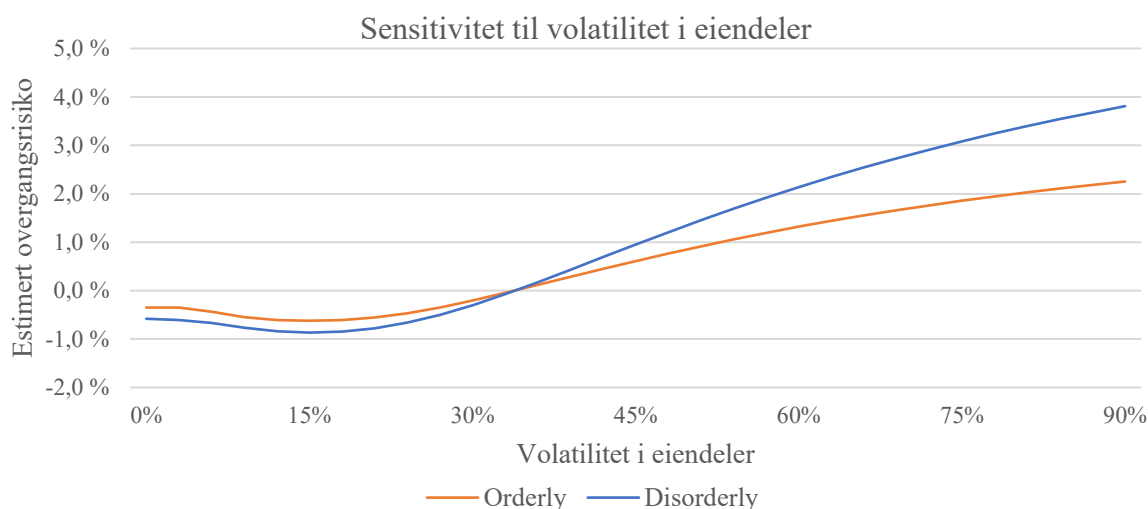
Figuren viser sammenheng mellom (T-t) i Merton-modellen og estimert overgangsrisiko for hele investeringsporteføljen i Gjensidige, estimert med klimamodellen REMIND-MAgPIE og scenarioene Current Policies og Delayed 2C with limited CDR. Søylene «Median durasjon» viser utgangspunktet fra scenarioanalysen i kapittel 6.1 med individuelle durasjonsestimater på hver posisjon, der medianen er 4,3 år.

Figur 25: Sammenheng mellom tid til forfall og estimert overgangsrisiko.

Verdiendringene er begrenset sammenlignet med flere andre sensitivetsanalyser, men større enn hva de var for den risikofrie renten. Den maksimale verdiendringen mellom 1 år og 9 år er på ca. 2,5% av porteføljens verdi, i et forutsigbart scenario med MESSAGEix-GLOBIOM. Det mest interessante med denne sensitivetsanalysen er at verdien av obligasjonene er langt mer sensitivt for tid til forfall enn aksjene. Aksjene har en maksimal verdiendring på 0,8%. Den totale porteføljeverdien endres i gjennomsnitt med litt over 1% om man beveger seg fra 1 år til 9 år i tid til forfall. Tid til forfall og den estimerte overgangsrisikoen er omvendt proporsjonalt. Dersom tid til forfall øker, så vil estimatet på overgangsrisiko reduseres. Denne trenden kan observeres i tabellen i Vedlegg I. Dersom dette sees i sammenheng med sannsynlighet for mislighold i Merton-modellen fra Figur 2 så vil virkningen av å endre tid til forfall være at man beveger seg langs den horisontale akse i figuren. Selskapet får da mer tid til å øke verdiene på eiendelene, slik at sannsynligheten for at selskapet går konkurs reduseres. Da gir det teoretisk

mening at sannsynligheten for mislighold øker ved lavere tid til forfall. Dette kan sammenlignes med en opsjon med lang løpetid, sett opp mot en opsjon med kort løpetid

Til slutt er det gjennomført en sensitivitetsanalyse på volatilitet i eiendeler. I scenarioanalysen er disse individuelle for utstederen. I sensitivitetsanalysen settes de derimot likt for alle utstedere, i intervallet 1% til 90%. Både 1% og 90% er relativt urealistisk om det sammenlignes med estimatene i porteføljen, der. Der befinner 89% av markedsverdien seg i intervallet 10%–50%. Figur 26 viser at forholdet mellom volatilitet i eiendeler og estimert overgangsrisiko er mer komplekst enn forholdet mellom estimert overgangsrisiko og andre forutsetninger. Utgangspunktet fra scenarioanalysen var en estimert overgangsrisiko for porteføljen på $-1,13\%$ med en gjennomsnittlig volatilitet på 31%.



Figuren viser sammenheng mellom volatilitet i eiendeler i Merton-modellen og estimert overgangsrisiko for investeringsporteføljen i Gjensidige, estimert med REMIND-MAgPIE og scenarioene Current Policies, Immediate 2C with CDR og Delayed 2C with limited CDR. Figuren er ikke direkte sammenlignbar med scenarioanalysen. Figuren bruker uniforme volatilitetsestimater, mens scenarioanalysen bruker selskapsspesifikke estimater.

Figur 26: Sammenheng mellom volatilitet i eiendeler og estimert overgangsrisiko.

Sensitivitetsanalysen viser at en høyere volatilitet i eiendeler gir en lavere estimert overgangsrisiko, og at en lavere volatilitet gir en høyere estimert overgangsrisiko. Dette kan også sees i sammenheng med Figur 2, der volatiliteten angir bredden av sannsynlighetsfordelingen. En høyere volatilitet vil øke sannsynligheten for at selskapet øker avstanden til mislighold, og dermed blir mindre påvirket av de negative effektene verdsettelsessjokkene gir. Dette er i prinsippet samme effekter som ble gjennomgått for tid til forfall. For volatilitet er forholdet derimot mer komplekst. En lav volatilitet gir en lav estimert

overgangsrisiko. Når volatiliteten øker opp til 15% så øker de negative verdiendringene i porteføljen. Den estimerte overgangsrisikoen snur derimot ved 15%. For alle nivåer over 15% volatilitet så kan det observeres en positiv utvikling i estimert overgangsrisiko.

Opsjonsteori tilsier at verdien av opsjonen skal stige når volatiliteten øker. Det er derfor overraskende at porteføljens estimerte overgangsrisiko skifter fortegn ved 15%. Undersøkelser av enkeltposisjoner viser at S-formen utelukkende kommer fra obligasjonsporteføljen. Aksjeporteføljen har en estimert overgangsrisiko som beveger seg i positiv retning fra et negativt nivå, for alle volatilitetsnivåer. Nærmere undersøkelser viser at ingen enkeltelskaper har samme kurve som den totale obligasjonsporteføljen. Det finnes heller ingen forklaring for utviklingen i porteføljens sannsynlighet for mislighold ved ulike volatilitetsnivåer. Dette kan tyde på at det er aggregeringen til porteføljenivå som gir denne formen. En mulig forklaring kan være at det er motvirkende krefter i porteføljen der noen posisjoner har en positiv innvirkning og andre en negativ innvirkning, men at de positive og negative effektene starter å påvirke verdsettelsen av obligasjonsporteføljen ved ulike volatilitetsnivåer.

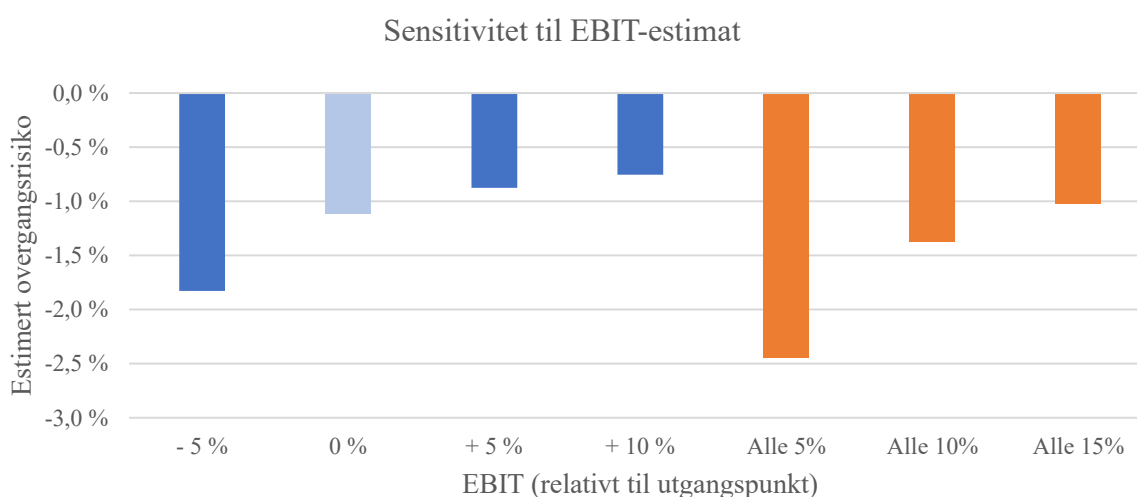
Analysen tilsier at volatiliteten er helt avgjørende for hvilket resultat scenarioanalysen gir. Estimaten for investeringsporteføljen har en gjennomsnittlig volatilitet i eiendeler på 31,6%. Empirisk kan man se at dette er relativt normale nivåer, og det kan argumenteres for at halene i denne sensitivitetsanalysen, det vil si de største og de minste verdiene, er urealistiske estimater på volatilitet. Totalt sett vurderes volatilitet i eiendeler til å ha en kraftig påvirkning på estimert overgangsrisiko, men estimatet som brukes i analysen vurderes samtidig til å være som forventet og realistisk. Dette tyder på at det er mindre sannsynlig at konklusjonene fra scenarioanalysen ville blitt endret dersom volatilitet ble estimert på en annen måte.

6.2.2. WACC- og EBIT-marginer i modelleringen av sektoreffekter

Dette delkapittelet presenterer resultatenes sensitivitet til WACC og EBIT, som er gjort ved å endre EBIT-estimatene i intervallet -5% til +10% og WACC-estimatene i intervallet -3% til +10%. I tillegg til dette testes en gjennomkjøring med lik WACC og EBIT for alle posisjoner. Dette gjøres ved å kjøre scenarioanalysen med uniforme estimater på EBIT og WACC på 5%, 10% og 15% for alle sektorer.

Resultatene fra sensitivitetsanalysen for EBIT kan sees i Figur 27 og i større detalj i Vedlegg F. Den estimerte overgangsrisikoen er svært sensitive for estimatene på EBIT-margin, og forholdet mellom EBIT-margin og verdiendring er for investeringsporteføljen er omvendt

proporsjonalt. Dette resultatet er som forventet. En høyere EBIT-margin gjør at selskapene i større grad tåler en økning i utslippskostnadene. De vil fortsatt betale de samme beløpene i utslippskostnader, men dette vil utgjøre en lavere andel av overskuddet. Fra figuren er det mulig å se at de sektorspesifikke EBIT-estimatene tilsvarer en uniform EBIT på 10–12%. Den estimerte overgangsrisikoen har samme fortegn for tilnærmet alle parameterverdier i begge modeller. Dette tyder på at retningen i verdiendring først og fremst drives av sjokkfaktoren. EBIT-marginene i oppgaven er hentet fra selskapenes resultater, og bør derfor være relativt sikre. Om snittestimatene fra porteføljen sammenlignes med Damodarans globale estimater ser man at de i gjennomsnitt er relativt like et globalt gjennomsnitt. Det er større usikkerhet knyttet til EBIT-estimatene for enkelt-selskapene. Disse er beregnet av Refinitiv, og baserer seg trolig på siste 12 måneders glidende gjennomsnitt. Det kan argumenteres for at man kunne brukt et lenger gjennomsnitt når trender på flere tiår frem i tid skal modelleres.

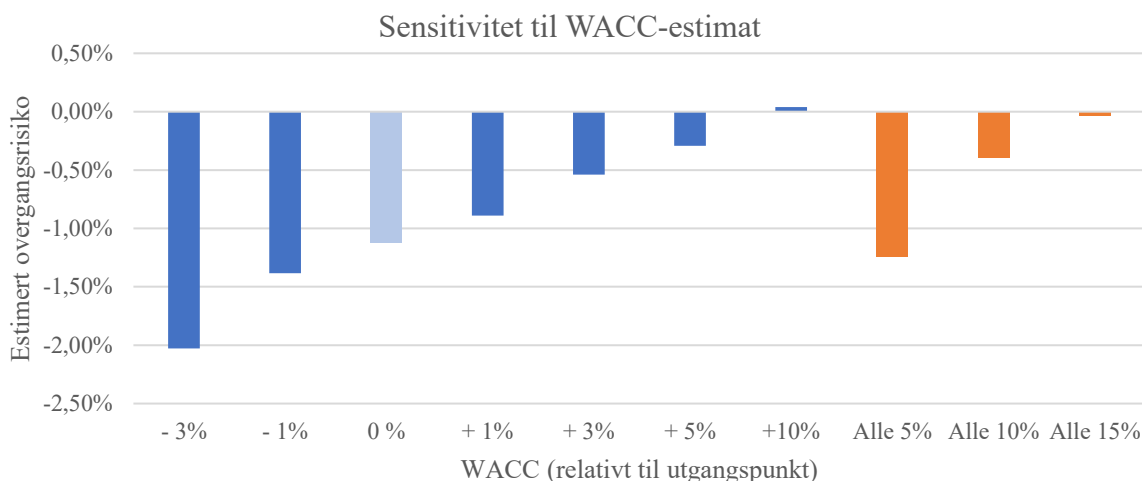


Figuren viser sammenheng mellom EBIT-estimat og estimert overgangsrisiko for investeringsporteføljen, estimert med klimamodellen REMIND-MAGPIE og scenarioene Current Policies og Delayed 2C with limited CDR. Mørkeblå søyler viser EBIT relativt til opprinnelig estimat. Oransje søyler viser uniform EBIT for hele porteføljen. Lyseblå søyle viser utgangspunktet fra scenarioanalysen med sektorspesifikk EBIT.

Figur 27: Sammenheng mellom EBIT-estimat og estimert overgangsrisiko.

WACC representerer selskapets gjennomsnittlige kapitalkostnad. Tidligere i oppgaven ble det forklart at estimatene som anvendes av meg er hentet ut fra Refinitiv Eikon, og trolig representerer en implisitt WACC. Det vil si at dersom man sammenligner konsensusestimater på resultater frem i tid med dagens prising av selskapet og løser for WACC vil dette være estimatet. Det kan føre til at et selskap med høyt priset egenkapital og lav YTM på gjelden kan

få en svært lav WACC. Dette gjelder spesielt for forsyningssektoren i analysen. I Figur 28 og i de fullstendige resultatene i Vedlegg E kommer det frem at en høyere diskonteringsrate reduserer den estimerte overgangsrisikoen i porteføljen. Dette er i tråd med hva som er forventet av tidligere litteratur, slik det gjennomgås i delkapittel 4.1.



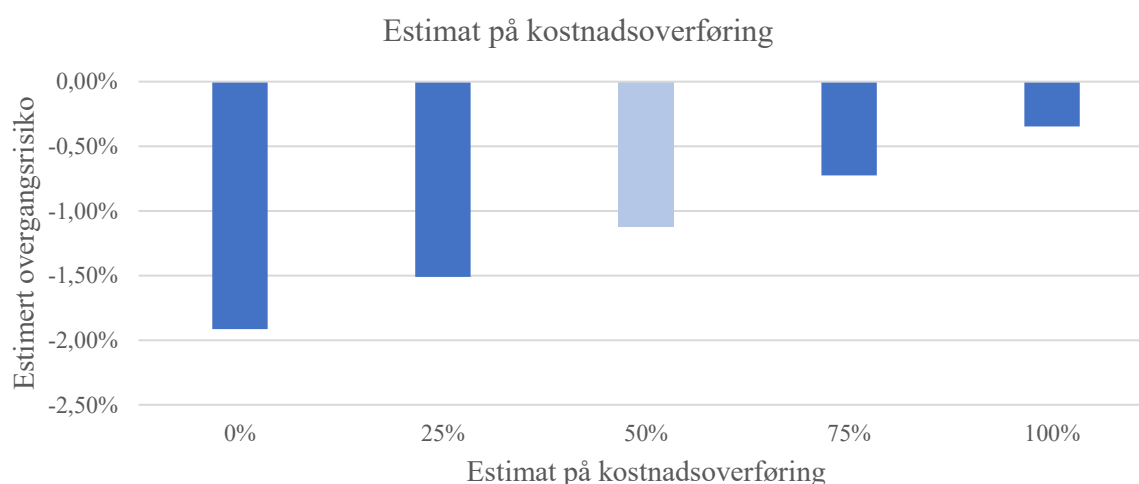
Figuren viser sammenheng mellom WACC-estimat og estimert overgangsrisiko for investeringsporteføljen, estimert med klimamodellen REMIND-MAGPIE og scenarioene Current Policies og Delayed 2C with limited CDR. Mørkeblå søyler viser WACC-estimater relativt til opprinnelig estimat. Oransje søyler viser uniforme WACC-estimater for hele porteføljen. Lyseblå søyle viser utgangspunktet fra scenarioanalysen, med sektorspesifikk WACC.

Figur 28: Sammenheng mellom WACC-estimat og estimert overgangsrisiko.

Forholdet mellom estimert overgangsrisiko og WACC er omvendt proporsjonalt. Når WACC øker, vil den estimerte overgangsrisikoen reduseres. Dette kan sees i Figur 28 og skyldes effekten diskonteringsraten har på lange tidsserier. De høyeste WACC-estimaterne vil i praksis ignorere de seneste delene av tidsseriene, fra 2060 og fremt til 2100. Det er i disse periodene avstanden mellom BaU og overgangsscenarioene er aller størst, men en høy WACC gjør at de sene tidsperiodene ikke vektlegges. Da er det en naturlig konsekvens at overgangsrisikoen i investeringsporteføljen fremstår som lavere med høyere WACC. Selv om det kan argumenteres for at enkelte sektorer har en svært lav WACC, så viser Figur 28 at dersom en uniform WACC på mellom 5% og 10% ble brukt for hele porteføljen ville resultatet blitt svært likt resultatet fra scenarioanalysen. Det kan argumenteres for at enkelte sektorer, som fornybar elektrisitetsproduksjon, påvirker resultatet i overkant mye, men figuren viser at det samtidig er andre sektorer som drar i motsatt retning. Estimaterne som brukes i oppgaven ser i gjennomsnitt derimot ut til å være omtrent som forventet fra empiri.

6.2.3. Kostnadsoverføring innen Transport, Energy Intensive og Housing

Enkelte klimapolitisk relevante sektorer er basert på en egenutviklet modell, der sektoren kobles til en andel av BNP og deretter påføres en kostnadsøkning som følge av økte utslippskostnader i overgangsscenarioene. Flere empiriske resultater tyder på at selskapene ikke bærer hele denne kostnaden alene, og at mye kan overføres direkte til kunden gjennom en prisøkning på produktene og tjenestene som selges. Det er også vist at kostnadsoverføringen i enkelte tilfeller kan overstige 100% av utslippskostnaden (de Bruyn et al., 2015). I Figur 29 oppsummeres resultatene fra sensitivitetsanalysen for nivåer på kostnadsoverføring i intervallet 0% til 100%. En fullstendig gjennomgang av sensitiviteten gis i Vedlegg G.. I scenarioanalysen i oppgaven brukes en parameter på 50% som utgangspunkt.



Figuren viser sammenhengen mellom estimat på kostnadsoverføring i sektorene Energy Intensive, Transport og Housing. Lyseblå søyle viser utgangspunkt for scenarioanalysen. Estimert for hele investeringsporteføljen i Gjensidige, med modellen REMIND-MAgPIE og scenarioene Current Policies mot Delayed 2C with limited CDR.

Figur 29: Sammenheng mellom kostnadsoverføring og estimert overgangsrisiko.

En parameter på 0% tilsier at selskapet bærer alle utslippskostnader selv, mens en parameter på 100% tilsier at kunden og resten av verdikjeden bærer hele kostnaden. En parameter på 0% vil i praksis si at sektorene treffes likt som BNP. I kapittel 5.2.3 ble det argumentert for at det er urealistisk at selskapet bærer hele kostnaden, ettersom det i stor grad er skyggepris som dekker alle klimatiltak. Sensitivitetsanalysen viser at en kostnadsoverføring på 0% gir en høyere estimert overgangsrisiko enn en kostnadsoverføring på 100%. Dette er intuitivt, ettersom denne variabelen styrer hvor stor andel av kostnadene selskapet bærer. Spredningen i resultater er mer

interessant, slik det illustreres i Tabell 19 i Vedlegg G. For aksjer er spredningen i estimert overgangsrisiko mellom 2,5% og 7,9% avhengig av klimascenario. Variasjonen fra utgangspunktet på 50% overføring ligger i intervallet 0,2% til 0,5% for investeringsporteføljen.

6.2.4. Alternative modelleringer av CPRS-sektorene Finance og Other

Finanssektoren (Finance) og sektoren som omfatter alle sektorer som ikke inngår i CPRS (Other) er ikke modellert i scenarioanalysen. Dette er urealistisk, spesielt for finanssektoren som har betydelige investeringer klimapolitisk relevante sektorer. Scenarioanalysen av Gjensidiges investeringsportefølje er i seg selv et eksempel på at overgangsrisikoen kan ha betydelig påvirkning på finansinstitusjoner. Det er vanskelig å vurdere i hvilken grad verdsettelsen av aksjer og obligasjoner utstedt av selskaper i finanssektoren vil endres av overgangsrisikoen. Battiston et al. (2019b) løser dette ved å regne inn to runder av verdsettelsessjokk i porteføljene. På grunn av kompleksiteten og tidsbegrensningen som følger med en masteroppgave ble ikke noen lignende løsning testet her. Det blir derimot vurdert hvor sensitiv den estimerte overgangsrisikoen er i forhold til om sektorene blir inkludert eller ikke.

Sensitiviteten testes ved å modellere at Finance og Other treffes likt som BNP. Det er en signifikant forskjell mellom BNP i scenarioene, og økonomisk teori gir støtte for at BNP kan påvirke selskapers verdi. En slik modellering er også i tråd med Dietz et al. (2016). Effekten vil være forutsigbar. BNP er konsekvent lavere i overgangsscenarioene, og å bruke denne reduksjonen som sjokkfaktor for Finance og Other fører til at effekten på estimert overgangsrisiko, det være seg i positiv eller negativ retning, blir større. Denne løsningen er ekvivalent til utgangspunktet for modelleringen av sektorene Energy Intensive, Housing og Transport. Den eneste forskjellen er at det ikke er noen utslippskostnader å trekke fra. Dette er ikke et forsøk på å lage en realistisk modellering av hvordan sektorene treffes. Formålet med analysen er å se hvor sensitiv porteføljen er for en eventuell påvirkning av disse sektorene. Som man ser av Tabell 13 vil et BNP-sjokk ha stor påvirkning på investeringsporteføljen.

Tabell 13: Sensitivitetsanalyse for BNP-effekt på CPRS-inndelingene Finance og Other.

Tabellen viser et estimat på hvordan utviklingen i estimert overgangsrisiko ville vært for de representative scenarioene fra NGFS med begge modeller, dersom de klimapolitisk relevante sektorene «Finance» og «Other» ble modellert til å ha en utvikling tilsvarende utviklingen i BNP, i stedet for ikke å treffes av overgangsrisiko i det hele tatt. Resultatene fra disse tabellene er direkte sammenlignbare med Tabell 7.

MESSAGEix-GLOBIOM						
Sensitivitet Finance & Other	Total portefølje Orderly	Total portefølje Disorderly	Aksjer Orderly	Aksjer Disorderly	Renter Orderly	Renter Disorderly
Base Case	0,42 %	0,91 %	2,55 %	4,74 %	0,21 %	0,54 %
Base Case + BNP-effekt på Finance	-1,79 %	-1,57 %	1,90 %	4,03 %	-2,16 %	-2,13 %
Base Case + BNP-effekt på Other	0,31 %	0,79 %	2,09 %	4,24 %	0,14 %	0,46 %
Base Case + BNP-effekt på Finance og Other	-1,90 %	-1,69 %	1,43 %	3,52 %	-2,23 %	-2,21 %

REMIND-MAGPIE						
Sensitivitet Finance & Other	Total portefølje Orderly	Total portefølje Disorderly	Aksjer Orderly	Aksjer Disorderly	Renter Orderly	Renter Disorderly
Base Case	-0,74 %	-1,13 %	-2,88 %	-5,18 %	-0,51 %	-0,70 %
Base Case + BNP-effekt på Finance	-2,60 %	-5,90 %	-3,58 %	-6,85 %	-2,48 %	-5,79 %
Base Case + BNP-effekt på Other	-0,85 %	-1,39 %	-3,42 %	-6,47 %	-0,57 %	-0,86 %
Base Case + BNP-effekt på Finance og Other	-2,70 %	-6,16 %	-4,11 %	-8,14 %	-2,54 %	-5,94 %

De store påvirkningene fra BNP-sjokket skyldes at 75% av porteføljen tilhører sektorene Finance og Other. Det vil i praksis si at en prosentvis lik endring i disse sektorene vil ha en tre ganger kraftigere effekt enn i de resterende klimapolitisk relevante sektorene som utgjør ca. 25% av investeringsporteføljen. De fleste sjokkfaktorene ligger i området 1%–5%, og den største sjokkfaktoren er 11%. Disse resultatene sammenfaller med funnene i Reinders et al. (2020), der verdiendringene i finanssektoren lå i området 0,3%–11%.

Tabell 13 viser at resultatene fra scenarioanalysen er svært sensitive for om Finance og Other treffes av en sjokkfaktor eller ikke. På det meste kan differansen i verdiendring for totalporteføljen være 6%. Både MESSAGEix-GLOBIOM og REMIND-MAGPIE modellerer en differanse i verdsetting av totalporteføljen på minimum 2% fra utgangspunktet i scenarioanalysen. Igjen bør det poengteres at dette ikke nødvendigvis et realistisk estimat. Det viser derimot viktigheten av å vurdere hvorvidt alle sektorer skal inkluderes i analysen, eller kun et utvalg relevante sektorer i slike analyser.

Sensitivitetsanalysen som helhet viser at resultatene fra scenarioanalysen er sensitive for estimater på WACC og EBIT. Forholdet mellom estimert overgangsrisiko og WACC og EBIT er omvendt proporsjonalt, slik at den estimerte overgangsrisikoen går i negativ retning når parameterne beveger seg i positiv retning. Dette kan forklares ved at en høyere EBIT-margin gjør at selskapene klarer å håndtere økte utslippskostnader og dermed eksponeres for overgangsrisiko i mindre grad. En høyere WACC gjør også at de langsiktige endringene blir tillagt mindre vekt enn de kortsiktige endringene. Ettersom differansen mellom nåsituasjonen og overgangsscenarioene ofte blir større med tid, reduseres den estimerte overgangsrisikoen. Sensitivitetsanalysen viser også at resultatene er sensitive for hvilke sektorer som inkluderes. Det har eksempelvis stor betydning om finanssektoren inkluderes, ettersom denne utgjør en stor andel av porteføljen. Det er derfor viktig å avklare om man ønsker å modellere en hel portefølje, eller kun eksponeringen mot klimapolitisk relevante sektorer.

Scenarioanalysen er mindre sensitiv for estimatene på parametere i Merton-modellen er mindre sensitive. Valg av risikofri rente har liten betydning for resultatet sammenlignet med andre variabler. Resultatene er sensitive for tid til forfall og volatilitet i eiendeler dersom man beveger seg langt vekk fra utgangspunktet i scenarioanalysen. Empiriske resultater viser derimot at det er lite sannsynlig at de faktiske verdiene vil være i ytterpunktene av intervallet jeg har analysert. Til slutt viser analysen at den estimerte overgangsrisikoen er omvendt proporsjonal med tid til forfall og volatilitet i eiendeler, og at obligasjonsporteføljen er mer sensitiv for endringer i forutsetningene i Merton-modellen enn hva aksjeporteføljen er.

7. Avsluttende kommentarer og anbefalinger

Denne oppgaven har adressert i hvilken grad investeringsporteføljer påvirkes av tiltak for å begrense klimaendringer, og hvorvidt finansielle investorer er posisjonert for overgangen til et lavutslippssamfunn. I analysen har jeg forsøkt å besvare hvorvidt overgangen til et lavutslippssamfunn vil innebære finansiell risiko ved å anvende klimascenarioer publisert av NGFS inn i en verdsettelse av Gjensidige Forsikrings investeringsportefølje. Analysen har en ovenfra-og-ned tilnærming, med utgangspunkt i modelleringen av et utvalg klimapolitisk relevante sektorer. Dette er gjort ved å hente framskrivninger fra klimascenarioer estimert med to ulike klimamodeller. Estimatene brukes til å beregne årlige resultater for sektoren. Resultatene settes deretter inn i en nåverdianalyse for å finne verdien av sektoren scenarioer som representerer nåsituasjonen, en forutsigbar overgang til et lavutslippssamfunn og uforutsigbar overgang til et lavutslippssamfunn.

Differansen i markedsverdi mellom overgangsscenarioene og nåsituasjonen er brukt til å regne ut en sjokkfaktor. Denne sjokkfaktoren benyttes i Merton-modellen som en faktor som påvirker markedsverdien av eiendelene. Faktoren brukes til å verdsette selskapenes egenkapital og gjeld i hvert overgangsscenario relativt til nåsituasjonen. Dette er aggregert til porteføljenivå, der differansen i verdi mellom nåsituasjon og overgangsscenarioer betegnes som den estimerte overgangsrisikoen. Denne metoden viser hvordan overgangsrisiko kan vurderes med en kombinasjon av kvantitative finansielle modeller og klimamodeller.

Resultatene fra analysen peker på at investeringsporteføljen til Gjensidige Forsikring sannsynligvis vil påvirkes av internasjonale tiltak for å begrense klimaendringer. Klimatiltakene kan medføre store endringer i markedsstruktur, slik analysene har vist for markedet for primær energi og forsyningssektoren. I de fleste scenariokombinasjoner er det en negativ påvirkning mens det i enkelte tilfeller, spesielt der det er ustrakt bruk av karbonfangstteknologi, også kan være en positiv verdiendring i investeringene i klimapolitisk relevante sektorer. Det kan samtidig vises at dersom kravene knyttet til karbonfangst i klimascenarier fra Miljødirektoratet følges, så er resultatene fra 8 av 15 scenarier ugyldige. I de gjenværende scenarioene har porteføljen en negativ verdiendring i alle scenariokombinasjoner. Generelt viser resultatene fra scenarioanalysen at en økt karbonpris er et klimatiltak som påvirker verdien av Gjensidiges investeringsportefølje negativt, mens karbonfangst er et klimatiltak reduserer de negative konsekvensene av en karbonpris. Om store mengder karbonfangst anvendes, kan man også få positive verdiendringer på porteføljenivå.

Den andre delen av problemstillingen spør hvorvidt finansielle investorer er posisjonert for overgangen til et lavutslippssamfunn, eller om overgangen kan være en kilde til finansiell risiko i porteføljen. Det store spørsmålet her er hvordan nåsituasjonen ser ut. Hvis en markedsaktør ikke vurderer klimaendringer og tiltak for å redusere disse når en investeringsportefølje settes sammen kan man si at BaU-scenariet «Current Policies» kan være et realistisk utgangspunkt. Om aktøren gjør vurderinger rundt hva som skjer blant verdens myndigheter vil «Nationally Determined Contributions» være et mer relevant utgangspunkt. Dersom man i tillegg har tiltro til at verden kommer til å nå målene i Parisavtalen, og setter sammen porteføljen basert på denne innsikten, så kan det reelle BaU-scenariet være et sted mellom de nasjonalt bestemte bidragene og et scenario som begrenser global oppvarming til under 2 °C. Gjensidige har vist offentlig støtte til initiativer som jobber mot å begrense global oppvarming til 1,5–2 °C, slik som UNEP FI, TCFD og UN PRI. Dette tyder på at Gjensidige anerkjenner klimaendringer og

klimatiltak som en global utfordring. Gjennomgangen av investeringsporteføljens oppbygning viser derimot at Gjensidige er omtrent like eksponert for klimapolitisk relevante sektorer som markedet generelt. Undersøkelser fra MSCI viser at det globale aksjemarkedet, representert ved MSCI All Country World Index ikke er forberedt på overgangen til et lavutslippssamfunn (MSCI, 2020). Etersom investeringsporteføljen ikke ser ut til å være signifikant forskjellig fra det globale markedet, kan dette tale for at investeringsporteføljen ikke er innrettet mot å begrense global oppvarming til 1,5–2 °C.

Usikkerheten rundt hva som er det reelle BaU-scenariet gjør det vanskelig å tallfeste overgangsrisikoen. Det er derfor vanskelig å vurdere om finansielle investorer, i dette tilfellet Gjensidige, er posisjonert for overgangen til et lavutslippssamfunn. Analysen viser at det er en forskjell mellom markedsverdien av investeringsporteføljen i scenarioene basert på om de sikter mot 1,5 °C eller 2 °C og stien de følger mot målet. Det er også umulig å si hvordan de eventuelle målene vil bli nådd i den virkelige verden. Selv om man er godt posisjonert i et overgangsscenario kan man ha en betydelig finansiell risiko i et annet. Differansen mellom resultatene fra modellene REMIND-MAGPIE og MESSAGEix-GLOBIOM er eksempler på dette. Basert på analysene er min vurdering at overgangen til lavutslippssamfunn kan utgjøre en finansiell risiko for investorer, men at størrelsen og retningen er vanskelig å tallfeste.

I tillegg til problemstillingen ble det også fremstilt fem ulike hypoteser. Hypotese 1 tilsa at investeringsporteføljer som helhet påvirkes negativt av klimatiltak. Mine analyser viser at dette er tilfellet dersom man tar utgangspunkt i klimamodellen REMIND-MAGPIE, men ikke for MESSAGEix-GLOBIOM. I denne modellen kan investeringsporteføljen som helhet påvirkes positivt. Hypotese 2 sa at scenarioer med sterke klimatiltak gir større påvirkning på verdien av finansielle investeringer enn svakere tiltak. Analysene gir støtte til denne hypotesen, gjennom at scenarioer med tiltak som begrenser global oppvarming til 1,5 °C gir større svingninger i markedsverdi for Gjensidiges investeringsportefølje enn sammenlignbare scenarioer som begrenser global oppvarming til 2 °C. Hypotese 3 anførte at investeringer i sektorer med høye klimagassutslipp påvirkes negativt av tiltak for å begrense global oppvarming. Analysene gir kun delvis støtte til dette. I tilfeller der utslippene reduseres ved å redusere aktivitet eller utslippsintensitet indikerer analysene at høyutslippssektorer treffes hardere enn lavutslippssektorer. Dersom man derimot vurderer negative utslipp gjennom karbonfangst som et klimatiltak finnes det flere tilfeller der sektorer med høye klimagassutslipp får en positiv verdiendring. Hvorvidt denne hypotesen støttes av analysene eller ikke avhenger derfor av hva

man vurderer som klimatiltak. I utgangspunktet gir ikke analysene som helhet støtte til hypotesen, ettersom karbonfangst vurderes til å være et klimatiltak på lik linje med utslippsprising, dog kanskje mindre populært. Dersom man kun vurderer karbonprisen som klimatiltak, så gir analysene støtte til hypotesen.

Hypotese 4 anførte at investeringer i sektorer med lave klimagassutslipp påvirkes positivt av klimatiltak. Analysen har ikke klart å besvare denne hypotesen fullverdig. Sektorer som informasjonsteknologi og finans har lave klimagassutslipp, men blir ikke vurdert i analysen i denne oppgaven på grunn av det komplekse forholdet mellom klimatiltak og disse sektorene. Det er derfor ikke mulig å si om de vil påvirkes av klimatiltakene. Analysene viser derimot at investeringer i sektorer med lave klimagassutslipp som er substitutter for sektorer med høye klimagassutslipp, slik fornybar elektrisitet er et substitutt for fossil elektrisitet, blir påvirket positivt av klimatiltak. Det samme skjer for produksjon av fossile brensler der karbonfangst anvendes, når det sees som et substitutt til fossile brensler uten bruk av karbonfangst.

Hypotese 5 anførte at klimascenarioer med utstrakt bruk av teknologier for negative utslipp gir lavere estimert overgangsrisiko enn scenarioer med begrenset bruk av negative utslipp. Analysen bekrefter at dette i stor grad er tilfellet. To av scenarioene estimert med MESSAGEix-GLOBIOM, som skal begrense bruk av karbonfangst, har riktignok de høyeste nivåene av negative utslipp i databasen, noe som motstrider hypotesen. Dersom scenarioene derimot vurderes etter det faktiske nivået av karbonfangst, og ikke etter navn og beskrivelse fra IIASA og NGFS, gir scenarioanalysen støtte til hypotesen.

Jeg har ikke sett andre analyser påpeke at overgangsrisikoen for porteføljen som helhet kan være positiv, slik mine resultater med bruk av MESSAGEix-GLOBIOM viser. Selv om dette er en svært kompleks, og trolig minst like god modell som REMIND-MAGPIE, anmodes leseren av denne oppgaven til å betrakte de positive resultatene fra MESSAGEix-GLOBIOM med varsomhet. Igjen vil jeg poengtere at denne klimamodellen bruker svært store mengder karbonfangst, og langt mer enn REMIND-MAGPIE. Selv om det er fysisk mulig å nå nivåene av karbonfangst som modelleres er det en uprøvd teknologi i større skala, på samme måte som mange andre klimaløsninger. Å belage seg på denne teknologien kan bli kostbart dersom det viser seg vanskelig å nå nødvendig skala, og det kan også føre til irreversible endringer i klimaet dersom man ikke klarer å øke skalaen raskt nok. Det positive med en slik modellering er at man viser flere alternativer for hvordan konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren kan reduseres.

På overordnet nivå anbefaler jeg Gjensidige å inkludere klimascenarioer i vurderingen av investeringsporteføljen. Gjensidige trenger ikke nødvendigvis å gjennomføre analyser av typen som gjøres i denne oppgaven, ettersom omfanget av usikkerhet kan gjøre det vanskelig å ta beslutninger basert på resultatene. Beslutningstakere i Gjensidige bør derimot gjøre seg kjent med sektorutviklinger i klimascenarioer. Bare ved å observere utviklinger i pris og produksjon vil man i stor grad se hovedtrekkene en full verdsettelse av porteføljen gir.

Basert på resultatene fra analysen anbefales Gjensidige Forsikring å jevnlig vurdere investeringsporteføljens eksponering mot enkelte klimapolitisk relevante sektorer. Dette gjelder særlig investeringer i utvinning og produksjon av olje, som har negative verdiendringer i alle overgangsscenarioer sammenlignet med nåsituasjonen. Denne sektoren skiller seg fra de andre fossile energikildene ved at modellene ikke tillater negative utslipp i samme skala som kull og naturgass. Trolig skyldes dette i stor grad at olje er et mobilt brensel, mens kull og naturgass i større grad brukes i industri og elektrisitetsproduksjon. Det er per dags dato urealistisk å skulle anvende karbonfangst i forbrenningen av olje som brukes i bensin i personbiler. Det er derimot langt mer kostnadseffektivt å bruke karbonfangst fra en statisk utslippsskilde, slik som en fabrikk eller et kraftverk. Som et første steg bør Gjensidige vurdere de strategiske grepene selskapene i sektoren har tatt for å møte risikoene overgangsscenarioene peker på. Det anbefales at selskap uten en konkret strategi følges opp gjennom aktivt eierskap. I ekstreme tilfeller, der selskap ikke viser strategisk endringsvilje, bør Gjensidige vurdere å utelukke selskapet fra investeringsuniverset for å redusere sannsynligheten for at den strategiske overgangsrisikoen i selskapet blir en finansiell risiko for Gjensidige som investor på sikt.

Lignende anbefalinger kan også gis for energiintensiv industri, transport og eiendom. At disse sektorene konstant treffes negativt skyldes valg av modelleringsmetode, der selskapenes inntekter er knyttet direkte til BNP. Analysen viser at utslippene av klimagasser i disse sektorene i overgangsscenarioene gir et ensformig bilde, som tyder på at sektorene kan treffes minst like hardt av overgangsrisiko som utvinning og produksjon av olje. Av disse sektorene er det kun energiintensiv industri som i stor skala vil kunne utnytte teknologier for negative utslipp, slik at dette bør inngå i vurderingen av selskapenes strategi.

Investeringer i sektorer som knyttes til kullkraft og naturgass, det vil si enten utvinning eller elektrisitetsproduksjon, er de mest usikre. Kullkraft har liten innvirkning på porteføljens verdi, mens naturgass har en betydelig påvirkning. Karbonfangst er en avgjørende driver for hvordan disse sektorene utvikler seg i overgangsscenarioene. Eksponeringen mot disse sektorene er

svært ofte gjennom integrerte selskaper, som er eksponert mot flere energikilder. Gjensidige bør rette særlig fokus på om selskapet går i en fornybar retning for å redusere utslipp, eller om nullutslipp skal nås med karbonfangstteknologi. På kort sikt gir det ingen forskjell hvilken retning selskapet går, men det kan argumenteres for at det ligger en større usikkerhet i storskala karbonfangst, enn i stor skala av fornybar energi. Et selskap som vil nå sine strategiske mål ved hjelp av karbonfangst vil derfor kunne ha en større overgangsrisiko enn et selskap som forsøker å nå de samme målene med fornybar energi, selv om begge selskap når nullutslipp samtidig.

Videre arbeid på dette området bør fokusere på en god modellering av resterende sektorene som ikke er inkludert i CPRS. Sensitivitetsanalysen viser at valgene som tas for finanssektoren og resten av økonomien vil ha en svært stor påvirkning på den estimerte overgangsrisikoen. Et mer detaljert rammeverk som viser hvordan leverandørkjeder hos bedrifter treffes, og en modellering av hvordan bankenes balanseregnskap treffes av sjokk, kan bidra til dette. Analyser i fremtiden kan også ha nytte av bedre sektorinndelinger. NGFS har uttalt at et av målene for de reviderte scenarioene som er forventet i 2021, er at disse skal være lettere å knytte til økonomiske sektorer. Det kan også forventes at EUs taksonomi kan bidra til at sektorinndelingene blir bedre, ettersom bedrifter her blir pålagt å rapportere inntekter etter aktiviteter. Siden det er aktiviteter, og ikke økonomiske sektorinndelinger som gir utslipp, vil det da bli lettere å knytte selskapenes drift til klimascenarioene.

8. Litteraturliste

- Bank of England. (2019). *General Insurance Stress Test 2019: Scenario Specification, Guidelines and Instructions*. Prudential Regulation Authority.
- Bank of England. (2020). *Letter from Sam Woods 'Managing climate-related financial risk – thematic feedback from the PRA's review of firms' SS3/19 plans and clarifications of expectations'*.
- Battiston, S., Mandel, A., Schuetze, F. & Visentin, G. (2017). A Climate Stress-Test of the Financial System. *Nature Climate Change*, 7. doi: 10.2139/ssrn.2726076.
- Battiston, S., Jakubík, P., Monasterolo, I., Riahi, K. & Ruijven, B. (2019a). Climate risk assessment of the sovereign bond portfolio of European Insurers. *Financial Stability Report*.
- Battiston, S., Mandel, A. & Monasterolo, I. (2019b). CLIMAFIN Handbook: Pricing Forward-Looking Climate Risks Under Uncertainty. *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.3476586.
- Battiston, S. & Monasterolo, I. (2020). The Climate Spread of Corporate and Sovereign Bonds. *SSRN*
- Berk, J. & DeMarzo, P. (2017). *Corporate Finance*. 5 utg.: Pearson.
- Black, F. & Scholes, M. S. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81 (3): 637-654. doi: 10.1086/260062.
- Carney, M. (2015). Breaking the Tragedy of The Horizon – Climate Change and Financial Stability. (lest 29.09.2015).
- Çelik, S., Demirtaş, G. & Isaksson, M. (2020). *Corporate Bond Market Trends, Emerging Risks and Monetary Policy*. OECD Capital Market Series.
- Colback, L. (2020, 18.12). The role of business in climate change. *Financial Times* (lest 18.12.2020).
- Crowley, K. (2021, 11.02). U.S. Oil Majors Downgraded by S&P on Climate Risk, Earnings. *Bloomberg*. Tilgjengelig fra: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-11/exxon-s-rating-lowered-by-one-notch-after-20-billion-loss>.
- de Bruyn, S. M., Vergeer, R., Schep, E., Hoen, M. t., Korteland, M., Cludius, J., Schumacher, K., Zell-Ziegler, C. & Healy, S. (2015). *Ex-post investigation of cost pass-through in the EU ETS: An analysis for six sectors*: European Commission.
- Dietz, S., Bowen, A., Dixon, C. & Gradwell, P. (2016). 'Climate value at risk' of global financial assets. *Nature Climate Change*, 6. doi: 10.1038/nclimate2972.
- Emmerling, J., Drouet, L., Wijst, K.-I. V. D., Vuuren, D. V., Bosetti, V. & Tavoni, M. (2019). The role of the discount rate for emission pathways and negative emissions. *Environmental Research Letters*, 14 (10): 104008. doi: 10.1088/1748-9326/ab3cc9.
- European Commission. (2020). *European Climate Law - Achieving Climate Neutrality by 2050*. Tilgjengelig fra: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12108-European-climate-law-achieving-climate-neutrality-by-2050> (lest 17.11).
- Finanstilsynet. (2019). *Klimarisiko i finansforetakene*.

- Finanstilsynet. (2021). *Klimarisiko i forsikring: Eksponeringsanalyser og bruk av PACTA-rammeverket*.
- Global CCS Institute. (2020). *Global Status of CCS 2020*.
- Greenstone, M., Kopits, E. & Wolverton, A. (2013). Developing a Social Cost of Carbon for US Regulatory Analysis: A Methodology and Interpretation. *Review of Environmental Economics and Policy*, 7: 23-46. doi: 10.1093/reep/res015.
- Grippa, P. & Mann, S. (2020). Climate-Related Stress Testing: Transition Risks in Norway. *IMF Working Paper*, 20/232.
- Hessen, D. O. (2015). *C - Karbon - En uatorisert biografi*: Cappelen Damm.
- Huppmann, D., Rogelj, J., Kriegler, E., Krey, V. & Riahi, K. (2018). A new scenario resource for integrated 1.5 °C research. *Nature Climate Change*, 8 (12): 1027-1030. doi: 10.1038/s41558-018-0317-4.
- Huppmann, D., Gidden, M., Fricko, O., Kolp, P., Orthofer, C., Pimmer, M., Kushin, N., Vinca, A., Mastrucci, A., Riahi, K., et al. (2019). The MESSAGEix Integrated Assessment Model and the ix modeling platform (ixmp): An open framework for integrated and cross-cutting analysis of energy, climate, the environment, and sustainable development. *Environmental Modelling & Software*, 112: 143-156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.11.012>.
- IEA. (2020). *Statistics Report - May 2020: Energy Prices 2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.iea.org/reports/energy-prices-2020> (lest 14.01).
- IIASA. (2020). *NGFS Scenario Explorer*. 1.1 utg. Tilgjengelig fra: <https://data.ene.iiasa.ac.at/ngfs/#/workspaces> (lest 18.12).
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C*. I: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. P., W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, & T. Maycock, M. T., and T. Waterfield (eds.) (red.). An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.
- Khan, M., Hook, L. & Manson, K. (2021, 23.04.2021). New US climate strategy opens up old faultlines with Europe. *Financial Times*.
- Köberle, A. C. (2019). The Value of BECCS in IAMs: a Review. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 6 (4): 107-115. doi: 10.1007/s40518-019-00142-3.
- Luderer, G., Leimbach, M., Bauer, N., Kriegler, E., Baumstark, L., Bertram, C., Giannousakis, A., Hilaire, J., Klein, D., Levesque, A., et al. (2015). *Description of the REMIND model (Version 1.6)*. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK).
- Merton, R. C. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (1): 141-183. doi: 10.2307/3003143.
- Merton, R. C. (1974). On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates. *The Journal of Finance*, 29 (2): 449-470. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1974.tb03058.x>.

- Moody's. (2020). *Moody's downgrades ExxonMobil to Aa1; outlook remains negative* (lest 20.02).
- MSCI. (2020). *2021 ESG Trends to Watch*. I: Lee, L.-E., Eastman, M. T. & Klug, A. (red.).
- NGFS. (2020). *NGFS Climate Scenarios Database: Technical Documentation*. I: Bertram, C., Hilaire, J., Kriegler, E., Beck, T., Bresch, D. N., Clarke, L., Cui, R., Edmonds, J., Min, J., Piontek, F., et al. (red.): Network for Greening the Financial System.
- Nordhaus, W., D. . (1992). *The 'DICE' Model: Background and Structure of a Dynamic Integrated Climate-Economy Model of the Economics of Global Warming*: Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University.
- Nordhaus, W. D. (2008). *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*: Yale University Press.
- NOU 2018: 17. (2018). *Klimarisiko og norsk økonomi*. Oslo: Finansdepartementet.
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D. S., van Ruijven, B. J., van Vuuren, D. P., Birkmann, J., Kok, K., et al. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*, 42: 169-180. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>.
- Oil Change International & Reclaim Finance. (2021). *NGFS Scenarios: Guiding Finance Towards Climate Ambition or Climate Failure?* I: Ioualalen, R. & Schreiber, P. (red.).
- Perman, R. J., Ma, Y., Common, M., Maddison, D. & McGilvray, J. W. (2011). *Natural resource and environmental economics*.
- Petitt, B., Pinto, J. & Pirie, W. L. (2019). *Fixed Income Analysis*. CFA Institute Investment Series, b. 4: John Wiley & Sons Inc.
- Pielke, R. (2021, 09.05.2021). The ECB's climate models are built on obsolete scenarios. *Financial Times* (lest 10.05.2021).
- Pindyck, R. S. (2013). Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us? *Journal of Economic Literature*, 51 (3): 860-72. doi: 10.1257/jel.51.3.860.
- Rechtbank Den Haag. (2021). *ECLI:NL:RBDHA:2021:5339*.
- Reinders, H. J., Schoenmaker, D. & Van Dijk, M. A. (2020). *A Finance Approach to Climate Stress Testing*: C.E.P.R. Discussion Papers.
- Rosendahl, K. E. & Wangsness, P. B. (2021). Carbon prices for cost-benefit analysis in the European Investment Bank.
- Spier, J. (2020). 'The "Strongest" Climate Ruling Yet': The Dutch Supreme Court's Urgenda Judgment. *Netherlands International Law Review*, 67 (2): 319-391. doi: 10.1007/s40802-020-00172-5.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- TCFD. (2017a). *Final Report: Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*: Financial Stability Board Task Force on Climate-related Financial Disclosures.

- TCFD. (2017b). *Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*: Task Force on Climate-related Financial Disclosures.
- TCFD. (2021). *The Nordic CEOs for a Sustainable Future, the Norwegian Finance Ministry, and the Oslo Stock Exchange Declare Support for the TCFD Recommendations*.
- UK COP26. (2020). *Building a Private Finance System for Net Zero: Priorities for private finance for COP26*. I: Carney, M. (red.).
- UNEP FI & CICERO. (2021). *Pathways to Paris: A practical guide to climate transition scenarios for financial professionals*. I: Carlin, D., Peters, G. & Sognnæs, I. (red.).
- Vermeulen, R., Schets, E., Lohuis, M., Kolbl, B., Jansen, D.-J. & Heeringa, W. (2018). *An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands*: Netherlands Central Bank, Research Department.
- Vermeulen, R., Schets, E., Lohuis, M., Kölbl, B., Jansen, D.-J. & Heeringa, W. (2019). *The Heat is on: a framework for measuring financial stress under disruptive energy transition scenarios*: Netherlands Central Bank, Research Department.
- Weyant, J. (2017). Some Contributions of Integrated Assessment Models of Global Climate Change. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11: 115-137. doi: 10.1093/reep/rew018.
- Weyzig, F., Kuepper, B., van Gelder, J. W. & van Tilbud, R. (2014). The Price of Doing Too Little Too Late: The impact of the carbon bubble on the EU financial system. *Green New Deal Series*, 11.
- White, E. & Hook, L. (2021, 18.04.2021). US and China pledge joint action on climate change despite strained ties. *Financial Times*. Tilgjengelig fra: <https://www.ft.com/content/71f724ff-a25c-4ff7-8713-b0aa02d3adb5> (lest 18.04.2021).
- Aamaas, B., Peters, G., Wei, T. & Korsbakken, J. I. (2019). *What relevant information do the integrated assessment models and scenarios from the 1.5 °C special report provide for Norway?* : CICERO.

9. Vedlegg

Vedlegg A: Beskrivelse av scenarioer i NGFS sin database

Tabell 14: Beskrivelse av scenarioene i NGFS-databasen

CDR: Carbon Dioxide Removal (karbonfangstteknologi). Beskrivelsen er hentet fra NGFS Scenario Technical Documentation (NGFS, 2020)

Scenarionavn	Type	Beskrivelse
Current Policies (Hot house world, Rep)	Business as Usual (Nåsituasjon)	Eksisterende klimapolitiske tiltak blir gjennomført, men de blir ikke gjort strengere i løpet av perioden eller videreført når perioden utløper.
Nationally Determined Contributions (NDCs) (Hot house world, Alt)	Business as Usual (Nåsituasjon)	De nasjonale bidragene til Parisavtalen (NDC) som er meldt inn innen 2020 gjennomføres, og målene som skal nås innen 2025 og 2030 blir nådd. De langsiktige tiltakene etter 2025 / 2030 følger samme trend som perioden 2020–2030.
Immediate 2C with CDR (Orderly, Rep)	Orderly (Forutsigbar)	Global oppvarming begrenses til under 2 °C. Det settes ingen begrensninger i bruk av karbonfangstteknologi. En omfattende utslippsprising innføres umiddelbart.
Immediate 2C with limited CDR (Orderly, Alt)	Orderly (Forutsigbar)	Global oppvarming begrenses til under 2 °C. Bruk av karbonfangstteknologi begrenses. En omfattende utslippsprising innføres umiddelbart.
Immediate 1,5C with CDR (Orderly, Alt)	Orderly (Forutsigbar)	Global oppvarming begrenses til under 1,5 °C. Temperaturmålet kan overskrides i en begrenset periode før målet nås innen 2100. Det settes ingen begrensninger i bruk av karbonfangstteknologi. En omfattende utslippsprising innføres umiddelbart.
Delayed 2C with CDR (Disorderly, Rep)	Disorderly (Uforutsigbar)	Global oppvarming begrenses til under 2 °C. Scenarioet følger samme utvikling som Nationally Determined Contributions frem til 2030. Landenes innmeldte bidrag styrer utviklingen frem til dette punktet. En omfattende utslippsprising innføres fra 2030. Det settes ingen begrensninger i bruk av karbonfangstteknologi.
Delayed 2C with limited CDR (Disorderly, Alt)	Disorderly (Uforutsigbar)	Global oppvarming begrenses til under 2 °C. Scenarioet følger samme utvikling som Nationally Determined Contributions frem til 2030. Landenes innmeldte bidrag styrer utviklingen frem til dette punktet. Bruk av karbonfangstteknologi begrenses. En omfattende utslippsprising innføres fra 2030.
Immediate 1,5C with limited CDR (Disorderly, Alt)	Disorderly (Uforutsigbar)	Global oppvarming begrenses til under 1,5 °C. Temperaturmålet kan overskrides i en begrenset periode før målet nås innen 2100. Bruk av karbonfangstteknologi begrenses. En omfattende utslippsprising innføres umiddelbar.

Vedlegg B: Beskrivelse av anvendte variabler fra NGFS sin scenariodatabase

Tabell 15: Beskrivelse av anvendte variabler fra NGFS sin scenariodatabase

Tabellen beskriver alle variabler som er brukt til å modellere utviklingen i de klimapolitisk relevante sektorene.

Beskrivelsene er hentet fra NGFS Scenario Explorer versjon 1.0 og oversatt til norsk (IIASA, 2020).

Variabelnavn i database	Beskrivelse
GDP MER	Bruttonasjonalprodukt etter markedskurs. Målt i US\$2010/år
Price Carbon	Pris på klimagassutslipp. Målt i US\$2010/tCO ₂ e
Emissions CO ₂ Demand Transport Emissions CO ₂ Demand Buildings Emissions CO ₂ Demand Industry	Klimagassutslipp fra forbrenning av drivstoff i valgt sektor målt i Mt CO ₂ e/år.
Emissions CO ₂ Industrial Processes	Klimagassutslipp fra industrielle prosesser målt i Mt CO ₂ e/år.
Price Primary Energy Coal Index Price Primary Energy Oil Index Price Primary Energy Gas Index	Indeksert pris for valgt råvare på primærnivå (Indeks: 2020 = 1). Representerer spotprisen i det globale eller regionale markedet.
Primary Energy Coal w/ CCS Primary Energy Oil w/ CCS Primary Energy Gas w/ CCS	Totalt konsum av valgt råvare til primær energi i kombinasjon med CCS (karbonfangst og -lagring). Målt i EJ/år. Primær energi er en betegnelse på energiformer som finnes i naturen og ikke er omformet.
Price Secondary Energy Electricity Index	Indeksert pris for elektrisitet på sekundært nivå (Indeks: 2020 = 1). Representerer prisen industrielle kunder av stor skala betaler for elektrisitet. Prisen inkluderer effekten av karbonpris.
Secondary Energy Electricity Coal w/o CCS Secondary Energy Electricity Oil w/o CCS Secondary Energy Electricity Gas w/o CCS Secondary Energy Electricity Non-Biomass Renewables w/o CCS	Netto elektrisitetsproduksjon med valgt råvare som innsatsfaktor, uten noen form for fangst eller lagring av klimagasser. Målt i EJ/år. Sekundær energi er en betegnelse på en energibærer som er omdannet fra primær energi til eksempelvis elektrisitet.

Vedlegg C: Regioninndeling

Tabell 16: Regioninndeling i IIASAs database

Region	Beskrivelse	Antall land (totalt 198)
R5.2OECD90+EU	Land i OECD og EU	48
R5.2REF	Land i Øst-Europa og Asia som tidligere var en del av Sovjetunionen.	12
R5.2ASIA	De fleste asiatiske land, med unntak av land i Midtøsten, Japan og land som tidligere var en del av Sovjetunionen.	34
R5.2MAF	Land i Midtøsten og Afrika.	69
R5.2LAM	Land i Sør-Amerika og Karibia.	35

Vedlegg D: Henføring fra NACE til CPRS

NACE Rev2 4-digit codes	Sectors	CPRS 2017	CPRS 2019
B5.1-B6.2, B8.9.2, B9.1, C19.1-C19.2, C20.1.1, C28.9.2, D35.2, F43.1.2, F43.1.3, H49.5	Fossil-fuel	1-fossil	1-fossil coal 1-fossil oil 1-fossil gas
B7.1, B7.2.9, B8.9.1, B8.9.3, B8.9.9, C10.2, C10.6.2, C10.8.1, C19.8.6, C11.0.1, C11.0.2, C11.0.4, C11.0.6, C13.1-C15.2, C16.2.9-C17.1.2, C17.2.4, C20.1.2-C20.2, C20.4.2, C20.5.3-C22.1.9, C23.1.1, C23.1.3-C23.5, C23.7, C23.9.1, C24.1-C24.2, C24.4-C24.4.6, C24.5.1, C24.5.3., C25.4, C25.7, C25.9.4-C28.9.1, C28.9.3-C29.1, C29.3.1, C30.3, C30.9, C31.0.9-C32.9,	Energy-intensive	2-utility	2-utility electricity coal 2-utility electricity gas 2-utility electricity solar 2-utility electricity wind 2-utility electricity biomass 2-utility electricity marine 2-utility electricity nuclear 2-utility other 2-utility water&sewerage 2-utility waste
C23.6.1, C23.6.2, C31.0.1-C31.0.3, F41.1, F41.2, F43.1-F43.9, I55.1, L68	Housing		
D35.1, F42.2.2	Utilities		
H49.1-H49.4, H50-H51.2.1, H52.5-H53.2.0	Transport		
K	Finance		
Other	Other	3-energy-intensive	3-energy-intensive

Venstre panel viser henføringen fra NACE Rev2 til CPRS 2017. Høyre panel viser overgangen mellom CPRS 2017 og CPRS 2019 (Battiston et al., 2017; Battiston et al., 2019b).

Figur 30: Inndeling i CPRS basert på NACE-sektorer.

Vedlegg E: Sensitivitet til estimat på WACC

Tabell 17: Sensitivitet til estimat på WACC

I tabellene under er WACC først endret (-3% til +10%) fra de sektorspesifikke estimatene i scenarioanalysen. Det er også gjort sensitivitetsanalyser med uniforme WACC-estimater for alle selskaper i intervallet 5% til 15%. Sensitivitetsanalysen er kjørt med de representative scenarioene fra NGFS. For REMIND-MAGPIE er dette Current Policies, Immediate 2C with CDR og Immediate 2C with limited CDR. MESSAGEix-GLOBIOM bruker Immediate 2C with CDR som uforutsigbart scenario.

Sensitivitet til WACC	REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Orderly)			REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
- 3%	-1,29 %	-3,95 %	-1,00 %	-2,03 %	-7,43 %	-1,47 %
- 1%	-0,91 %	-3,15 %	-0,67 %	-1,38 %	-5,81 %	-0,92 %
0 %	-0,74 %	-2,78 %	-0,51 %	-1,13 %	-5,05 %	-0,70 %
+ 1%	-0,59 %	-2,45 %	-0,38 %	-0,89 %	-4,34 %	-0,53 %
+ 3%	-0,36 %	-1,88 %	-0,19 %	-0,54 %	-3,15 %	-0,26 %
+ 5%	-0,20 %	-1,47 %	-0,06 %	-0,29 %	-2,25 %	-0,08 %
+10%	0,01 %	-0,86 %	0,11 %	0,04 %	-0,95 %	0,15 %
Alle 5%	-0,73 %	-3,03 %	-0,48 %	-1,25 %	-5,78 %	-0,77 %
Alle 10%	-0,22 %	-1,64 %	-0,06 %	-0,40 %	-2,78 %	-0,14 %
Alle 15%	-0,02 %	-1,00 %	0,10 %	-0,03 %	-1,29 %	0,11 %

Sensitivitet til WACC	MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Orderly)			MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
- 3%	-0,06 %	1,66 %	-0,22 %	0,41 %	3,15 %	0,15 %
- 1%	0,29 %	2,25 %	0,11 %	0,76 %	3,97 %	0,45 %
0 %	0,41 %	2,48 %	0,21 %	0,88 %	4,74 %	0,54 %
+ 1%	0,49 %	2,66 %	0,28 %	0,97 %	4,79 %	0,60 %
+ 3%	0,60 %	2,86 %	0,39 %	1,11 %	5,45 %	0,68 %
+ 5%	0,65 %	2,83 %	0,44 %	1,18 %	5,80 %	0,73 %
+10%	0,65 %	2,26 %	0,50 %	1,21 %	5,48 %	0,79 %
Alle 5%	0,30 %	1,87 %	0,16 %	0,74 %	3,87 %	0,44 %
Alle 10%	0,58 %	2,28 %	0,42 %	1,13 %	5,46 %	0,71 %
Alle 15%	0,59 %	1,80 %	0,48 %	1,16 %	5,09 %	0,78 %

Vedlegg F: Sensitivitet til EBIT-margin

Tabell 18: Sensitivitet til estimat på EBIT-margin

I tabellene under er EBIT først endret (-5% til +10%) fra de sektorspesifikke estimatene i scenarioanalysen. Det er også gjort sensitivitetsanalyser med uniforme WACC-estimer for alle selskaper i intervallet 5% til 15%. Sensitivitetsanalysen er kjørt med de representative scenarioene fra NGFS. For REMIND-MAGPIE er dette Current Policies, Immediate 2C with CDR og Immediate 2C with limited CDR. MESSAGEix-GLOBIOM bruker Immediate 2C with CDR som uforutsigbart scenario.

Sensitivitet til EBIT	REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Orderly)			REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
- 5 %	-1,03 %	-4,65 %	-0,65 %	-1,83 %	-8,89 %	-1,10 %
0 %	-0,74 %	-2,78 %	-0,51 %	-1,13 %	-5,05 %	-0,70 %
+ 5 %	-0,63 %	-2,15 %	-0,46 %	-0,88 %	-3,65 %	-0,58 %
+ 10 %	-0,58 %	-1,83 %	-0,44 %	-0,75 %	-2,94 %	-0,52 %
Alle 5%	-1,41 %	-5,01 %	-1,03 %	-2,44 %	-9,49 %	-1,71 %
Alle 10%	-0,89 %	-2,92 %	-0,67 %	-1,37 %	-5,26 %	-0,96 %
Alle 15%	-0,72 %	-2,23 %	-0,55 %	-1,02 %	-3,77 %	-0,73 %

Sensitivitet til EBIT	MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Orderly)			MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
- 5 %	0,11 %	0,79 %	0,06 %	0,64 %	2,98 %	0,42 %
0 %	0,41 %	2,48 %	0,21 %	0,88 %	4,39 %	0,53 %
+ 5 %	0,50 %	3,04 %	0,26 %	0,96 %	4,86 %	0,57 %
+ 10 %	0,55 %	3,32 %	0,28 %	0,99 %	5,10 %	0,59 %
Alle 5%	-0,17 %	0,70 %	-0,25 %	0,51 %	2,90 %	0,28 %
Alle 10%	0,28 %	2,42 %	0,08 %	0,82 %	4,35 %	0,48 %
Alle 15%	0,43 %	3,00 %	0,18 %	0,92 %	4,84 %	0,54 %

Vedlegg G: Sensitivitet til estimat på kostnadsoverføring

Tabell 19: Sensitivitet til estimat på kostnadsoverføring

Tabellene viser den estimerte overgangsriskoen i porteføljen med ulike nivåer av kostnadsoverføring fra bedriftene til verdikjeden. Sensitivitetsanalysen er kjørt med de representative scenarioene fra NGFS. For REMIND-MAGPIE er dette Current Policies, Immediate 2C with CDR og Immediate 2C with limited CDR. MESSAGEix-GLOBIOM bruker Immediate 2C with CDR som uforutsigbart scenario.

Sensitivitet til kostnadsoverføring	REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Orderly)			REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
0 % (Selskapene tar 100% av kostnaden)	-1,09 %	-4,73 %	-0,72 %	-1,91 %	-9,04 %	-1,19 %
25 % (Selskapene tar 75 % av utslippskostnadene)	-0,91 %	-3,76 %	-0,62 %	-1,51 %	-7,11 %	-0,94 %
50 % (Selskapene tar 50 % av utslippskostnadene)	-0,74 %	-2,78 %	-0,53 %	-1,13 %	-5,05 %	-0,70 %
75 % (Selskapene tar 25 % av utslippskostnadene)	-0,56 %	-1,81 %	-0,43 %	-0,73 %	-2,91 %	-0,50 %
100 % (Selskapene tar 0 % av utslippskostnadene)	-0,39 %	-0,84 %	-0,34 %	-0,35 %	-0,75 %	-0,31 %

Sensitivitet til kostnadsoverføring	MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Orderly)			MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
0 % (Selskapene tar 100% av kostnaden)	0,08 %	0,82 %	0,00 %	0,62 %	2,98 %	0,38 %
25 % (Selskapene tar 75 % av utslippskostnadene)	0,24 %	1,64 %	0,10 %	0,75 %	3,68 %	0,45 %
50 % (Selskapene tar 50 % av utslippskostnadene)	0,41 %	2,48 %	0,20 %	0,88 %	4,39 %	0,52 %
75 % (Selskapene tar 25 % av utslippskostnadene)	0,56 %	3,32 %	0,28 %	1,00 %	5,10 %	0,59 %
100 % (Selskapene tar 0 % av utslippskostnadene)	0,72 %	4,17 %	0,37 %	1,12 %	5,81 %	0,65 %

Vedlegg H: Sensitivitet til risikofri rente i Merton-modellen

Tabell 20: Sensitivitet til risikofri rente

Tabellene viser hvor sensitiv den estimerte overgangsrisikoen er for risikofri rente i Merton-modellen. Sensitivitetsanalysen er kjørt med de representative scenarioene fra NGFS. For REMIND-MAGPIE er dette Current Policies, Immediate 2C with CDR og Immediate 2C with limited CDR. MESSAGEix-GLOBIOM bruker Immediate 2C with CDR som uforutsigbart scenario.

Sensitivitet til risikofri rente i Merton-modellen	REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Orderly)			REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
0,00 %	-0,76 %	-2,83 %	-0,54 %	-1,14 %	-5,12 %	-0,73 %
0,50 %	-0,75 %	-2,81 %	-0,53 %	-1,13 %	-5,09 %	-0,72 %
1,00 %	-0,74 %	-2,80 %	-0,52 %	-1,13 %	-5,07 %	-0,71 %
1,50 %	-0,74 %	-2,78 %	-0,51 %	-1,13 %	-5,05 %	-0,70 %
2,00 %	-0,72 %	-2,77 %	-0,50 %	-1,10 %	-5,02 %	-0,69 %
2,50 %	-0,71 %	-2,76 %	-0,49 %	-1,09 %	-5,00 %	-0,68 %
3,00 %	-0,70 %	-2,74 %	-0,48 %	-1,08 %	-4,98 %	-0,67 %
5,00 %	-0,62 %	-2,69 %	-0,41 %	-1,00 %	-4,89 %	-0,60 %

Sensitivitet til risikofri rente i Merton-modellen	MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Orderly)			MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
0,00 %	0,61 %	2,62 %	0,42 %	1,18 %	4,60 %	0,85 %
0,50 %	0,54 %	2,57 %	0,35 %	1,07 %	4,52 %	0,73 %
1,00 %	0,47 %	2,52 %	0,27 %	0,97 %	4,46 %	0,63 %
1,50 %	0,41 %	2,48 %	0,21 %	0,88 %	4,39 %	0,53 %
2,00 %	0,35 %	2,44 %	0,15 %	0,80 %	4,33 %	0,46 %
2,50 %	0,31 %	2,40 %	0,11 %	0,73 %	4,27 %	0,39 %
3,00 %	0,27 %	2,36 %	0,07 %	0,68 %	4,22 %	0,33 %
5,00 %	0,17 %	2,24 %	-0,04 %	0,52 %	4,03 %	0,16 %

Vedlegg I: Sensitivitet til (T-t) i Merton-modellen

Tabell 21: Sensitivitet til tid til forfall.

Tabellene viser forholdet mellom estimert overgangsrisiko og tid til forfall i Merton-modellen. I denne sensitivitetsanalysen er tid til forfall satt likt for alle selskaper, mens det i scenarioanalysen er brukt selskapsspesifikke durasjonsestimater. Sensitivitetsanalysen er kjørt med de representative scenarioene fra NGFS. For REMIND-MAgPIE er dette Current Policies, Immediate 2C with CDR og Immediate 2C with limited CDR. MESSAGEix-GLOBIOM bruker Immediate 2C with CDR som uforutsigbart scenario.

Sensitivitet til tid til forfall (T-t) i Merton-modellen	REMIND-MAgPIE Estimert overgangsrisiko (Orderly)			REMIND-MAgPIE Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
1 år	-0,83 %	-3,26 %	-0,58 %	-1,16 %	-5,86 %	-0,69 %
3 år	-0,78 %	-3,04 %	-0,54 %	-1,18 %	-5,43 %	-0,74 %
5 år	-0,45 %	-2,91 %	-0,20 %	-0,78 %	-5,19 %	-0,33 %
7 år	-0,14 %	-2,82 %	0,14 %	-0,34 %	-5,03 %	0,14 %
9 år	0,12 %	-2,75 %	0,41 %	0,05 %	-4,91 %	0,56 %
Portefølje median (4,3 år)	-0,74 %	-2,88 %	-0,51 %	-1,13 %	-5,18 %	-0,70 %

Sensitivitet til tid til forfall (T-t) i Merton-modellen	MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Orderly)			MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
1 år	-0,02 %	2,55 %	-0,28 %	0,29 %	4,77 %	-0,16 %
3 år	0,22 %	2,49 %	-0,01 %	0,63 %	4,56 %	0,23 %
5 år	0,80 %	2,38 %	0,64 %	1,25 %	4,33 %	0,94 %
7 år	1,46 %	2,27 %	1,37 %	1,93 %	4,13 %	1,71 %
9 år	2,10 %	2,17 %	2,09 %	2,58 %	3,97 %	2,44 %
Portefølje median (4,3 år)	0,41 %	2,48 %	0,20 %	0,88 %	4,39 %	0,52 %

Vedlegg J: Sensitivitet til volatilitetsestimater i Merton-modellen

Tabell 22: Sensitivitet til volatilitet i eiendeler

Tabellene viser forholdet mellom volatilitet i eiendeler i Merton-modellen og estimert overgangsrisiko for Gjensidiges investeringsportefølje. I tabellen er volatilitet i eiendeler satt likt for alle posisjoner, mens det i scenarioanalysen blir brukt selskappsspesifikke estimater. Sensitivitetsanalysen er kjørt med de representative scenarioene fra NGFS. For REMIND-MAGPIE er dette Current Policies, Immediate 2C with CDR og Immediate 2C with limited CDR. MESSAGEix-GLOBIOM bruker Immediate 2C with CDR som uforutsigbart scenario.

Sensitivitet til volatilitetsestimat i Merton-modellen	REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Orderly)			REMIND-MAGPIE Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
1 %	-0,36 %	-3,29 %	-0,06 %	-0,60 %	-5,93 %	-0,06 %
3 %	-0,36 %	-3,27 %	-0,07 %	-0,62 %	-5,92 %	-0,08 %
5 %	-0,41 %	-3,26 %	-0,12 %	-0,66 %	-5,91 %	-0,13 %
10 %	-0,58 %	-3,23 %	-0,31 %	-0,81 %	-5,85 %	-0,30 %
20 %	-0,58 %	-3,10 %	-0,33 %	-0,82 %	-5,60 %	-0,33 %
30 %	-0,21 %	-2,95 %	0,07 %	-0,31 %	-5,32 %	0,20 %
40 %	0,33 %	-2,82 %	0,65 %	0,51 %	-5,07 %	1,08 %
50 %	0,86 %	-2,70 %	1,22 %	1,37 %	-4,86 %	2,00 %
70 %	1,69 %	-2,52 %	2,12 %	2,79 %	-4,53 %	3,53 %
90 %	2,25 %	-2,40 %	2,72 %	3,81 %	-4,31 %	4,63 %

Sensitivitet til volatilitetsestimat i Merton-modellen	MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Orderly)			MESSAGEix-GLOBIOM Estimert overgangsrisiko (Disorderly)		
	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner	Total portefølje	Aksjer	Obligasjoner
1 %	-0,47 %	-4,12 %	-0,10 %	0,38 %	4,81 %	-0,07 %
3 %	-0,49 %	-4,12 %	-0,13 %	0,37 %	4,82 %	-0,08 %
5 %	-0,53 %	-4,11 %	-0,16 %	0,37 %	4,82 %	-0,09 %
10 %	-0,56 %	-4,08 %	-0,20 %	0,39 %	4,83 %	-0,07 %
20 %	-0,29 %	-3,94 %	0,08 %	0,95 %	4,78 %	0,56 %
30 %	0,23 %	-3,78 %	0,63 %	2,24 %	4,61 %	2,00 %
40 %	0,81 %	-3,64 %	1,26 %	4,05 %	4,41 %	4,02 %
50 %	1,34 %	-3,52 %	1,83 %	6,04 %	4,23 %	6,23 %
70 %	2,12 %	-3,33 %	2,67 %	9,68 %	3,95 %	10,27 %
90 %	2,62 %	-3,19 %	3,22 %	12,54 %	3,78 %	13,43 %

Vedlegg K: Verdsettelsessjokk

Tabell 23: Oversikt over sjokkfaktorer

Tabellen viser en fullstendig oversikt over sjokkfaktorene for alle klimapolitisk relevante sektorer. Tallestimatene viser ε_k -estimater for alle sektorer, i alle kombinasjoner av scenarier og modeller, og gjør det mulig å anvende modelleringen av de klimapolitisk relevante sektorene på andre investeringsporteføljer. Sjokkfaktorene for sektorene Finance & Other ville vært 1,00 dersom de var inkludert i tabellen. MG = MESSAGEix-GLOBIOM og RM = REMIND-MAGPIE.

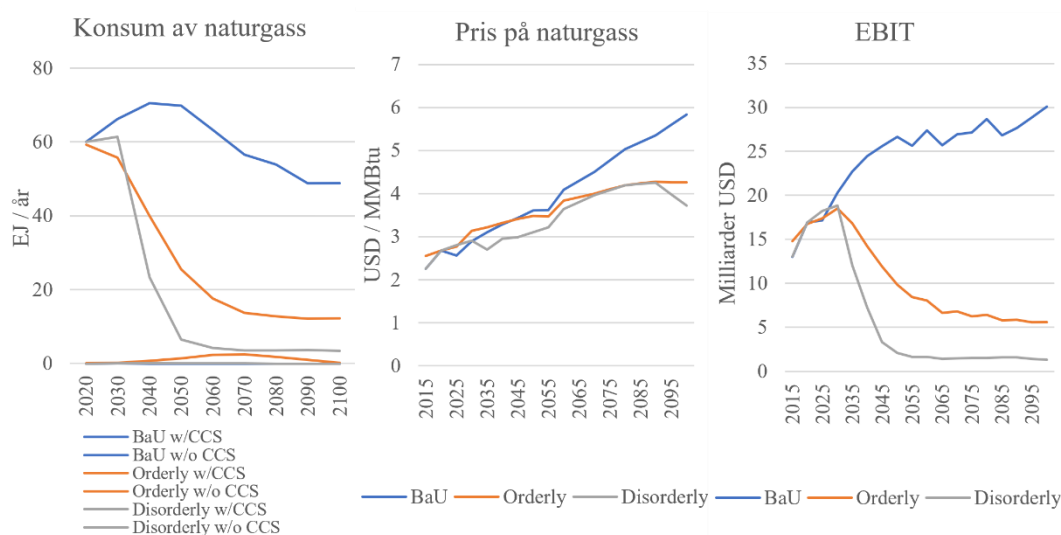
BaU	Orderly	Disorderly	Regions (RS)	Orderly										Disorderly									
				Fossil			Utility Electricity				Housing	Transport	Energy Intensive	Fossil			Utility Electricity				Housing	Transport	Energy Intensive
				Oil	Gas	Coal	Oil	Coal	Gas	Renewables				Oil	Gas	Coal	Oil	Coal	Gas	Renewables			
RM Current policies	RM Immediate 2C with CDR	RM Delayed 2C with limited CDR	OECD & EU	0,88	0,78	0,56	1,05	0,57	0,59	1,40	0,99	0,90	0,97	0,81	0,69	0,59	1,12	0,58	0,69	1,71	0,98	0,75	0,92
			REF	1,17	0,58	0,09	1,07	0,31	0,33	1,83	0,95	0,75	0,86	0,94	0,71	0,29	1,15	0,98	0,64	2,15	0,93	0,61	0,80
			LAM	0,82	0,66	0,09	1,02	0,27	0,56	1,19	0,98	0,80	0,92	0,81	0,57	0,10	1,03	0,43	0,80	1,34	0,96	0,42	0,79
			MAF	0,94	0,59	0,11	1,07	0,30	0,47	1,63	0,94	0,54	0,77	0,77	0,57	0,23	1,01	0,38	0,54	2,03	0,89	0,04	0,56
			ASIA	1,02	0,90	0,33	1,11	0,33	0,91	1,64	0,96	0,74	0,84	0,86	0,70	0,53	1,04	0,59	0,91	2,01	0,92	0,45	0,71
RM NDCs	RM Immediate 2C with CDR	RM Delayed 2C with limited CDR	OECD & EU	0,88	0,85	0,79	0,94	0,86	0,63	1,18	0,99	0,95	0,99	0,81	0,75	0,83	1,00	0,87	0,74	1,44	0,98	0,79	0,96
			REF	1,18	0,61	0,11	1,07	0,31	0,36	1,60	0,95	0,76	0,87	0,94	0,75	0,36	1,15	0,97	0,70	1,88	0,93	0,62	0,82
			LAM	0,76	0,71	0,43	0,99	0,64	0,63	1,10	0,99	0,89	0,97	0,74	0,62	0,47	1,00	1,02	0,89	1,24	0,97	0,47	0,85
			MAF	0,94	0,60	0,12	1,06	0,42	0,50	1,49	0,95	0,57	0,79	0,77	0,59	0,26	1,00	0,54	0,58	1,85	0,90	0,04	0,59
			ASIA	0,98	0,90	0,41	1,09	0,42	0,89	1,45	0,97	0,77	0,88	0,83	0,70	0,65	1,02	0,76	0,89	1,77	0,93	0,47	0,76
RM Current policies	RM Immediate 2C with limited CDR	RM Delayed 2C with CDR	OECD & EU	0,82	0,68	0,47	1,15	0,41	0,56	1,61	0,98	0,83	0,94	0,87	0,77	0,60	1,12	0,60	0,72	1,43	0,99	0,89	0,96
			REF	1,10	0,47	0,08	1,16	0,32	0,27	2,04	0,93	0,60	0,77	1,05	0,77	0,28	1,04	0,91	0,64	1,89	0,96	0,79	0,89
			LAM	0,72	0,53	0,08	1,06	0,28	0,45	1,34	0,96	0,69	0,87	0,84	0,68	0,10	1,03	0,42	0,79	1,15	0,98	0,77	0,92
			MAF	0,83	0,46	0,10	1,19	0,27	0,41	1,85	0,91	0,28	0,66	0,89	0,67	0,22	1,01	0,43	0,60	1,66	0,95	0,60	0,79
			ASIA	0,91	0,77	0,32	1,20	0,32	0,88	1,89	0,94	0,58	0,77	0,98	0,80	0,53	1,03	0,57	0,90	1,64	0,96	0,76	0,85
RM NDCs	RM Immediate 2C with limited CDR	RM Delayed 2C with CDR	OECD & EU	0,82	0,74	0,67	1,03	0,62	0,60	1,36	0,99	0,88	0,97	0,87	0,83	0,85	1,00	0,89	0,77	1,20	0,99	0,94	0,99
			REF	1,10	0,49	0,10	1,16	0,32	0,29	1,78	0,93	0,61	0,79	1,06	0,81	0,35	1,04	0,90	0,70	1,65	0,96	0,81	0,91
			LAM	0,66	0,58	0,40	1,03	0,67	0,50	1,23	0,97	0,77	0,93	0,77	0,74	0,49	1,00	1,01	0,88	1,06	0,99	0,86	0,97
			MAF	0,83	0,47	0,12	1,19	0,39	0,43	1,69	0,92	0,29	0,68	0,89	0,69	0,25	1,00	0,61	0,64	1,52	0,95	0,63	0,81
			ASIA	0,88	0,77	0,39	1,18	0,41	0,86	1,67	0,94	0,60	0,81	0,94	0,80	0,65	1,02	0,74	0,88	1,45	0,97	0,78	0,89
RM Current policies	RM Immediate 1.5C with CDR	RM Immediate 1.5C with limited CDR	OECD & EU	0,77	0,68	0,48	1,12	0,44	0,53	1,55	0,98	0,87	0,95	0,64	0,47	0,48	1,42	0,47	0,43	2,01	0,96	0,62	0,88
			REF	1,05	0,47	0,08	1,15	0,32	0,26	2,00	0,93	0,67	0,81	0,96	0,42	0,09	1,29	0,32	0,23	2,06	0,88	0,04	0,45
			LAM	0,70	0,53	0,08	1,06	0,28	0,45	1,20	0,97	0,73	0,89	0,63	0,38	0,09	1,09	0,28	0,46	1,45	0,94	0,05	0,67
			MAF	0,76	0,45	0,10	1,18	0,24	0,37	1,81	0,92	0,43	0,70	0,56	0,34	0,11	1,37	0,17	0,26	2,20	0,84	-0,51	0,35
			ASIA	0,88	0,78	0,32	1,20	0,32	0,84	1,83	0,94	0,63	0,77	0,65	0,59	0,34	1,37	0,37	0,75	2,37	0,86	0,13	0,57
RM NDCs	RM Immediate 1.5C with CDR	RM Immediate 1.5C with limited CDR	OECD & EU	0,77	0,73	0,68	1,00	0,65	0,57	1,30	0,99	0,92	0,98	0,64	0,51	0,69	1,27	0,69	0,46	1,69	0,97	0,65	0,94
			REF	1,06	0,50	0,10	1,15	0,32	0,29	1,74	0,94	0,68	0,83	0,96	0,44	0,11	1,29	0,32	0,25	1,80	0,88	0,04	0,47
			LAM	0,64	0,58	0,39	1,03	0,66	0,50	1,10	0,98	0,81	0,95	0,58	0,41	0,42	1,06	0,68	0,51	1,34	0,95	0,06	0,74
			MAF	0,76	0,46	0,12	1,18	0,35	0,39	1,65	0,93	0,45	0,72	0,56	0,35	0,12	1,36	0,24	0,28	2,00	0,85	-0,53	0,37
			ASIA	0,85	0,78	0,39	1,18	0,41	0,82	1,62	0,95	0,65	0,81	0,63	0,58	0,42	1,35	0,47	0,74	2,09	0,87	0,13	0,63
MG Current policies	MG Immediate 2C with CDR	MG Delayed 2C with CDR	OECD & EU	0,82	1,14	0,32	1,29	0,32	1,26	3,06	0,99	0,86	0,98	0,88	1,69	0,69	0,95	0,34	1,78	2,94	0,99	0,90	0,97
			REF	0,67	0,95	0,28	1,00	0,13	1,37	6,63	0,97	0,79	0,95	0,70	0,93	1,36	1,00	0,31	0,95	7,91	0,98	0,86	0,94
			LAM	0,56	0,66	0,31	1,26	0,43	0,64	5,12	0,99	0,83	0,97	0,91	0,81	1,31	0,90	0,63	0,56	2,72	0,99	0,88	0,97
			MAF	0,60	0,94	0,33	1,51	0,11	1,23	6,54	0,97	0,75	0,92	0,77	1,44	1,19	1,26	0,16	1,88	5,73	0,97	0,77	0,91
			ASIA	0,83	1,30	0,43	1,38	0,24	1,39	3,65	0,98	0,85	0,92	0,96	1,98	0,99	1,06	0,45	1,97	4,59	0,99	0,88	0,93
MG NDCs	MG Immediate 2C with CDR	MG Delayed 2C with CDR	OECD & EU	0,68	0,67	0,56	1,18	1,04	0,68	2,46	0,99	0,87	0,98	0,73	0,99	1,18	0,86	1,10	0,96	2,36	0,99	0,91	0,97
			REF	0,72	0,94	0,24	1,00	0,42	0,86	5,61	0,97	0,79	0,95	0,75	0,93	1,16	1,00	0,98	0,60	6,70	0,99	0,86	0,94
			LAM	0,46	0,72	0,22	1,34	1,08	0,64	5,15	0,99	0,83	0,98	0,75	0,88	0,92	0,95	1,59	0,55	2,73	0,99	0,89	0,97
			MAF	0,56	0,83	0,18	1,33	0,10	0,82	5,31	0,97	0,74	0,91	0,72	1,28	0,64	1,11	0,15	1,26	4,65	0,97	0,77	0,91
			ASIA	0,68	0,67	0,56	1,18	1,04	0,68	2,46	0,99	0,87	0,98	0,73	0,99	1,18	0,86	1,10	0,96	2,36	0,99	0,91	0,97
MG Current policies	MG Immediate 2C with limited CDR	MG Delayed 2C with CDR	OECD & EU	0,68	1,42	-	1,15	0,34	1,50	1,36	0,98	0,73	0,92	0,88	1,69	0,69	0,95	0,34	1,78	2,94	0,99	0,90	0,97
			REF	0,46	0,82	-	1,00	0,14	0,86	1,85	0,97	0,67	0,87	0,70	0,93	1,36	1,00	0,31	0,95	7,91	0,98	0,86	0,94
			LAM	0,47	0,56	-	0,93	0,51	0,42	1,18	0,99	0,77	0,92	0,91	0,81	1,31	0,90	0,63	0,56	2,72	0,99	0,88	0,97
			MAF	0,62	1,07	-	1,37	0,13	1,01	1,34	0,97	0,41	0,79	0,77	1,44	1,19	1,26	0,16	1,88	5,73	0,97	0,77	0,91
			ASIA	0,72	1,26	-	1,22	0,21	1,26	1,63	0,98	0,69	0,83	0,96	1,98	0,99	1,06	0,45	1,97	4,59	0,99	0,88	0,93
MG NDCs	MG Immediate 2C with limited CDR	MG Delayed 2C with CDR	OECD & EU	0,57	0,83	-	1,04	1,09	0,81	1,10	0,99	0,74	0,93	0,73	0,99	1,18	0,86	1,10	0,96	2,36	0,99	0,91	0,97
			REF	0,50	0,82	-	1,00	0,44	0,54	1,56	0,97	0,67	0,87	0,75	0,93	1,16	1,00	0,98	0,60	6,70	0,99	0,86	0,94
			LAM	0,39	0,61	-	0,99	1,28	0,42	1,19	0,99	0,78	0,93	0,75	0,88	0,92	0,95	1,59	0,55	2,73	0,99	0,89	0,97
			MAF	0,58	0,95	-	1,20	0,11	0,68	1,08	0,97	0,40	0,79	0,72	1,28	0,64	1,11	0,15	1,26	4,65	0,97	0,77	0,91
			ASIA	0,63	0,73	-	1,01	0,21	0,54	1,09	0,98	0,69	0,83	0,84	1,15	0,80	0,87	0,44	0,84	3,07	0,99	0,88	0,93
MG Current policies	MG Immediate 1.5C with CDR	MG Immediate 1.5C with limited CDR	OECD & EU	0,83	1,35	0,53	1,37	0,34	1,66	3,90	0,98	0,78	0,94	0,54	1,27	0,52	1,29	0,44	1,98	3,38	0,98	0,73	0,92
			REF	0,44	0,98	0,81	1,00	0,18	1,12	10,58	0,97	0,69	0,89	0,38	0,70	0,62	1,00	0,26	0,97	9,44	0,96	0,67	0,85
			LAM	0,50	0,51	0,65	1,35	0,60	0,44	3,34	0,99	0,81	0,95	0,36	0,56	0,49	1,38	0,69	0,66	2,93	0,98	0,68	0,92
			MAF	0,50	1,22	0,61	2,03	0,17	1,47	7,12	0,96	0,61	0,84	0,42	1,26	0,44	2,17	0,23	2,05	4,20	0,96	0,56	0,82
			ASIA	0,58	1,81	0,62	1,83	0,28	1,84	5,36	0,98	0,77	0,88	0,50	1,10	0,54	1,74	0,36	1,85	5,01	0,98	0,76	0,85
MG NDCs	MG Immediate 1.5C with limited CDR	MG Immediate 1.5C with CDR	OECD & EU	0,69	0,79	0,91	1,25	1,11	0,89														

Vedlegg L: Utvikling i viktige variabler i klimapolitisk relevante sektorer

Dette vedlegget beskriver utviklingen i de resterende klimapolitisk relevante sektorene, på samme måte som det gjøres i kapittel 5.1.5 for utvinning og produksjon av olje (Fossil|Oil). Alle beskrivelser gis for OECD og EU for de representative scenarioene fra NGFS. Disse scenarioene er «Current Policies» som BaU, «Immediate 2C with CDR» som forutsigbart scenario og «Delayed 2C with limited CDR» som uforutsigbart overgangsscenario. For modellen MESSAGEix-GLOBIOM brukes «Delayed 2C with CDR» som uforutsigbart scenario ettersom denne klimamodellen ikke modellerer scenarioet «Delayed 2C with limited CDR». I teorien vil dette føre til en mer utstrakt bruk av karbonfangstteknologi i det uforutsigbare scenarioet fra MESSAGEix-GLOBIOM, sammenlignet med REMIND-MAGPIE.

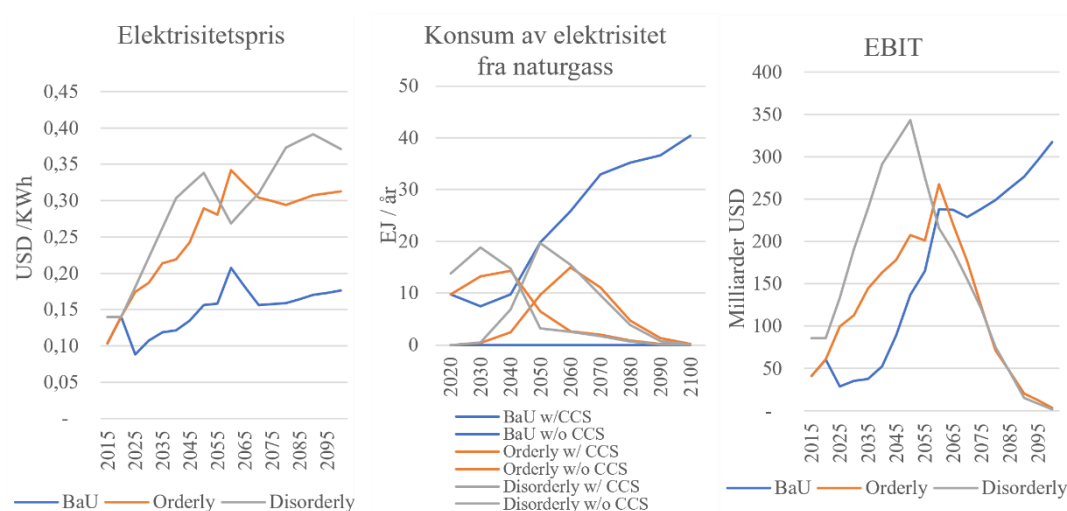
Utvinning og produksjon av naturgass (Fossil|Gas)

Produksjonen av naturgass øker frem til 2050 i BaU med modellen REMIND-MAGPIE, før den avtar og flater ut i 2100 på et nivå marginalt lavere enn 2020. Dette kan sees i Figur 31. I det forutsigbare overgangsscenarioet kuttes produksjonen jevnt fra 2030, og flater ut på ca. 33% av 2020-nivået fra 2060. I det uforutsigbare scenarioet kuttes produksjonen brått fra 2030, og er allerede i 2050 bare 10% av nivået fra 2020. Prisen på naturgass øker relativt likt i alle scenarioer, og er i majoriteten av perioden høyest i det uforutsigbare scenarioet, etterfulgt av BaU og det forutsigbare scenarioet. Det er kun marginal bruk av karbonfangst i alle scenarioer.



Figur 31: Utvinning av naturgass modellert med REMIND-MAGPIE

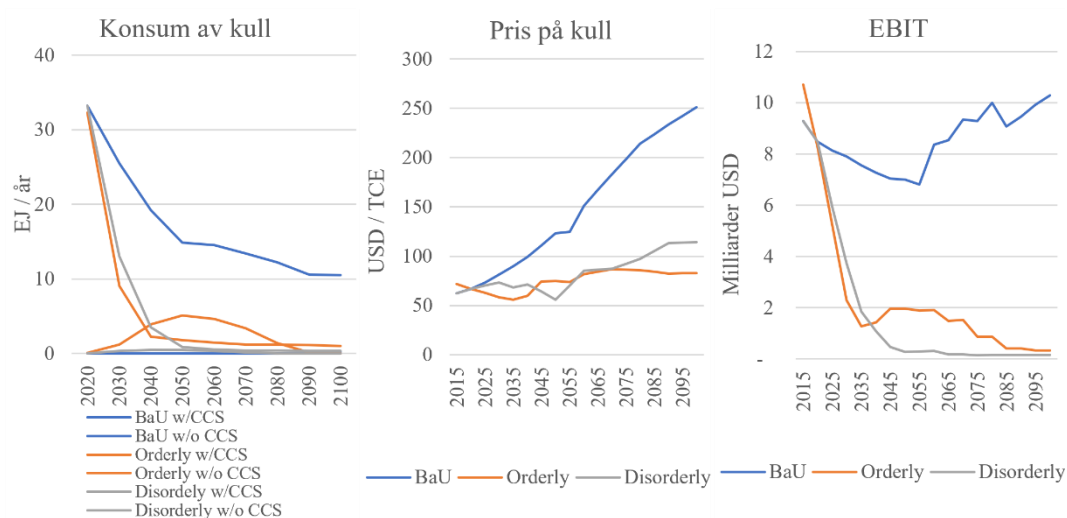
Klimamodellen MESSAGEix-GLOBIOM gir naturgass et positivt fremtidsbilde i EU og OECD. Dette skyldes i stor grad stabil utvikling i pris, samtidig som konsumet holdes oppe på grunn av utstrakt bruk av karbonfangst. Disse trendene vises i Figur 32. BaU modellerer en reduksjon i naturgasskonsum frem mot 2040, før konsumet øker brått de påfølgende årene. De forutsigbare og uforutsigbare overgangsscenarioene modellerer til forskjell en økning i naturgasskonsum frem mot 2040. Fra 2030 til 2090 drives dette av karbonfangst. De høyeste nivåene av naturgass som produseres med karbonfangst finnes i det uforutsigbare scenarioet. Her modelleres dett at 2/3 av produksjonen anvender karbonfangst, noe som gjør at produksjonen i 2050 er høyest i en uforutsigbar overgang, etterfulgt av BaU og det forutsigbare scenarioet. Alle scenarioer modellerer totalt sett en økning i produksjon. Begge overgangsscenarioene modellerer at naturgass produsert med karbonfangst passerer produksjonen uten karbonfangst mellom 2040 og 2050. I det uforutsigbare scenarioet gir dette en dobling i totale inntekter frem mot 2030, og en stabil utvikling frem til 2060. BaU har et brått fall i inntekter i perioden 2020–2025, før det er en jevn stigning gjennom hele århundret. Det forutsigbare scenarioet har samme utvikling som BaU, bortsett fra at inntektene ikke faller i starten av perioden. Fra 2060 faller inntektene brått i både det forutsigbare og uforutsigbare scenarioet brått, slik at de nominelle inntektene i 2080 kun er 30% av 2060-nivåene. Karbonfangst er en sterk driver for resultatene i denne sektoren.



Figur 32: Utvinning av naturgass modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

Utvinning og produksjon av kull (Fossil|Coal)

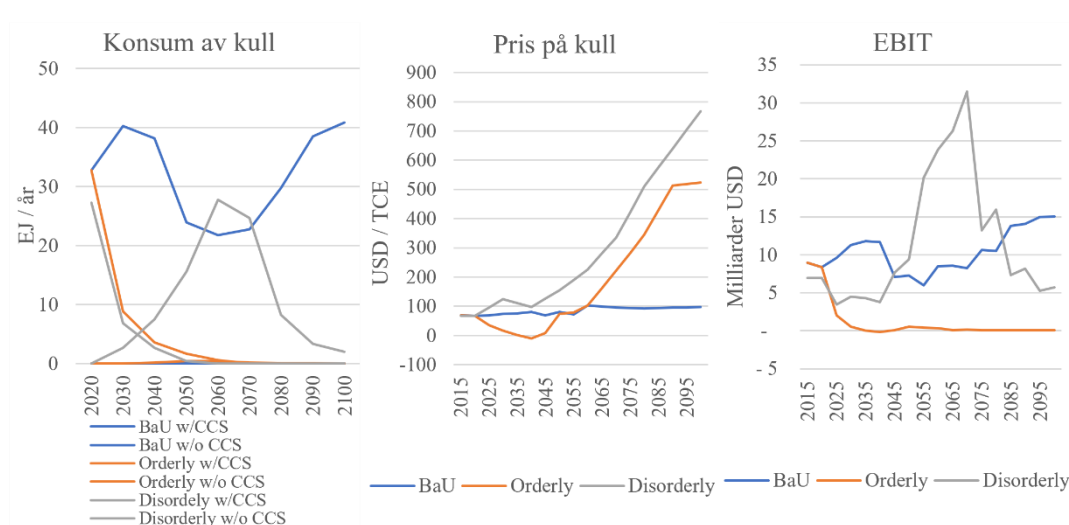
Kull er i med modellen REMIND-MAGPIE den primære energikilden som treffes hardest av overgangsrisiko. I Figur 33 vises det at konsumet i OECD og EU kuttes i BaU fra omtrent 33 EJ til 15 EJ i 2050 og 10 EJ i 2100. I det forutsigbare scenarioet redde kullkonsumet noe av karbonfangst, som tiltar fra 2030 og holder produksjonen på ca. 5 EJ frem til 2060, før det avtar og når et nivå på 1 EJ fra 2080. I det uforutsigbare scenarioet når konsumet dette nivået allerede i 2050 på grunn av manglende karbonfangstteknologi. Prisen stiger jevnt i BaU, men holdes relativt stabil i både det forutsigbare og uforutsigbare scenarioet. Inntektene er modellert som svakt avtakende frem til 2050, og deretter stigende i BaU. For begge typer overgangsscenarioer faller inntektene brått frem til 2030. Inntektene redde noe av karbonfangst i det forutsigbare overgangsscenarioet, men er aldri høyere enn 20% av 2020-nivået i perioden 2030–2100.



Figur 33: Primær energi fra kull i OECD og EU modellert med REMIND-MAGPIE.

Klimamodellen MESSAGEix-GLOBIOM starter med en kullproduksjon på 33 EJ i 2020. Til forskjell fra REMIND-MAGPIE er det et en brå økning i produksjonen opp til 40 EJ i 2030, ned til 25 EJ i 2050 og opp igjen til 40 EJ i 2100. Konsumet i BaU-scenarioet følger med andre ord en S-formet utvikling, slik Figur 34 viser. Det forutsigbare scenarioet har en brå nedgang i produksjon frem mot 2030, og all produksjon forsvinner på 2060-tallet. I dette scenarioet er det ingen bruk av karbonfangst. Det uforutsigbare scenarioet følger samme utvikling som det forutsigbare for produksjon uten karbonfangst, men i tillegg til dette er det modellert økende karbonfangst fra 2020 frem til et toppnivå på 28 EJ i 2060. Dette gjør at det uforutsigbare scenarioet har høyest produksjon i årene 2040–2060. Prisutviklingen varierer kraftig i

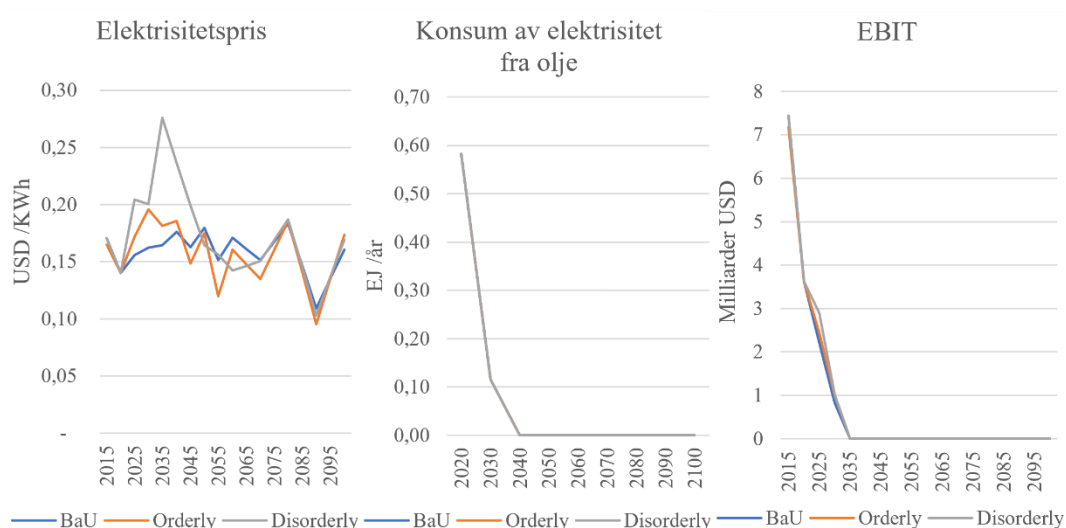
scenarioene. BaU har en lik pris i hele perioden, mens det uforutsigbare scenarioet har en jevnt stigende pris som når et nivå åtte ganger høyere enn 2020-nivået innen 2100. Det forutsigbare scenarioet har først et fall i pris, nesten ned til null i 2040, før det er en jevn stigning resten av århundret. Totalt sett fører dette til at resultatene for kullprodusentene når null allerede i 2030 i det forutsigbare scenarioet. Det uforutsigbare scenarioet har et brått fall i resultat fra 2025 til 2030, og deretter en stabil utvikling frem til 2040. Deretter gjør de høye prisene og de høye karbonfangstnivåene at resultatene mangedobles frem til 2060, før de like brått reduseres frem til 2080. BaU-scenarioet har en stabil, svak positiv utvikling hele perioden. Til sammenligning med naturgass er karbonfangstnivåene en av de viktigste driverne i denne sektoren.



Figur 34: Primær energi fra kull i OECD og EU modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

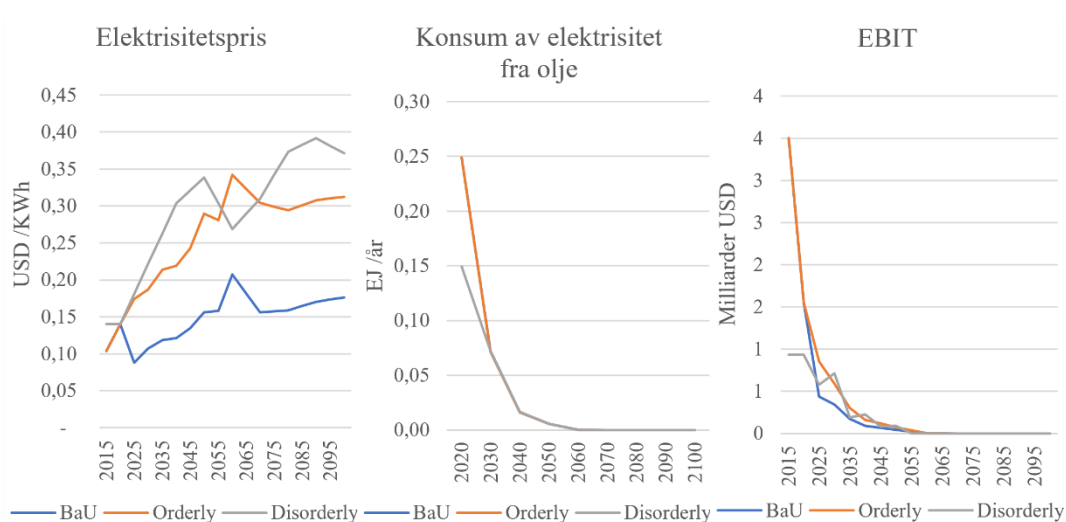
Elektrisitetsproduksjon med olje (Utility|Electricity|Oil)

Elektrisitetsproduksjon fra olje treffes av absurde effekter i estimatene fra REMIND-MAgPIE-modellen. Produksjonen er modellert lik i alle scenarioer og kuttes fullstendig fra 2035 for OECD og EU, som vist i Figur 35. På grunn av økte elektrisitetspriser i begge overgangsscenarioene kommer inntektene ut som høyere, slik at det i sjokkfaktorene ser ut som om oljekraftverk blir en lønnsom virksomhet. Forutsetningen her kan tolkes som at elektrisitet fra olje ikke blir truffet av klimatiltak, ettersom at det allerede skaleres kraftig ned. På veien får det med seg positive effekter fra utviklingen i elektrisitetspris. En forutsetning for at man kan tro på disse resultatene er at man tror oljekraftverk kun er vil ha inntekter ut 2035.



Figur 35: Elektrisitet fra olje i OECD og EU modellert med REMIND-MAGPIE.

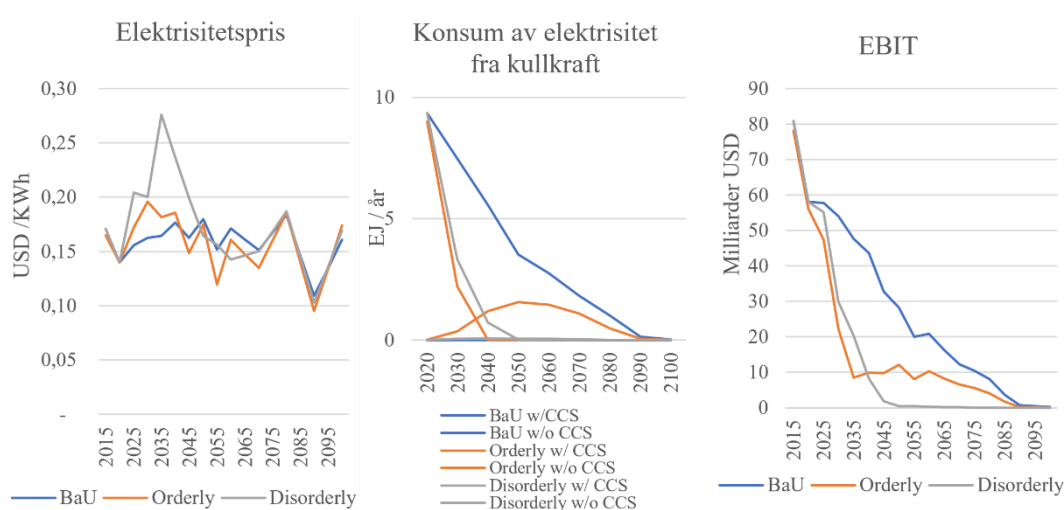
Effektene beskrevet for modellen REMIND-MAGPIE eksisterer også i MESSAGEix-GLOBIOM, slik Figur 36 viser. Elektrisitetsproduksjonen fra olje er marginal i alle scenarioer, med et startpunkt på 0,25 EJ/år. Denne reduseres til 0,03 EJ i 2040 og når null i 2060. Nedgangen i prosent er brå, men det er snakk om lave nivåer. I tillegg er det ingen forskjell på produksjonsnivåene mellom det forutsigbare og uforutsigbare scenarioet, og ingen bruk av karbonfangst. I BaU er elektrisitetsprisen relativt stabil gjennom hele århundret, mens den øker i begge overgangsscenarioene. Det er derfor prisforskjellene som driver utviklingen, og selv om forskjellene kan se store ut, så er markedet smalt.



Figur 36: Elektrisitet fra olje i OECD og EU modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

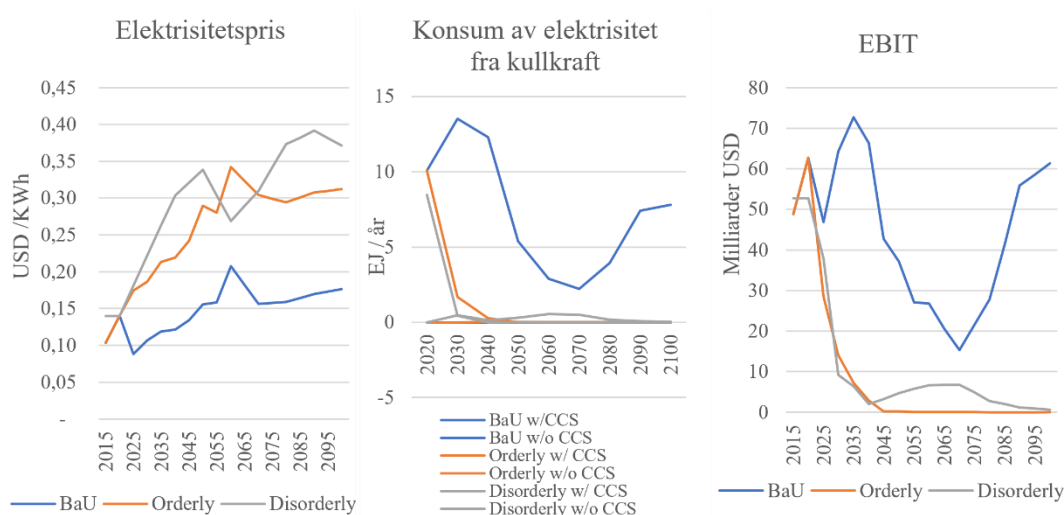
Elektrisitetsproduksjon med kull (Utility Electricity|Coal)

Utviklingen i sekundær energi for kull følger i REMIND-MAGPIE utviklingen i utvinning av kull tett. Produksjonen er noe lavere i BaU, men ellers følger scenarioene de samme trendene. Det anvendes karbonfangstteknologi i det forutsigbare scenarioet, mens det er en brå nedgang i det uforutsigbare scenarioet. Den største forskjellen er at alle scenarioene når en produksjon på null i løpet av tidsperioden. Inntektene avhenger av strømprisen, noe som endrer totalbildet noe. Alle scenarioene har lik utvikling i EBIT frem til 2030. Etter dette går BaU lineært mot null i 2090, mens EBIT i begge overgangsscenarioene går mot null i 2050, som vist i Figur 37.



Figur 37: Elektrisitet fra kull i OECD og EU modellert med REMIND-MAGPIE.

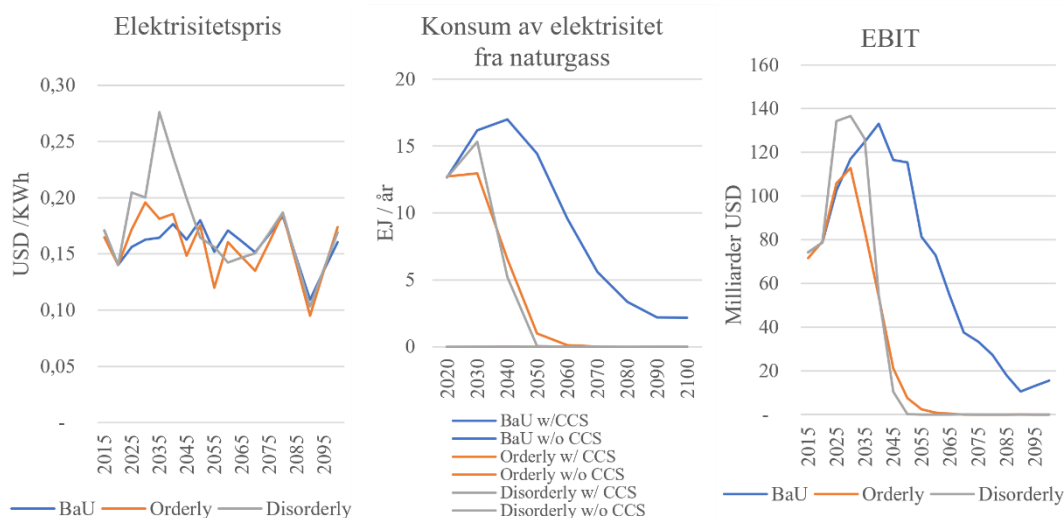
I Figur 38 vises tilsvarende utvikling når scenarioene kjøres med klimamodellen MESSAGEix-GLOBIOM. Konsumet av kull i BaU følger samme S-formede utvikling som ble vist i Figur 34 for primær energi, og viser hvor tett knyttet primær og sekundær kullenergi er knyttet. I overgangsscenarioene faller produksjonen markant frem mot 2030. Konsumet i det forutsigbare scenarioet reddees noe inn av kull produsert med karbonfangst. Totalt sett reduseres EBIT lineært mot null i BaU, mens begge overgangsscenarioer har brått fallende EBIT. I det uforutsigbare scenarioet faller EBIT mot null i 2050, mens det forutsigbare scenarioet opprettholder ca. 10% av dagens EBIT på grunn av produksjonen med karbonfangst.



Figur 38: Elektrisitet fra kull i OECD og EU modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

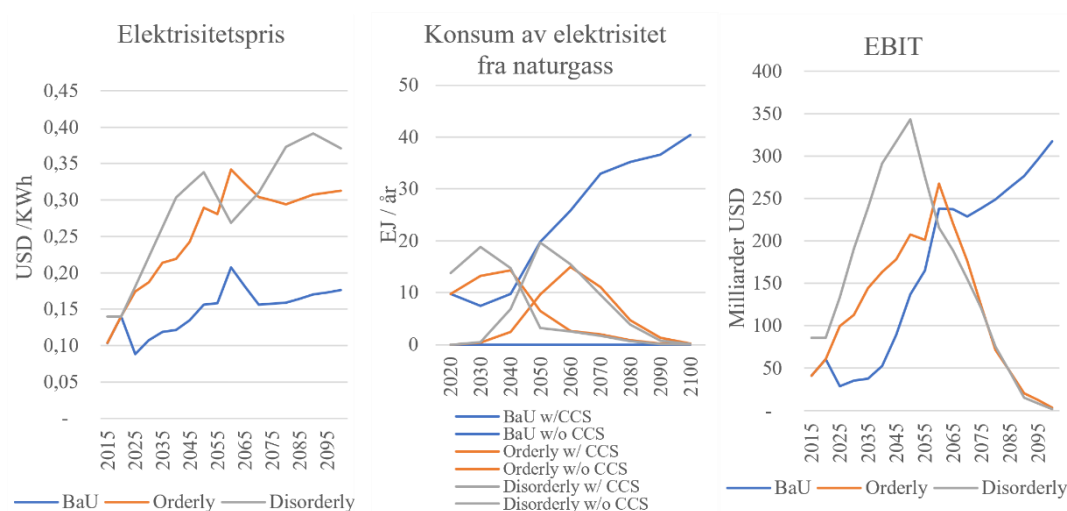
Elektrisitetsproduksjon med naturgass (Utility|Electricity|Gas)

Konsumet av elektrisitet fra naturgass øker frem mot 2030 i alle scenarier modellert med REMIND-MAGPIE, slik Figur 39. I BaU fortsetter veksten frem til 2050, før den reduseres jevnt ned til et nivå som er 20% av 2020-nivået i 2090. I scenarier for en forutsigbar overgang er det en jevn utvikling frem til 2030, før produksjonen avtar brått og når null i 2060. Scenariet for en uforutsigbar overgang følger nesten samme trend, bortsett fra at økningen er større frem til 2030, før nedgangen er sterkere. Produksjonen når null i 2050, ti år før det forutsigbare scenarier. BaU-scenariet har derimot en produksjonstopp i 2040, før produksjonen reduseres lineært frem mot 2100. I BaU kommer det aldri en fullstendig utfasing av naturgass.



Figur 39: Elektrisitet fra naturgass modellert med REMIND-MAGPIE.

Elektrisitetsproduksjon med naturgass i BaU-scenarier med MESSAGEix-GLOBIOM er jevnt økende over tid, som vist i Figur 40. Det er her modellert at gass sammen med fornybar energi skal ta markedsandeler fra biomasser og kull. I 2100 er det modellert at gass står for nær halvparten av elektrisitetsproduksjonen. Produksjonsnivåene i de to overgangsscenarioene er også relativt likt. Forskjellen er hvor mye karbonfangst som brukes, og hvor tidlig ordinær produksjon erstattes med produksjon med karbonfangst. Det forutsigbare overgangsscenarioet har en lavere produksjon enn det uforutsigbare scenarioet i perioden 2020–2030, og har en brå økning i bruk av karbonfangst fra 2030 til 2050. Begge scenarioene har høyere produksjon enn BaU i hele perioden frem til 2050. I 2050 brukes karbonfangst på over halve produksjonen, noe som holder produksjonen på et jevnt nivå frem til 2070. Bruk av karbonfangst er en sterk driver, og bidrar alene til at sjokkfaktoren blir positiv i flere av scenarioene.

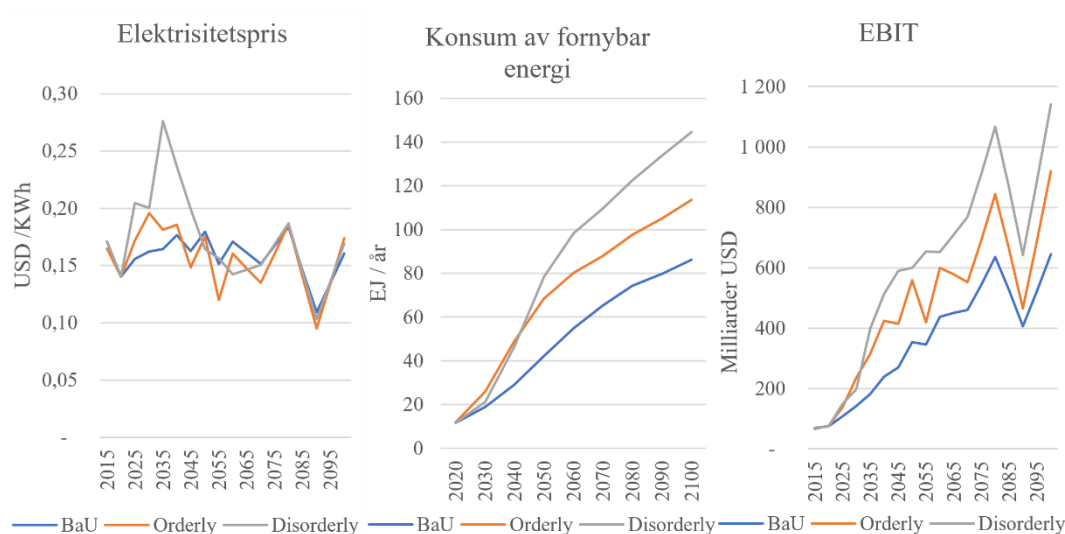


Figur 40: Elektrisitet fra naturgass modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

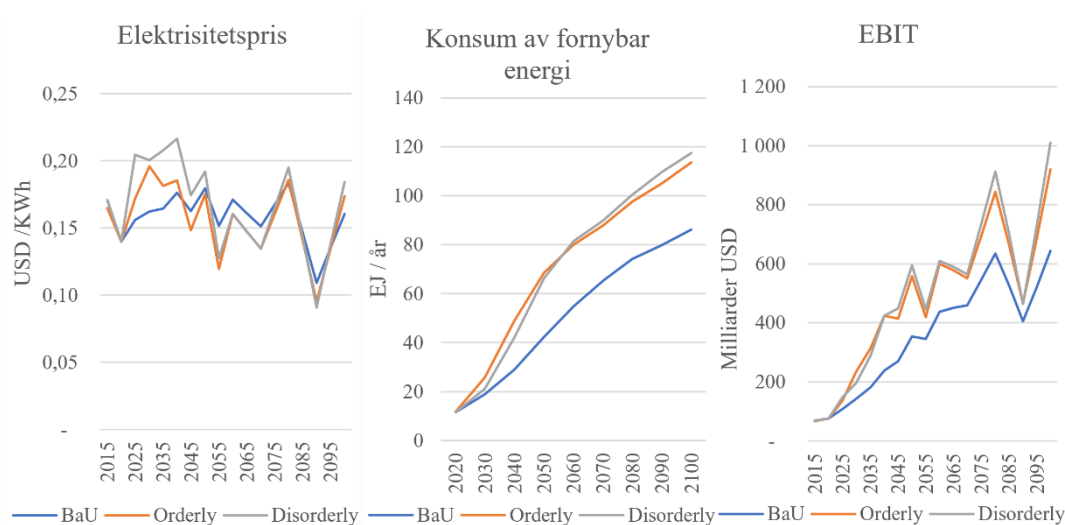
Elektrisitetsproduksjon med fornybare energikilder (Utility|Electricity|Renewables)

Fornybar elektrisitetsproduksjon øker i alle scenarioene estimert med REMIND-MAGPIE, og alle scenarioer modellerer at over 95% av energimiksen i OECD og EU i 2100 vil være fornybar produksjon. Differansen mellom scenarioene blir derfor først og fremst hvor raskt den fornybare infrastrukturen kommer på plass. I 2020 er kapasiteten for EU og OECD på omtrent 9 EJ. Under BaU-scenarier er denne forventet å øke til 19 EJ i 2030, videre til 36 EJ i 2050 og 86 EJ i 2100. Dette illustreres i Figur 41. Det forutsigbare scenarioet har en bråere økning, med 26 EJ i 2030, til 60 EJ i 2050 og til slutt 114 EJ i 2100. I det uforutsigbare scenarioet er produksjonen 21 EJ i 2030, 64 EJ i 2050 og 144 EJ i 2100. Den sterke utviklingen i det

uforutsigbare overgangsscenarioet henger tett sammen med at det her er minimal bruk av karbonfangst, noe som begrenser alternativene til fornybar energi når utslippene skal reduseres.



Figur 41: Fornybar elektrisitet i OECD og EU, modellert med REMIND-MAGPIE.



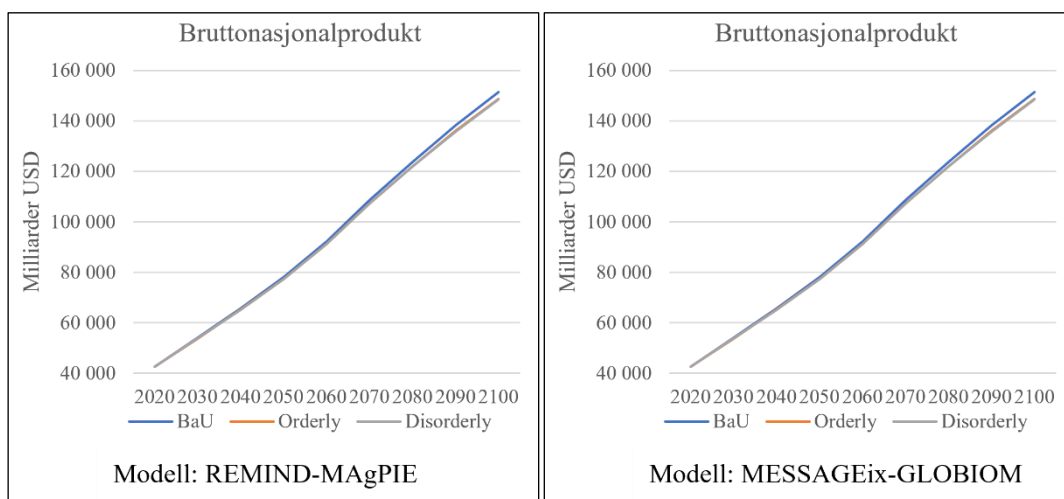
Figur 42: Fornybar elektrisitet i OECD og EU, modellert med MESSAGEix-GLOBIOM.

MESSAGEix-GLOBIOM viser også positiv utvikling i alle scenarioer for fornybar elektrisitetsproduksjon, slik Figur 42 illustrerer. BaU-scenarioet har en dobling av kapasitet innen 2045, mens kapasiteten i begge overgangsscenarioene dobles fra 2020 til 2030. Økningen blir fra 2050 veldig kraftig i scenarioet for en uforutsigbar overgang, noe som gjør at kapasiteten er 12 ganger større i 2100 enn i 2020. I scenarioet for en forutsigbar overgang er kapasiteten 10 ganger større, og for BaU er kapasiteten 5 ganger større. Det er en viss forskjell i elektrisitetspris

på tvers av scenarioene, men det er produksjonsnivåene som driver forskjellen. Den høyere andelen karbonfangstteknologi gjør at utviklingen innen fornybar energi går noe tregere, slik at effektene er svakere enn for modellen REMIND-MAgPIE.

Eiendom, Transport og energiintensive industri (Housing, Transport & Energy Intensive)

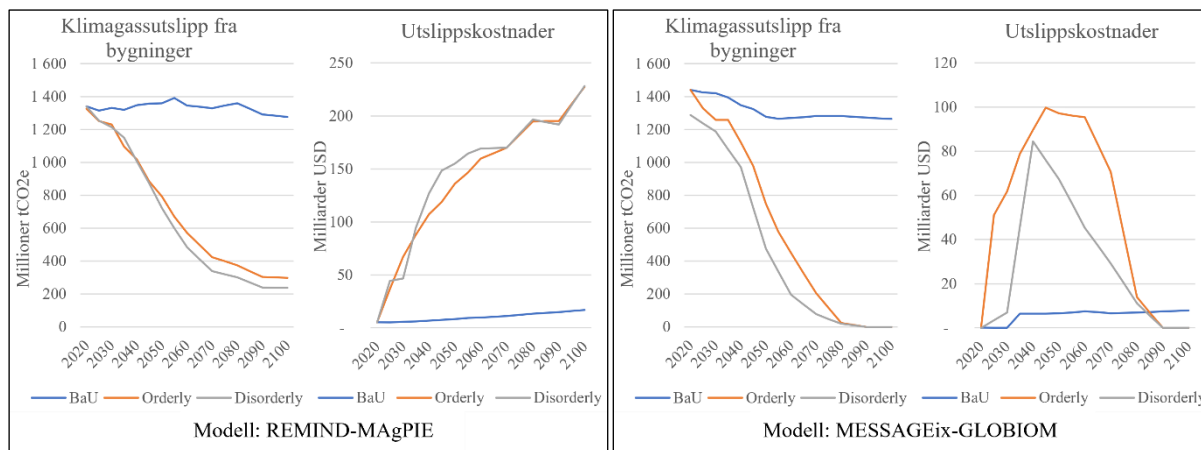
Utviklingen innen eiendom, transport og energiintensive sektorer er tett knyttet til utviklingen i BNP. Fra BNP-estimatene starter på samme nivå i 2020, så når de henholdsvis 136.800 milliarder USD, 135.000 milliarder USD og 131.700 milliarder USD i BaU, Orderly og Disorderly for OECD og EU, slik Figur 43 viser. Dette er estimater som hentes fra SSP-scenarioene, og de er derfor like for begge modellene. Forskjellene totalt sett er 1,5–3%, noe som gjør at differansene i resultater på tvers av scenarioene primært drives av utslippsintensitet.



Figur 43: BNP-utvikling i OECD og EU.

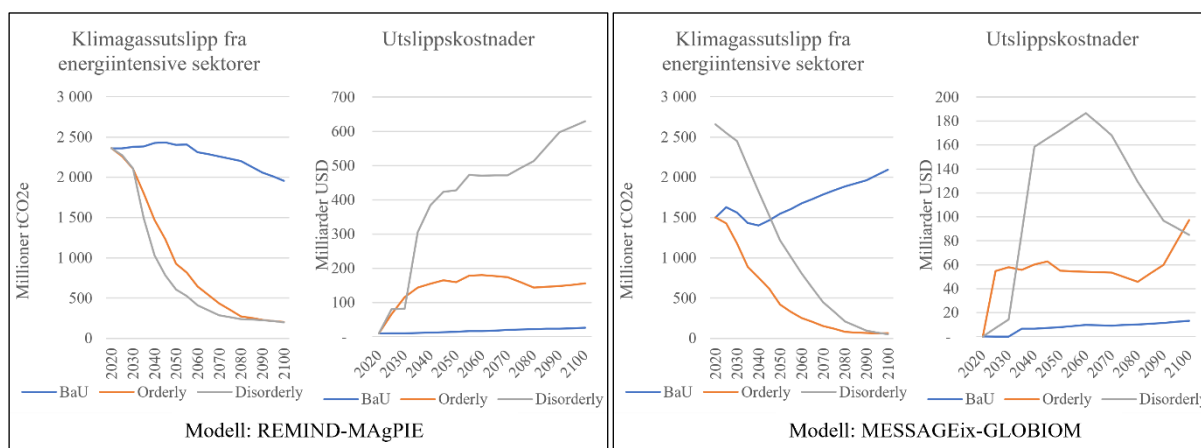
REMIND-MAgPIE modellerer en jevn utvikling i utslipp fra selskaper i Housing-sektoren i BaU-scenarioet, som illustrert i høyre panel av Figur 44. Overgangsscenarioene følger en jevn trend frem til 2030. Etter dette reduseres utslippene raskt i scenarioet for en uforutsigbar overgang, mens scenarioet for en forutsigbar overgang modellerer en langt jevnere og mindre dramatisk utslippsreduksjon. Dette gjør at kostnadene for utslipp er minimale i BaU, jevnt økende i det forutsigbare scenarioet og brått økende i det uforutsigbare scenarioet fra 2030 til 2050, før de stabiliserer seg. Med modellen MESSAGEix-GLOBIOM reduseres utslippene fra Housing i alle scenarioer, slik venstre panel i Figur 44 viser. I BaU-scenarioet er nedgangen lineær og marginal over århundret. Dette gir likevel en kraftig reduksjon i utslippsintensitet,

ettersom sektoren vokser. I overgangsscenarioene er det modellert kraftige nedganger i totale utslipp, ned til et nullutslippsnivå i 2080 i begge typer overgangsscenarioer.



Figur 44: Klimagassutslipp og utslippskostnader for bygninger i OECD og EU.

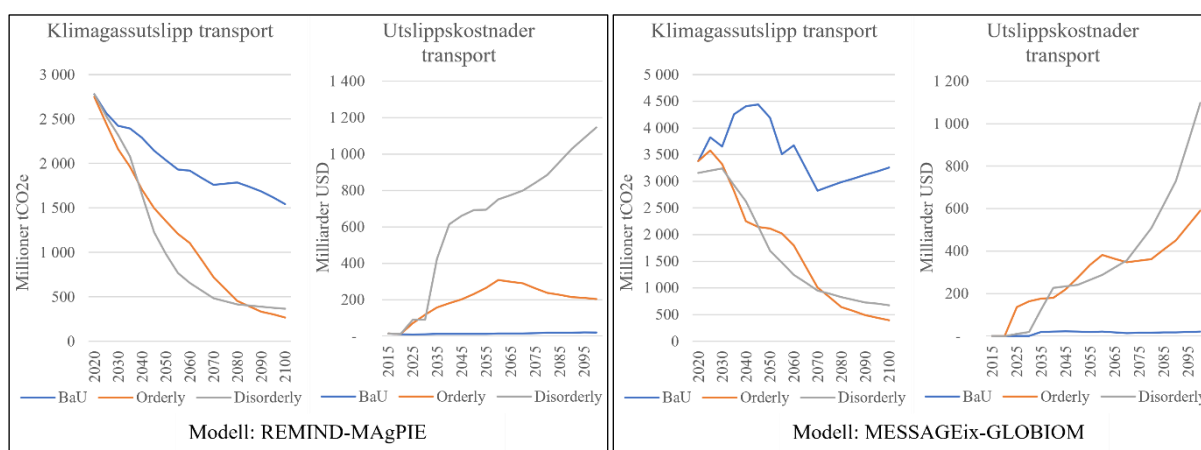
For energiintensive sektorer er det med REMIND-MAGPIE regnet inn at utslipp fra forbrenning og industrielle prosesser i BaU har en flat utvikling frem til 2050, før de reduseres noe. Ettersom produksjonen er forventet å øke, betyr dette at det er en reduksjon i utslippsintensitet. De totale utslippene i 2050 er omtrent like som i 2020. I 2100 er de omtrent 10% lavere enn i 2020. Begge overgangsscenarioene følger hverandre tett frem til 2030. Frem til da er det en reduksjon i totale utslipp på omtrent 20%. Utslippene faller i begge overgangsscenarioer fra 2030, men langt bråere i scenarioet for en uforutsigbar overgang enn i scenarioet for en forutsigbar overgang. Utslippene i det uforutsigbare scenarioet flater ut fra 2050, og begge scenarioer når omtrent like utslipp i 2100, tett på nullutslipp. Utviklingen illustreres i venstre panel av Figur 45.



Figur 45: Utvikling i energiintensive sektorer i OECD og EU.

Høyre panel av Figur 45 viser utviklingen med modellen MESSAGEix-GLOBIOM. Her øker utslippene noe frem mot 2030 i BaU, før de reduseres noe frem til 2050. Deretter stiger de jevnt gjennom århundret. I begge overgangsscenarioene er det en kraftig nedgang i utslipp fra 2020. Med karbonprisene som er modellert gir dette en ekstrem økning i utslippskostnader i det uforutsigbare scenarioet fra 2030 til 2035, med en topp i 2055. Kostnadene øker brått også i det forutsigbare scenarioet, men kun til et 25% av nivået i det uforutsigbare scenarioet. Deretter holdes dette nivået gjennom hele århundret. Det er ikke modellert bruk av karbonfangstteknologi som et alternativ.

I Figur 46 vises modelleringen av transportsektoren. Når sektoren modelleres med REMIND-MAgPIE, faller klimagassutslippene i alle scenarioer. I BaU er det en nedgang i totale utslipp på ca. 40% innen 2100. Nedgangen er tilnærmet lineær. I scenarioet for en forutsigbar overgang nedgangen langt bråere, men også denne er tilnærmet lineær ned til et utslippsnivå som er 90% lavere enn 2020-nivået. Utslippene i det uforutsigbare scenarioet ender på samme punkt som det forutsigbare scenarioet, men her skjer alle kuttene ekstremt brått mellom 2030 og 2050. Med modellen MESSAGEix-GLOBIOM er utslippene fra transportsektoren i BaU økende frem mot 2050, før de reduseres noe frem til 2070 og stabiliserer seg. Begge overgangsscenarioene følger hverandre tett, og modellerer en lineær reduksjon i utslipp, som innen 2100 når et nivå som tilsvarer ¼ av 2020-nivået. Kostnadene for utslipp øker jevnt fra 2020 i det forutsigbare scenarioet, og når et stabilt nivå i 2050. I det uforutsigbare scenarioet øker kostnadene først fra 2030, og deretter øker de eksponentielt gjennom århundret.



Figur 46: Utvikling i transportsektoren i OECD og EU.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway