

Ingrid Voll Hustad

Stimulerer markedsbaserte virkemidler til grønn innovasjon?

En kvantitativ analyse av klimapolitiske virkemidlers innovasjonseffekter i OECD- og BRIICS-landene

Masteroppgave i statsvitenskap

Veileder: Espen Moe og Simen Rostad Sæther

Juni 2019

Ingrid Voll Hustad

Stimulerer markedsbaserte virkemidler til grønn innovasjon?

En kvantitativ analyse av klimapolitiske virkemidlers innovasjonseffekter i OECD- og BRIICS-landene

Masteroppgave i statsvitenskap
Veileder: Espen Moe og Simen Rostad Sæther
Juni 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap
Institutt for sosiologi og statsvitenskap



Norwegian University of
Science and Technology

Sammendrag

Det er etablert at den reduksjonen i globale klimagassutslipp som er nødvendig, krever utvikling av nye løsninger og teknologi. Derfor er det et økende fokus på ulike klimapolitiske virkemidlers evne til å stimulere til grønn innovasjon. Mange hevder at markedsbaserte virkemidler har positive effekter på grønn innovasjon, og denne påstanden er blitt testet i denne studien. Ved bruk av paneldata fra 33 OECD- og BRIICS-land for perioden 1990 til 2012, har jeg undersøkt innovasjonseffektene av fire ulike markedsbaserte virkemidler: klimaavgifter, utslippskvoter, grønne sertifikater og feed-in tariffer. Resultatene fra denne analysen indikerer at påstanden om markedsbaserte virkemidlers positive effekt later til å være overforenklet og for generell. Analysen viser at selv om utslippskvoter og klimaavgifter kan ha positive effekter, har grønne sertifikater og feed-in tariffer ingen slike effekter, grønne sertifikater kan til og med tvert imot ha negativ innvirkning på innovasjon. Dette antyder at det som kjennetegner markedsvirkemidler med positive innovasjonseffekter, er at de er bredt innrettet mot å gi insentiver til grønn innovasjon generelt, mens virkemidler som er smalere innrettet og skal gi insentiver spesifikt til innovasjon knyttet til fornybar energi, ikke har denne positive effekten.

Abstract

It has been established that the necessary reduction in global emissions of greenhouse gases will require new solutions and technology. Thus, there is an increased focus on the effectiveness of different environmental policy instruments in stimulating green innovation. Many claim that market-based instruments have significant positive effects on green innovation, and in this thesis, this assertion has been tested. By using panel data from 33 OECD and BRIICS countries from 1990 to 2012, I have analyzed the innovation effects of four different market-based instruments: environmental taxes, emission quotas, green certificates and feed-in tariffs. The results of this analysis indicate that the assertion that market-based instruments have positive effects on green innovation is oversimplified and too general. The analysis shows that while taxes and emission quotas have positive effects on innovation, green certificates and feed-in tariffs do not, and green certificates can even have a negative impact on innovation. This suggests that what characterizes the market instruments that have a positive effect on innovation, is that they are broadly directed at incentivizing green innovation in general, while the instruments that are more narrowly aimed at innovation regarding renewables, do not have this positive effect.

Forord

Proessen med å skrive masteroppgave er ved veis ende, og en rekke personer fortjener takk for deres bidrag og støtte. Først og fremst vil jeg takke mine veiledere, Espen Moe og Simen Rostad Sæther, for all hjelp og oppmuntring gjennom dette arbeidet. Takk til gode venner og medstudenter for faglige innspill, og for alle de alt for lange pausene. Min samboer Henrik fortjener også en stor takk for uvurderlig støtte og inspirasjon. Til slutt, tusen takk til mamma for alle årene med korrekturlesing, og for at du minner meg på at det viktigste er å være et helt menneske.

Ingrid Voll Hustad

Trondheim, 03.06.19

Innhold

1. Innledning.....	1
2. Teori	4
2.1 Virkemidler for å stimulere til grønn innovasjon	4
2.1.1 Grønn innovasjon og det doble eksternalitetsproblemet.....	4
2.1.2 Direkte tilnæringer: FoU-støtte.....	5
2.1.3 Indirekte tilnæringer: Reguleringer	6
2.1.4 Indirekte tilnæringer: Markedsbaserte virkemidler	7
2.1.5 Hypoteser	9
2.2 Klimaavgifter.....	10
2.2.1 Klimaavgifter og deres innovasjonseffekter	10
2.2.2 Motargumenter: Hvorfor vil avgifter <i>ikke</i> gi innovasjonseffekter?	11
2.2.3 Empiri	13
2.2.4 Hypoteser	14
2.3 Kvotesystemer: Utslippskvoter og grønne sertifikater	14
2.3.1 Utslippskvoter	14
2.3.2 Grønne sertifikater	16
2.3.3 Innovasjonseffekter.....	17
2.3.4 Motargumenter: Hvorfor vil kvoter <i>ikke</i> gi innovasjonseffekter?	17
2.3.5 Empiri	19
2.3.6 Hypoteser	20
2.4 Feed-in tariffer.....	20
2.4.1 Feed-in tariffer og deres innovasjonseffekter	20
2.4.2 Motargumenter: Hvorfor vil feed-in tariffer <i>ikke</i> gi innovasjonseffekter?	22
2.4.3 Empiri	23
2.4.4 Hypoteser	23
2.5 Oppsummert: Forskjellene mellom markedsvirkemidlene.....	24
3. Metode.....	26
3.1 Data.....	26
3.2 Variabelbeskrivelser	26
3.2.1 Avhengig variabel.....	26
3.2.2 Uavhengige variabler	32
3.2.3 Kontrollvariabler.....	41
3.3 Metodebeskrivelse	42
3.3.1 Tidsseriedata og fixed effects	42

3.3.2 Modellspesifisering.....	44
4. Resultater.....	47
4.1 Innovasjonseffekt av markedsbaserte virkemidler generelt	47
4.2 Virkemidlenes effekt på generell grønn innovasjon.....	50
4.3 Virkemidlenes effekt på energirelatert grønn innovasjon	52
5. Diskusjon.....	55
5.1 Ingen generell effekt av markedsbaserte virkemidler.....	55
5.2 Utslippskvoter og avgifter har kun innovasjonseffekter om stringensen er høy	56
5.3 Negativ innovasjonseffekt av grønne sertifikater	57
5.4 Ingen innovasjonseffekt av feed-in tariffer	59
5.5 Ingen positiv innovasjonseffekt av direkte reguleringer og FoU-støtte	61
5.6 Påstanden om markedsbaserte virkemidlers positive innovasjonseffekter er for generell	62
5.7 Utbedring av modellene.....	63
6. Konklusjon	65
Litteraturliste	68
Appendiks.....	77

Tabeller

Tabell 1. Sentrale forskjeller mellom markedsvirkemidlene	24
Tabell 2. Deskriptiv statistikk for variablene	42
Tabell 3. Tidsseriedata med fixed effects og lagget avhengig variabel	47
Tabell 4. Tidsseriedata med fixed effects og lagget avhengig variabel	50
Tabell 5. Tidsseriedata med fixed effects og lagget avhengig variabel	52
Tabell A1. Tabell 3 med kategori 2 som referansekategori for reguleringer	80
Tabell A2. Tabell 5 med kategori 1 som referansekategori for grønne sertifikater.....	81
Tabell A4. Tabell 4 utvidet med en femte modell som også inkluderer klimaholdningsvariabelen.....	84
Tabell A5. Tabell 5 utvidet med en femte modell som også inkluderer klimaholdningsvariabelen.....	85
Tabell A6. Modell 4 og 5 fra tabell A4, med likt utvalg	86
Tabell A7. Modell 4 og 5 fra tabell A5, med likt utvalg	87

Figurer

Figur 1. Gjennomsnitt for grønn innovasjon i OECD- og BRIICS-landene, 1990-2012	29
Figur 2. Gjennomsnitt for energiinnovasjon i OECD- og BRIICS-landene, 1990-2012	30
Figur 3. Utvikling i nivå av grønn innovasjon i de ulike landene, 1990 til 2012	31
Figur 4. Utvikling i nivå av energiinnovasjon i de ulike landene, 1990 til 2012	32
Figur 5. Oppbygningen av OECDs klimapolitiske stringensindeks	33
Figur 6. Utvikling av stringensnivå for klimaavgifter i de ulike landene, 1990-2012	34
Figur 7. Utvikling av stringensnivå for utslippskvoter i de ulike landene, 1990-2012	35
Figur 8. Utvikling av stringensnivå for grønne sertifikater i de ulike landene, 1990-2012....	36
Figur 9. Utvikling av stringensnivå for feed-in tariffen i de ulike landene, 1990-2012	37
Figur 10. Utvikling av stringensnivå for markedsvirkemidler generelt i de ulike landene, 1990-2012	38
Figur 11. Utvikling av stringensnivå for reguleringer i de ulike landene, 1990-2012	39
Figur 12. Utvikling av stringensnivå for FoU-støtte i de ulike landene, 1990-2012	40
Figur A1. Variabel for klimaavgifter, før og etter omkoding	77
Figur A2. Variabel for utslippskvoter, før og etter omkoding	77
Figur A3. Variabel for grønne sertifikater, før og etter omkoding	78
Figur A4. Variabel for feed-in tariffen, før og etter omkoding	78
Figur A5. Variabel for reguleringer, før og etter omkoding	79
Figur A6. Variabel for FoU-støtte, før og etter omkoding	79
Figur A7. Deskriptiv statistikk for klimaholdningsvariabelen	82

1. Innledning

Etter hvert som klimaendringene over store deler av verden er blitt anerkjent som et legitimt, alvorlig problem, har klimadebatten gått fra å handle om hvorvidt betydelig omstilling og reduksjoner i globale klimagassutslipp er påkrevet, til å handle om hvordan dette kan realiseres (Newell, 2009). Som resultat har det oppstått en debatt om hvilke klimapolitiske virkemidler som er best egnet. Markedsbaserte virkemidler har seilt opp som et svært populært alternativ, de har stor utbredelse og regnes av mange for å være de mest kostnadseffektive virkemidlene for å redusere utslipp.

Forkjempere for markedsbaserte virkemidler fremholder derimot ikke at de kun er effektive med tanke på å realisere utslippskutt her og nå, men at disse virkemidlene også stimulerer til grønn, klimavennlig innovasjon (Bertoldi & Rezessy, 2006). Det er et stort behov for slik innovasjon som kan frembringe nye løsninger og teknologi som gjør det mulig å kutte i utslipp til en lavere kostnad, og uten å måtte redusere økonomisk aktivitet og vekst betydelig (Driesen, 2003; Ekins & Salmons, 2010; Taylor, 2012). Viktigheten av innovasjon for å adressere klimaendringene er også spesifikt omtalt i Paris-avtalen: «Accelerating, encouraging and enabling innovation is critical for an effective, long-term global response to climate change and promoting economic growth and sustainable development» (UNFCCC, 2015).

Den tiltrengte mengden av slik grønn innovasjon vil derimot ikke forekomme i markedet av seg selv, og det er derfor økende fokus på innovasjonseffektene av ulike klimapolitiske virkemidler (Newell, 2009). Mange hevder at markedsbaserte virkemidler har betydelige positive innovasjonseffekter, ettersom de innretter økonomiske insentiver slik at utslippskutt og klimahensyn blir i private aktørers interessere. Klimavennlig atferd blir belønnet, mens klimafiendtlig atferd straffes. Når det på denne måten blir lønnsomt å ta hensyn til klimaet, blir også den potensielle avkastningen fra grønn innovasjon større, noe som antas å øke satsningen på slik innovasjon (OECD, 2010, s. 27; Jaffe & Stavins, 1995).

Likevel finnes det også de som utfordrer dette synspunktet, blant andre professor Anthony Patt, en sentral bidragsyter til flere av FNs klimapanelers rapporter, som forfekter at fokuset på markedsbaserte virkemidler i klimapolitikken har vært et uheldig blindspor. Patt (2015) hevder at disse virkemidlene ikke gir tilstrekkelige insentiver for å kunne stimulere til de betydelige teknologiske fremskrittene som er nødvendige for å realisere omfattende utslippskutt, og at markedsvirkemidler om noe kun vil frembringe mindre videreutviklinger

av allerede eksisterende løsninger og teknologier. I tillegg finnes det de som argumenterer for at det å snakke om felles, generelle innovasjonseffekter av markedsvirkemidler er en grov og uheldig overforenkling (Johnstone, Hascic & Popp, 2010; Bøhringer, Cuntz, Harhoff & Asane-Otoo, 2014). Markedsbaserte virkemidler er nemlig en bred kategori som innbefatter virkemidler med betydelige forskjeller. Det er derfor god grunn til å sette spørsmålsteget ved om samtlige virkemidler innenfor en slik bred kategori kan antas å gi like innovasjonseffekter.

Denne debatten om innovasjonseffektene av markedsbaserte virkemidler er utgangspunktet for forskningsspørsmålet i denne oppgaven:

Har markedsbaserte virkemidler positiv effekt på grønn innovasjon?

Min antakelse er at påstanden om at markedsbaserte virkemidler stimulerer til grønn innovasjon ikke stemmer, og gjennom granskningen av forskningsspørsmålet søker jeg å avdekke om denne påstanden kan være enten kategorisk gal, eller om den simpelthen er overforenklet og for generell. For å undersøke dette vil jeg benytte paneldata fra 33 OECD- og BRIICS-land for perioden 1990 til 2012 og granske innovasjonseffektene av fire ulike markedsbaserte virkemidler: klimaavgifter, utslippskvoter, grønne sertifikater og feed-in tariff. Disse holdes opp mot to alternative ikke-markedsbaserte virkemidler som forventes å påvirke grønn innovasjon, direkte reguleringer og FoU-støtte. På denne måten vil jeg undersøke om det kan være slik som noen kritikere hevder, at markedsbaserte virkemidler overhodet ikke evner å stimulere til grønn innovasjon, eller om det heller er slik at de distinkte virkemidlene har helt ulike effekter på innovasjon. Om det siste er tilfellet, vil også denne studien kunne bidra til å belyse hva som eventuelt kjennetegner markedsvirkemidler med positiv effekt.

Med denne oppgaven søker jeg å bote på et hull i litteraturen og gi et bidrag i fagdebatten om klimapolitiske virkemidlers innovasjonseffekter. Dette feltet er viet relativt lite oppmerksomhet, da fokuset for mange heller ligger på virkemidlers effekter direkte på utslipp (Popp, Newell & Jaffe, 2009). I den litteraturen som finnes om innovasjonseffekter, er det lagt stor vekt på motsetningen mellom markedsbaserte og ikke-markedsbaserte virkemidler. Sammenligninger av disse to virkemiddeltypene gir derimot ikke noe godt grunnlag for å fastslå hvorvidt virkemidlene gir innovasjonseffekter av betydning. Selv om det er blitt etablert at markedsbaserte virkemidler stimulerer til innovasjon i større grad enn de ikke-markedsbaserte, kan man ikke ut ifra dette avlede at markedsvirkemidler har en reell og vesentlig positiv effekt på innovasjon, om de ikke også samtidig holdes opp mot virkemidler

som er mer direkte innrettet mot å gi innovasjonsinsentiver, som statlig FoU-støtte. Oppgaven møter også et behov for større, komparative studier av innovasjonseffektene av markedsvirkemidler. Mangel på data har tidligere utgjort en betydelig begrensning for slike studier, og det har kun vært mulig å undersøke effekten av det å ha implementert et virkemiddel kontra å ikke ha det, uavhengig av nivå eller stringens (stringency) i implementeringen. Et sammenlignbart stringensmål for klimapolitiske virkemidler er nå tilgjengelig for mange OECD-land og BRIICS-landene, som muliggjør komparative analyser som også tar høyde for stringens.

Oppgaven har følgende struktur. I kapittel 2 vil jeg legge frem teori og tidligere forskning om grønn innovasjon og ulike klimapolitiske virkemidler som kan stimulere til slik innovasjon. I tillegg presenterer jeg de distinkte markedsvirkemidlene klimaavgifter, utslippskvoter, grønne sertifikater og feed-in tariff, og teoretiske argumenter og empiriske indikasjoner på deres innovasjonseffekter. Underveis vil jeg også presentere hypoteser om virkemidlenes innovasjonseffekter som vil testes i analysen. I kapittel 3 gjør jeg rede for dataene og metoden for den statistiske analysen med blant annet grundige beskrivelser av variablene, tidsseriedata og fixed effects-modeller. Resultatene fra analysen presenteres i kapittel 4 og i kapittel 5 drøfter jeg disse funnene opp mot hypotesene. Jeg vil også diskutere behovene for videre forskning, før jeg avslutningsvis legger frem en konklusjon i kapittel 6.

Det mest sentrale funnet fra denne studien er at påstanden om at markedsbaserte virkemidler har positiv effekt på grønn innovasjon, later til å være overforenklet og for generell. Analysen viser nemlig at selv om utslippskvoter og klimaavgifter kan ha positive effekter, har grønne sertifikater og feed-in tariff ingen slike effekter, grønne sertifikater kan til og med tvert imot ha negativ innvirkning på innovasjon. Dette indikerer at de markedsvirkemidlene som gir positive innovasjonseffekter er de som er bredt innrettet mot å gi insentiver til grønn innovasjon generelt, mens virkemidler som er smalere innrettet og skal gi insentiver spesifikt til innovasjon knyttet til fornybar energi, ikke har denne positive effekten. I tillegg viser analysen at stringens har avgjørende betydning for virkemidlenes effekt, kostnadene som påføres aktørene forbundet med klimagassutslipp eller annen klimafiendtlig aktivitet må være høye om virkemidlene skal kunne gi innovasjonseffekter.

2. Teori

I det følgende kapitlet vil jeg først gjøre rede for grønn innovasjon og virkemidler som kan brukes for å stimulere til slik innovasjon, FoU-støtte, direkte reguleringer og markedsbaserte virkemidler. Så presenterer jeg hvert enkelt av markedsvirkemidlene avgifter, utslippskvoter, grønne sertifikater og feed-in tariffen. Hvorfor kan man forvente at disse virkemidlene skal gi positive innovasjonseffekter, hva er motargumentene her, og hva kan tidligere empiriske studier fortelle om virkemidlenes evne til å stimulere til grønn innovasjon?

2.1 Virkemidler for å stimulere til grønn innovasjon

2.1.1 Grønn innovasjon og det doble eksternalitetsproblemet

Grønn innovasjon kan defineres som introduksjon av nye produkter eller prosesser som reduserer klimagassutslipp og andre negative miljøpåvirkninger (Hojnik & Ruzzier, 2016). Slik innovasjon, spesielt innenfor områder som for eksempel fornybar energi, energieffektivitet, atomkraft og CO₂-fangst og lagring, trekkes frem som helt avgjørende om en skal kunne oppnå de nødvendige reduksjonene i verdens klimagassutslipp til en akseptabel kostnad (Newell, 2009; Driesen, 2003; Menanteau, Finon & Lamy, 2003). Likevel påpekes det i innovasjonsteorien at det optimale nivået av slik grønn innovasjon ikke vil oppstå i markedet av seg selv, grunnet det som omtales som det doble eksternalitetsproblemet (Jaffe, Newell & Stavins, 2005; Johnstone, Hascic & Kalamova, 2010; Rennings, 2000). OECD (2003a) definerer eksternaliteter som «situations when the effect of production or consumption of goods and services imposes costs or benefits on others which are not reflected in the prices charged for the goods and services being provided». Det er altså snakk om virkninger en aktørs virksomhet har på andre aktører, og disse kan være enten positive eller negative. Negative eksternaliteter oppstår når den sosiale kostnaden er større enn den private kostnaden, altså når kostnaden for aktøren som utfører aktiviteten er lavere enn den reelle kostnaden denne aktiviteten har for samfunnet. Positive eksternaliteter oppstår derimot når gevinsten for samfunnet er større enn for de private aktørene som utfører aktiviteten (Bertoldi & Rezessy, 2006). Dette avviket mellom sosial og privat kostnad og nytte gjør at det i markedet vil være for mye av aktiviteter med negative eksternaliteter og for lite av aktiviteter med positive eksternaliteter (Dahlman, 1979).

Utslipp av klimagasser er en negativ eksternalitet. Det det koster for private aktører å slippe ut klimagasser reflekterer ikke de egentlige kostnadene disse utslippene har for samfunnet (Jaffe

et al., 2005). Resultatet er overproduksjon av klimagasser. Ettersom kostnadene forbundet med dette bæres av andre, vil ikke forurenserne ha noen insentiver til å minimere utslippene. Derimot er innovasjon en aktivitet med positive eksterne virkninger. Private aktører som investerer i utvikling av for eksempel ny teknologi skaper med dette goder også for andre, i form av ny kunnskap og produkter som gagnar andre selskap og samfunnet for øvrig (Jaffe et al., 2005). Aktørene som innoverer må imidlertid bære hele kostnaden forbundet med innovasjonen selv. Når også andre selskap, altså konkurrenter, vil tjene på deres investeringer, gir dette manglende insentiver til å bedrive innovasjon, og det vil dermed forekomme for lite av det. Disse to eksternalitetene utgjør til sammen det doble eksternalitetsproblemet, som innebærer at det innoveres for lite og slippes ut for mye klimagasser, uten at aktørene gis insentiver til å endre noe av dette. Resultatet er at nivået av innovasjon innenfor grønn, utslippsvennlig teknologi og løsninger vil være langt under det optimale nivået for samfunnet, og dette gir behov for politiske virkemidler som kan stimulere til slik innovasjon (Johnstone et al., 2010).

2.1.2 Direkte tilnærminger: FoU-støtte

Ifølge Jaffe et al. (2005) kan mulige politiske løsninger på mangelen på grønn innovasjon kategoriseres i to tilnærminger: Direkte støtte til innovasjon og virkemidler som skal gi innovasjonseffekter indirekte.

Den første tilnærmingen baserer seg på å adressere mangelen på innovasjon direkte, med virkemidler som er spesifikt innrettet mot å stimulere til grønn innovasjon, som for eksempel subsidiering av klimarelatert forskning og utvikling (FoU). Slik statlig støtte av klimarelatert FoU går for å være en av de mest sentrale driverne av grønn innovasjon (Ekins & Salmons, 2010; Guo, Xingneng, Zhang & Zhang, 2018). Subsidieringen senker private aktørers kostnader og jevner således ut forskjellene mellom privat og samfunnsmessig kostnad og nytte knyttet til innovasjon (Guo et al., 2018; Jaffe et al., 2005). Positiv effekt av FoU-støtte er påvist i flere studier, blant annet av Peters, Schneider, Griesshaber og Hoffmann (2012) som ser på sammenhengen mellom FoU-støtte og patenter innenfor grønn innovasjon i 15 OECD-land for perioden 1978 til 2005.

Det er likevel ikke gitt at økt FoU-støtte nødvendigvis alltid vil gi økt nivå av grønn innovasjon. Eksempelvis har Wallsten (2000) funnet at denne antatte positive effekten av FoU-støtte kan utebli på grunn av den såkalte «crowding-out»-effekten. Dette innebærer at støtten private aktører mottar for å bedrive forskning og utvikling brukes istedenfor midler de

uansett ellers hadde benyttet på slik FoU-virksomhet (Marino, Lhuillery, Parrotta & Sala, 2016). Den statlige støtten kommer altså istedenfor, ikke i tillegg til, egne investeringer fra de private aktørene, og bidrar således ikke med noen positiv effekt som ikke ellers ville ha funnet sted. I tillegg har utvikling og innovasjon gjort at nye prosesser og teknologi stadig blir billigere, noe som igjen gjør at innovasjon i seg selv er blitt billigere. Man får mer nyskapning for pengene enn man gjorde tidligere, noe som kan resultere i en nedjustering av statlig støtte til FoU, fordi det ikke lenger er behov for like mye støtte for å oppnå det samme nivået av innovasjon. Slik kan man se for seg at en nedgang i støtte til klimarelatert FoU faktisk vil kunne korrelere med økt nivå av grønn innovasjon.

2.1.3 Indirekte tilnærminger: Reguleringer

Den andre kategorien av tilnærminger for å bøte på mangelen på grønn innovasjon består av virkemidler som i utgangspunktet ikke er direkte rettet mot grønn innovasjon spesifikt, men som indirekte skal ha positive effekter på innovasjon. Innenfor denne kategorien skilles det mellom to ulike virkemiddeltyper, markedsbaserte og ikke-markedsbaserte. Ikke-markedsbaserte virkemidler kan referere til et bredt spekter av virkemidler, men den største og viktigste kategorien, som gjerne settes opp som den klareste motsetningen til markedsbaserte virkemidler, er direkte reguleringer, ofte omtalt i litteraturen som «command & control»-reguleringer. Slike reguleringer setter standarder for aktørers virksomhet, standardene dikterer for eksempel hvor mye selskap kan slippe ut eller hvilke produksjonsmetoder eller teknologi de skal adoptere (Popp et al., 2009; Stavins, 2003). En kan si at slike direkte reguleringer tvinger selskap til å ta like store deler av byrden med å redusere utslipp. Selv om reguleringer kan være effektive for å få ned utslipp, kan utslippsreduksjonene få en uforholdsmessig høy pris når alle aktører må forholde seg til de samme standardene (Stavins, 2003). Dette er fordi noen aktører vil ha mye større kostnader forbundet med utslippsreduksjoner enn andre, og hvilken teknologi som er mest passende for å kutte utslipp vil kunne variere mellom selskap, men også innad i selskap mellom ulike utslippskilder. Å sette ensartede standarder for utslippsmengde og teknologibruk kan derfor hevdes å være en lite kostnadseffektiv tilnærming til å redusere utslipp.

Direkte reguleringer hevdes å skulle gi indirekte positive innovasjonseffekter ved at de kravene som settes til for eksempel utslippsmengde, teknologi eller produksjonsmetoder skal gi aktører insentiver til å innovere for å møte disse kravene. Likevel er det flere teoretiske motargument som heller taler for at direkte reguleringer er lite effektive i å stimulere til

innovasjon. Blant annet hevdes det at reguleringer gir lite fleksibilitet og legger føringer og begrensninger for hvilke typer innovasjon selskap vil kunne profitere på å utvikle (OECD, 2010, s. 65; Stavins, 2003). I tillegg argumenterer blant andre Stavins (2003) for at slike virkemidler i verste fall faktisk kan ha negativ innvirkning på innovasjon og teknologiutvikling, ettersom selskap som investerer i og tar i bruk ny teknologi kan risikere å bli møtt med enda strengere standarder, og slik ikke får muligheten til å tjene på investeringen. De empiriske studiene av direkte regulerings innovasjonseffekter gir også sprikende indikasjoner. Hascic, de Vries, Johnstone og Medhi (2009) finner i sin studie av patentering i OECD-landene fra 1978 til 2005 en positiv sammenheng mellom reguleringer i transportsektoren og utvikling av utslippsvennlig teknologi for motorkjøretøy. Samtidig finnes det flere andre studier som snarere konkluderer med at direkte reguleringer ikke evner å stimulere til grønn innovasjon (Popp et al., 2009; Johnstone et al., 2010).

2.1.4 Indirekte tilnærminger: Markedsbaserte virkemidler

Markedsbaserte virkemidler har seilt opp som et alternativ til direkte reguleringer og er blitt stadig mer populære over store deler av verden (OECD, 2010). Ifølge Stavins (2003) kan markedsbaserte virkemidler defineres som «regulations that encourage behavior through market signals rather than through explicit directives regarding pollution control levels or methods». Myndighetene søker altså å bruke økonomiske insentiver og utnytte markedskreftene for å påvirke aktørers atferd i klimavennlig retning. Ved å endre insentiver i det private markedet kan man sørge for at de offentlige målene, for eksempel utslippsreduksjon, også blir i private aktørers interesse (Kete, 1994). I motsetning til direkte reguleringer, gir markedsbaserte virkemidler stor fleksibilitet, de diktere ikke hvem som skal legge om til mer klimavennlig drift og hvordan, men innretter økonomiske insentiver slik at det vil lønne seg å ta klimahensyn og minimere negative klimarelaterte eksternaliteter. Det vil så være opp til selskapene selv hvorvidt og eventuelt hvordan de skal bli mer klimavennlige (World Bank, uten dato a). Markedsbaserte virkemidler allokere slik byrdene med klimavennlig omstilling på en mest mulig kostnadseffektiv måte, ved å gi insentiver til størst grad av omstilling og utslippskutt blant de aktørene som har best forutsetninger for å gjøre dette på en billig måte, i motsetning til direkte reguleringer, som sørger for at alle må ta like stor del av denne byrden (Jaffe & Stavins, 1995; Stavins, 2003).

Selv om alle markedsvirkemidler benytter økonomiske insentiver for å påvirke atferd og aktivitet i markedet, er de distinkte virkemidlene likevel nokså forskjellige på flere vis, blant

annet når det kommer til typen økonomisk insentiv som benyttes. Noen virkemidler gir positive insentiver gjennom belønning av klimavennlig atferd, eksempelvis gjennom subsidiering av ulike utslippsvennlige produkter eller av fornybar energiproduksjon (Stavins, 2003; Jaffe & Stavins, 1995). Andre virkemidler gir heller negative insentiver ved å straffe klimaskadelig aktivitet, for eksempel gjennom avgift på klimagasser som gjør forurensing og utslipp dyrt. Det finnes også andre sentrale skiller mellom dem som vil bli nærmere utredet i de kommende delkapitlene for de ulike virkemidlene, som prisreguleringer versus kvantitetsreguleringer, hvorvidt de adresserer eksternaliteter direkte eller indirekte, om de er teknologinøytrale eller -spesifikke og grad av forutsigbarhet ved virkemidlene.

Forkjempere for markedsbaserte tilnærminger hevder at disse virkemidlene ikke kun er effektive med tanke på å redusere utslipp her og nå, men at de også evner å stimulere til innovasjon (Bertoldi & Rezessy, 2006). Som nevnt kan knappheten på grønn innovasjon forklares med manglende insentiver som følge av det doble eksternalitetsproblemet. Markedsbaserte virkemidler gir aktører økonomiske insentiver til å drive mer klimavennlig, noe som igjen gir insentiver til å ta klimahensyn med i vurderingen også når det kommer til innretning av innovasjonsaktiviteter og investeringer (Jaffe & Stavins, 1995). Når det lønner seg å bli mer klimavennlig, gjør dette nemlig også at den potensielle avkastningen fra grønn innovasjon blir større (OECD, 2010, s. 27). Selskap kan både benytte seg av resulterende ny klimavennlig teknologi og løsninger selv, og høste økonomiske gevinster av dette ved å oppnå belønning eller unngå straff, men de kan også potensielt tjene mye på å patentere og selge nyvinningene sine. Når klimavennlig atferd belønnes og den klimafiendtlige straffes, vil dette nemlig også kunne skape et større marked og øke etterspørselen etter klimavennlige produkter og prosesser (Patt, 2015, s. 92). Dette gir altså grunnlag for antakelsen om at markedsbaserte virkemidler vil ha en positiv effekt på grønn innovasjon.

Det finnes imidlertid også teoretiske motargument som sår tvil om hvor reell denne innovasjonseffekten er. Blant andre Patt (2015) argumenterer for at markedsbaserte virkemidler ikke evner å stimulere til grønn innovasjon fordi insentivene de gir til å ta klimahensyn ikke er tilstrekkelige til å stimulere til genuin innovasjon og virkelige teknologiske fremskritt, og om noe kun vil kunne lede til mindre videreutviklinger av eksisterende løsninger og teknologier. I tillegg finnes det grunnlag for å problematisere allmenngyldigheten av antakelsen om positiv innovasjonseffekt av markedsbaserte virkemidler. Dette bygger på det faktum at de ulike markedsvirkemidlene som nevnt er svært forskjellige på mange vis, for eksempel når det kommer til typen økonomiske insentiv, om de

er kvantitets- eller prisreguleringer eller om de er teknologispesifikke eller teknologinøytrale. At virkemidlene har disse betydelige ulikhetene, gjør at blant andre Bøhringer et al. (2014) argumenterer for at det å anse dem som en enhetlig gruppe med antatt like effekter blir en uheldig overforenkling, ettersom forskjellene mellom virkemidlene trolig også vil gjøre at de vil ha ulike innovasjonseffekter.

En stor andel av de empiriske studiene av markedsvirkemidlers innovasjonseffekter har dreid seg om å sammenligne markedsvirkemidler opp mot direkte reguleringer. I en litteraturgjennomgang av Popp et al. (2009) blir det slått fast at de aller fleste empiriske funnene peker mot at markedsbaserte virkemidler i større grad evner å stimulere til innovasjon enn direkte reguleringer. Som forklart i oppgavens innledningskapittel, kan man derimot ikke ut i fra dette avlede at markedsbaserte virkemidler har en betydelig positiv effekt på grønn innovasjon. Mange av studiene som sammenligner markedsvirkemidler og direkte reguleringer tar nemlig ikke høyde for konkurrerende forklaringer innenfor andre virkemiddelkategorier, og utelater for eksempel statlig støtte til FoU på klimafeltet (Lanoie, Laurent-Lucchetti, Johnstone & Abec, 2011). Om man kun fokuserer på virkemidler som skal gi indirekte innovasjonseffekter, uten å samtidig sammenligne dem med direkte innovasjonsvirkemidler, vil ikke studiene gi noe grunnlag for å kunne vurdere hvorvidt markedsvirkemidler har en betydelig positiv effekt eller ikke, markedsvirkemidlers effekt på innovasjon vil kunne tenkes å være kun marginale om man sammenligner dem med effektene av for eksempel FoU-støtte. Det finnes derimot noen studier som gir bedre grunnlag for å belyse effektene av markedsvirkemidler, som ikke kun sammenligner dem med ikke-markedsbaserte virkemidler, men som også holder dem opp mot direkte innovasjonsvirkemidler. Disse studiene vil bli presentert i de følgende delkapitlene for de individuelle markedsvirkemidlene.

2.1.5 Hypoteser

Basert på argumentene fremmet av forkjemperne for markedsbaserte virkemidler, om at de økonomiske insentivene til å utvise klimahensyn også vil gi positive effekter på grønn innovasjon, kan man utlede følgende hypotese: *H1- Markedsbaserte virkemidler har positiv effekt på grønn innovasjon.*

Som forklart finnes det derimot også de som hevder at markedsbaserte virkemidler ikke gir tilstrekkelige insentiver til å ha noen effekt på innovasjon, hvilket underbygger følgende nullhypotese: *Markedsbaserte virkemidler har ingen effekt på grønn innovasjon.*

For å få meningsfulle indikasjoner på innovasjonseffektene av markedsbaserte virkemidler, er man nødt til å måle dem opp mot effektene av andre typer virkemidler. Fokuset i tidligere empiriske studier har som nevnt vært på å sammenligne markedsbaserte virkemidler kun med direkte reguleringer. I denne studien vil effekten av markedsvirkemidlene ikke bare holdes opp mot direkte reguleringer, men også sammenlignes med virkemidler som er direkte rettet mot innovasjon, nemlig FoU-støtte. Studien vil derfor også undersøke de følgende hypotesene:

H2- Direkte reguleringer har positiv effekt på grønn innovasjon og H3- Støtte til FoU har positiv effekt på grønn innovasjon.

Selv om det er grunn til å forvente slike positive effekter av både direkte reguleringer og FoU-støtte, finnes det som nevnt også argumenter for at det ikke vil være noen slike sammenhenger, som underbygger de følgende nullhypotesene: *Støtte til FoU har ingen effekt på grønn innovasjon og direkte reguleringer har ingen effekt på grønn innovasjon.*

Denne studien skal ikke bare undersøke effekten av markedsvirkemidler som gruppe, men også se på effektene av fire distinkte markedsbaserte virkemidler: klimaavgifter, kvoter, i form av både utslippskvoter og grønne sertifikater, og feed-in tariff. Teorikapitlets påfølgende delkapitler vil ta for seg hver enkelt av disse virkemidlene.

2.2 Klimaavgifter

2.2.1 Klimaavgifter og deres innovasjonseffekter

Klimaavgifter er en type markedsvirkemiddel som straffer klimafiendtlig aktivitet gjennom skattlegging av klimagassutslipp (SSB, 2013). Avgiftene setter slik en pris direkte på negative klimarelaterte eksternaliteter, sånn at de reelle miljøkostnadene ved utslipp av klimagasser bedre reflekteres i prisen for utslipp. Man sier at eksternaliteten slik blir internalisert inn i markedsprisen. Det blir altså dyrt å forurense, noe som skal motivere både selskap og private forbrukere til å redusere utslipp (OECD, 2011). Avgifter regnes som et av de mest kostnadseffektive tiltakene for å kutte i utslipp, ettersom det gjør forurensning og utslipp mindre attraktivt, men uten å legge noen føringer for hvordan utslippsreduksjon skal skje

(OECD, 2011; Mehling & Tvinnereim, 2018). Slike avgifter har blitt en sentral del av klimapolitikken i mange land, spesielt i EU og de øvrige OECD-landene (SSB, 2013). Brorparten av inntektene fra klimaavgifter i OECD-landene kommer fra avgifter på energi, og da spesielt drivstoff, men også fra andre avgifter som på for eksempel motorkjøretøy, pesticider, kunstgjødsel, avfall og direkte avgifter på NO_x-utslipp (OECD, 2010).

Klimaavgifter gjør altså klimagassutslipp dyrt, og dette vil ifølge det som omtales som «induced innovation»-hypotesen kunne stimulere til innovasjon (Hicks, 1963). Når en produksjonsfaktor øker i pris, vil nemlig profittmaksimerende aktører tilpasse seg prisøkningen ved å søke måter å begrense bruken av denne faktoren, blant annet gjennom å investere i innovasjon for å utvikle nye produkter og prosesser som kan minimere bruken av den (OECD, 2010). I tilfellet med klimaavgifter stiger prisen på klimagassutslipp, og selskap må tilpasse seg prisøkningen ved å forsøke å kutte utslipp, som altså kan gi insentiver til å satse på innovasjon innenfor utslippsbesparende teknologi og løsninger. Gjennom slik innovasjon kan man unngå utgifter til klimaavgifter, men avgiftene vil også generelt skape et større marked og etterspørsel etter slike utslippsbesparende nyvinninger. Ved å straffe klimafiendtlig atferd og sette en pris på negative eksternaliteter, gjør altså klimaavgifter grønn innovasjon mer lønnsomt og man kan slik se for seg at klimaavgifter gir en positiv effekt på grønn innovasjon.

2.2.2 Motargumenter: Hvorfor vil avgifter *ikke* gi innovasjonseffekter?

Det finnes derimot også innvendinger mot denne antatte positive innovasjonseffekten av klimaavgifter. Blant annet blir det hevdet at en eventuell effekt på innovasjon kun vil være svært beskjeden og begrense seg til det som kalles inkrementell innovasjon, oppgradering og videreutvikling av eksisterende teknologi, og ikke mer omfattende radikal innovasjon som innebærer introduksjonen av nye genuint nytt (IPP, 2013). En kan nemlig argumentere for at selv om avgifter øker lønnsomheten ved grønn innovasjon, øker de den ikke tilstrekkelig til å veie opp for kostnadene og den betydelige usikkerheten og risikoen som er forbundet med innovasjonsinvesteringer (OECD, 2010, s. 83). Man er spesielt lite villig til å ta stor risiko i langsiktige investeringer, som gjerne er en forutsetning for radikal innovasjon (OECD, 2010, s. 83). Derfor kan det tenkes at avgifter ikke vil gi tilstrekkelige insentiver til å få aktører til å gjøre mer risikable investeringer i radikal innovasjon innenfor umodne teknologier som ikke vil være markedsklare på mange år, men heller kun stimulere til inkrementell innovasjon som er enklere og billigere og kan realiseres raskt.

I innovasjonsteorien blir stringens, ofte definert som strenghet eller ambisjonsnivå i implementeringen, trukket frem som en helt avgjørende faktor for om et virkemiddel skal evne å stimulere til innovasjon eller ikke (Johnstone et al., 2010; Rogge, Schneider & Hoffmann, 2011). Flere trekker frem at nettopp manglende stringens i implementeringen, i form av lave avgiftsnivå, kan gjøre at avgifter ikke får positive innovasjonseffekter (Frondel, Horback & Rennings, 2006; Patt, 2015; Pfeifer, Fabian, Davis & Tracy, 2014). Pfeifer et al. (2014) påpeker at for at avgiftene skal være effektive i å stimulere til klimavennlig innovasjon og overkomme usikkerhet og risiko forbundet med innovasjonsinvesteringer, må avgiftene være høye nok, det må virkelig koste å forurense slik at den potensielle lønnsomheten ved grønn innovasjon er stor. Om avgiftene er for lave, vil aktører trolig heller vurdere det som mest lønnsomt å kun bedrive inkrementell innovasjon eller å bare betale avgiftene, istedenfor å investere i utvikling av genuint nye, grønne løsninger som kun muligens vil gi profitt, og dette først i fremtiden. Blant andre Patt (2015) har påpekt at forslag om høye klimaavgifter ofte mottar massiv motstand fra flere hold, og det er derfor gjerne liten politisk vilje til å få til noe slikt. Høyt nok avgiftsnivå er altså sentralt for avgiftenes innovasjonseffekter, men kan i praksis være vanskelig å realisere.

Ikke bare stringensen, men også forutsigbarheten ved et virkemiddel er viktig for at det skal kunne gi positive innovasjonseffekter (Johnstone et al., 2010). Manglende forutsigbarhet ved klimaavgifter kan stå i veien for innovasjonseffekten, det er nemlig ikke gitt at avgiftsnivået holder seg stabilt, avgiftene kan heves, senkes eller fullstendig fjernes, for eksempel som følge av endringer i den politiske maktbalansen i et land (OECD, 2010, s. 98-99). Når selskap opplever stor usikkerhet, velger de gjerne det alternativet som representerer den laveste risikoen og kostnaden her og nå (OECD, 2010, s. 98). Usikkerhet rundt utviklingen av avgiftsnivået kan derfor gjøre at selskap anser det å betale avgiftene som det foretrukne alternativet, heller enn å investere i innovasjon.

Det finnes også dem som hevder at virkemidler som belager seg på å straffe klimafiendtlig aktivitet, slik avgifter gjør, ikke er egnet for å stimulere til innovasjon. Patt (2015, s. 280) skriver for eksempel at «carrots get you creative innovation; sticks don't». Dette skal blant annet skyldes at den potensielle avkastningen av å utvikle ny teknologi blir ansett som mer usikker når den kommer i form av unngått straff, enn om den kommer fra oppnådd belønning. Patt (2015, s. 94) hevder at mulig avkastning i form av unngått straff er vanskeligere å estimere presist, mens avkastning i form av oppnådd belønning derimot oppfattes som langt mer konkret, man vil i større grad vite hva man vil kunne tjene, og når.

2.2.3 Empiri

Det finnes relativt få empiriske undersøkelser av påvirkningsforholdet mellom klimaavgifter og grønn innovasjon. Johnstone et al. (2010) undersøker ulike klimapolitiske virkemidlers innovasjonseffekter innenfor fornybar energi ved bruk av patentdata fra 25 høyinntektsland for perioden 1978 til 2003. De ser blant annet på effektene av statlig støtte til klimarelatert FoU og klimaavgifter, men finner ingen signifikant positiv effekt av klimaavgifter på antall patenter innenfor fornybar energi.

For å bøte på mangelen på empiriske undersøkelser av klimaavgifters innovasjonseffekter, er det i regi av OECD blitt gjennomført casestudier i flere av medlemslandene (OECD, 2010). Blant annet ble det gjort en komparativ casestudie i USA, Tyskland og Japan som fant en positiv sammenheng mellom skatt på bensin og diesel og innovasjon innenfor drivstoffbesparende teknologi (OECD, 2010, s. 77-78). Liknende positive funn ble avdekket i en casestudie av Sveriges avgifter på NO_x, etter innføringen i 1992 og frem til 2007 har man kunnet se en betydelig økning i patentering innenfor utslippsvennlig teknologi (OECD, 2010, s. 69). I casestudiene fra OECD var det imidlertid også studier som ikke støttet opp om en slik positiv sammenheng, blant annet en studie av Storbritannias Climate Change Levy, en lov innført i 2001 som innebar at selskap måtte betale skatt på elektrisitet, kull, naturgass og petroleumsgass (OECD, 2010, s. 97). De største, mest energikrevende selskapene fikk en avtale som innebar at de kun måtte betale 20 % av denne skatten, i bytte mot at de måtte forplikte seg til å møte avtalte mål for energiforbruk. For å undersøke effekten av mer stringent avgiftspolitik og teste om høyere nivå av avgifter ville gi mer innovasjon, sammenlignet man patentering hos de selskapene som måtte betale full avgift og de som kun måtte betale 20 %. Det var ingen forskjell å spore i patentering innenfor klimarelatert innovasjon mellom selskapene.

I flere av casestudiene var det store vanskeligheter med å overhodet trekke noen konklusjon om effekten av avgifter, fordi samspill mellom mange ulike økonomiske og politiske faktorer gjorde det svært krevende å isolere klimaavgifter som forklaringsvariabel (OECD, 2010, s. 79). Den overordnede konklusjonen i OECDs rapport om disse studiene, ble dermed at selv om man hadde funnet noen eksempler på en positiv sammenheng mellom avgifter og innovasjon, var funnene for blandede til å kunne konkludere med at det er en slik generell positiv effekt (OECD, 2010).

Når det kommer til påstanden om at klimaavgifter kun leder til inkrementell innovasjon, finner man flere studier som støtter dette (Christiansen, 2001; Walz, 1999; Mickwitz,

Hyvättinen & Kivimaa, 2008). For eksempel har Christiansen (2001) undersøkt den norske CO₂-skattens evne til å gi insentiver til innovasjon innenfor utslippsvennlig teknologi blant oljeselskap som opererer på den norske kontinentalsokkelen. Konklusjonen var at selv om CO₂-skatten ser ut til å ha gitt insentiver til innovasjon knyttet til utslippskutt, er dette i all hovedsak snakk om inkrementell innovasjon i form av forbedringer av eksisterende prosesser og videreutvikling av allerede tilgjengelig og velkjent teknologi, ikke radikal innovasjon.

2.2.4 Hypoteser

Argumentene om at skattlegging av klimagassutslipp øker lønnsomheten ved grønn innovasjon og dermed også gir innovasjonsinsentiver, gir grunnlag for følgende hypotese: *H4- Klimaavgifter har positiv effekt på grønn innovasjon.*

Selv om det er grunnlag for å utlede en slik hypotese, ser man at det også finnes teoretiske argument og empiriske funn som heller støtter opp om følgende nullhypotese: *Klimaavgifter har ingen effekt på grønn innovasjon.*

2.3 Kvotesystemer: Utslippskvoter og grønne sertifikater

2.3.1 Utslippskvoter

Utslippskvoter fungerer som en tillatelse til å slippe ut klimagasser, der en kvote tilsvarer utslipp av ett tonn CO₂, eller andre klimagasser regnet om til CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet, 2017). Disse kvotene kan kjøpes og selges innad i et kvotesystem der det er et bestemt antall kvoter i omløp, det er altså satt et øvre tak på utslipp, som over tid reduseres, slik at også det totale utslippet av klimagasser reduseres (Klima- og miljødepartementet, 2017). Med Kyotoprotokollen ble det etablert et system for slik kvotehandel mellom en rekke industriland (UNFCC, uten dato). Hvert av landene fikk, basert på sine forpliktelser om utslippsreduksjon, tildelt ulike mengder utslippskvoter de fritt kunne velge hvordan de ville disponere. Landene kan enten bruke alle kvotene sine selv og slippe ut hele sin tillatte mengde, eller kutte mer i utslippene sine og selge overskuddskvotene til andre land (UNFCC, uten dato).

I tillegg til et slikt mellomstatlig kvotemarked, finnes det flere nasjonale og regionale kvotesystemer for selskap over stor deler av verden. Det største er EUs kvotemarked, men det finnes i tillegg utslippskvotesystemer i blant annet Japan, Canada, Kina, New Zealand, Sør-

Korea, Sveits og USA (Europakommisjonen, uten dato a). Slike nasjonale eller regionale kvotesystem fungerer i stor grad etter samme prinsipp som det mellom-statlige. Det fastsettes en øvre grense på det totale tillatte klimagassutslippet for hele systemet, som deles opp i et begrenset antall CO₂-kvoter som selskap enten mottar eller kjøper av myndighetene, for så å handle med hverandre etter behov (Europakommisjonen, uten dato b). Dette gir kostnadseffektive utslippsreduksjoner, ettersom utslippskuttene i stor grad vil gjøres av selskap med best forutsetninger for dette, de vil nemlig kunne tjene på utslippskutt ved å selge overskuddskvoter til selskap som står overfor høyere kostander forbundet med å kutte i sine utslipp, og som derfor heller vil kjøpe kvoter.

Utslippskvoter kan sies å operere gjennom både positive og negative insentiver, de både straffer klimafiendtlig aktivitet og belønner klimavennlig aktivitet. Utslippskvoter bidrar nemlig til å sette en pris på negative eksternaliteter, slik at de som slipper ut klimagasser straffes og må betale for dette i form av kvoter. I tillegg belønner de klimavennlig aktivitet, ved at selskap som realiserer store utslippsreduksjoner kan oppnå belønning for dette gjennom salg av overskuddskvoter.

Prisen på utslippskvotene vil være avhengig av tilbud og etterspørsel i markedet, som i stor grad kan styres politisk. Det er myndighetene som setter taket for utslippene og således bestemmer hvor stort antall kvoter som skal være i omløp totalt, og de regulerer utdelingen av gratiskvoter (Wettestad, 2017; Klima- og forurensningsdirektoratet, 2010). Men kvoteprisen vil også påvirkes av andre faktorer, som utslippsgraden til de kvotepliktige bedriftene og kostnadene forbundet med å kutte disse, i tillegg til prisutvikling i verdens råvare- og drivstoffmarkeder (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2010).

Kvotesystemer er det man kan kalle kvantitetsbaserte reguleringer, i motsetning til avgifter, som er en form for prisbasert regulering. Med kvantitetsbaserte reguleringer bestemmes det et mål som skal realiseres, i form av en nedre grense eller et øvre tak. For utslippskvoter er dette en øvre grense for klimagassutslipp, og markedet avgjør så prisen for å realisere dette. Med prisbaserte reguleringer er det omvendt. Da er det prisen på for eksempel klimagasser som bestemmes av myndighetene, og markedet som bestemmer kvantiteten, som for eksempel hvor store utslippskutt som realiseres (Bertoldi & Rezessy, 2006; OECD, 2010).

2.3.2 Grønne sertifikater

Målsettingen med systemer for grønne sertifikater er å øke produksjonen av fornybar energi. Grønne sertifikater er omsettelige bevis på at elektrisitet har blitt generert ved bruk av en fornybar energikilde, typisk er det snakk om at et sertifikat innebærer 1 kWt med fornybar energi (Bertoldi & Rezessy, 2006). Myndighetene definerer en kvote eller nedre grense for hvor stor andel av energien fra energileverandører som skal komme fra fornybare kilder årlig (Bertoldi & Rezessy, 2006). For å vise at de imøtekommer dette kravet, må energileverandørene kunne legge frem korrekt antall slike grønne sertifikater. Sertifikatene kan skaffes ved at aktørene enten genererer fornybar energi selv eller kjøper fornybar energi og tilhørende sertifikater fra andre (Bertoldi & Rezessy, 2006). Slik oppstår det en etterspørsel etter sertifikatene, de får en markedspris som gir en ekstra inntekt til produsenter av fornybar energi. Prisen på sertifikatene vil som med utslippskvotene bestemmes av tilbud og etterspørsel i markedet, som i stor grad vil være avhengig av hvor strenge mål for bruk av fornybar energi som settes av myndighetene. Ved bruk av grønne sertifikater kan altså myndighetene sikre økt produksjon av fornybar energi i landet, men la det være opp til markedet å finne den mest kostnadseffektive måten å gjøre dette på, ettersom markedsaktører fritt seg imellom kan regulere hvem som skal stå for selve produksjonen av den fornybare energien. Slike kvotesystemer finnes for eksempel i land som Polen, Belgia, Sverige, Norge og Storbritannia.

På samme måte som med utslippskvoter kan man si at grønne sertifikater gir både positive og negative insentiver til å drive mer klimavennlig. Også grønne sertifikater straffer klimafiendtlig atferd gjennom å sette opp prisen på negative klimarelaterte eksternaliteter, men i motsetning til utslippskvoter gjøres dette kun indirekte. I følge Johnstone et al. (2010) skiller man mellom virkemidler som adresserer eksternaliteter direkte, og de som gjør det indirekte ved å adressere en «proxy» for eksternaliteten, for eksempel en kilde til klimagassutslipp, heller enn utslippet i seg selv. Mens utslippskvoter direkte setter opp prisen på klimagassutslipp, bidrar grønne sertifikater til å justere opp prisen på ikke-fornybar energi, ettersom bruk av slik energi innebærer at man må kjøpe grønne sertifikater. De grønne sertifikatene setter slik opp prisen på en proxy for en negativ eksternalitet, altså en kilde til klimagassutslipp, for på denne måten å straffe klimafiendtlig aktivitet. Men grønne sertifikater kan også sies å belønne klimavennlig atferd, ved at de indirekte subsidierer produksjon av fornybar energi, ettersom produsentene kan tjene ekstra på å selge de grønne sertifikatene som følger med fornybar energiproduksjon.

2.3.3 Innovasjonseffekter

Kvoter justerer opp prisen på klimarelaterte eksternaliteter, slik også avgifter gjør. Som forklart vil dette ifølge «induced innovation»-hypotesen kunne resultere i at aktører tilpasser seg denne prisøkningen ved å blant annet investere i innovasjon innenfor ny teknologi og løsninger som kan minimere bruken av disse (Driesen, 2003; Gagelman & Frondel, 2005). Investeringer i slik grønn innovasjon kan ikke bare gjøre at aktører unngår straff, ved å slippe å kjøpe kvoter, men kan også resultere i belønning, om innovasjonen gjør at man også kan selge overskuddskvoter (Gagelman & Frondel, 2005). Kvotesystemer øker altså lønnsomheten og stimulerer dermed til grønn innovasjon gjennom både positive og negative insentiver.

Som nevnt skiller kvotesystemene seg fra hverandre ved at utslippskvoter direkte setter en pris på eksternaliteten klimagassutslipp, mens grønne sertifikater justerer opp prisen på en proxy for denne eksternaliteten. Dette innebærer at de ulike kvotesystemene vil gi insentiver til ulike typer grønn innovasjon. Ettersom utslippskvoter direkte setter opp prisen på klimagassutslipp i seg selv, kan man forvente at slike kvotesystemer vil kunne gi insentiver til et bredt spekter av innovasjon som på ulike vis evner å minimere utslipp av klimagasser. Grønne sertifikater adresserer på sin side en proxy for eksternaliteter, de setter opp prisen på en utslippskilde, ikke-fornybar energi, og gir slik insentiver til å minimere bruken av dette. Dermed stimulerer ikke grønne sertifikater til innovasjon som generelt kan kutte i utslipp, de stimulerer spesifikt til innovasjon innenfor fornybar energi.

2.3.4 Motargumenter: Hvorfor vil kvoter *ikke* gi innovasjonseffekter?

Det finnes derimot også argumenter som taler imot at kvotesystemer vil stimulere til grønn innovasjon. Det hevdes blant annet at mekanismene som skal sikre kostnadseffektivitet i kvotesystemene ødelegger for innovasjonseffektene. Kvotehandling gjør at målene for kvotesystemene nås mest mulig kostnadseffektivt ved at innfrielsen av målene, om det er utslippskutt eller generering av fornybar energi, allokeres dit det er billigst å gjennomføre dem. Blant andre Driesen (2003) argumenterer for at denne mekanismen forhindrer innovasjon, fordi man kan forvente at aktørene som kan bidra til å møte klimamål til lave kostnader, er de som ikke behøver betydelig teknologisk utvikling og innovasjon for å kunne gjøre dette. De aktørene som har store kostnader knyttet til for eksempel utslippskutt vil sannsynligvis være de som er nødt til å innovere for å realisere dette, men i et kvotehandlingssystem kan disse aktørene, heller enn å innovere, bare kjøpe utslippskvoter fra

andre aktører som kan kutte på enklere, billigere vis som ikke involverer innovasjon (Driesen, 2003).

Det finnes også de som argumenterer for at en eventuell innovasjonseffekt av kvoter vil være svært begrenset, fordi innovasjonen kun vil finne sted umiddelbart etter innføringen av kvotesystemet og bestå av bare inkrementell innovasjon (Taylor, 2012). Dette kommer av at kvotesystemer er et kvantitetsbasert virkemiddel og slike virkemidler kan hevdes å gi begrensede innovasjonsinsentiver, ettersom det ikke vil være noe å tjene på å strekke seg forbi den nedre grensen eller under det maksimale taket som er satt for kvotesystemet (Driesen, 2003; Bertoldi & Rezessy, 2006). Dette innebærer at det vil foreligge insentiver til å innovere umiddelbart etter innføring av et kvotesystem, men kvotehandelen sikrer kostnadseffektivitet, hvilket som nevnt innebærer at det er de billigste, enkleste løsningene for å oppnå målene i kvotesystemet som vil realiseres først. Som påpekt over kan dette føre til mangel på innovasjon overhodet, men man kan videre argumentere for at om noe innovasjon likevel skulle finne sted, vil dette være den mest kostnadseffektive innovasjonen, som vil være inkrementell innovasjon som bygger på allerede velkjente løsninger og modne teknologier (Taylor, 2012; Bergek & Jacobsson, 2010). Det denne innovasjonen så vil klare å oppnå av produksjon av fornybar energi eller utslippskutt, vil føre til et fall i kvotepriser som svekker innovasjonsinsentivene.

Likeledes som for avgifter, trekkes manglende stringens og forutsigbarhet frem som faktorer som kan stå i veien for en positiv innovasjonseffekt av kvoter. Spesielt trekkes kvoteprisene frem som avgjørende for innovasjonseffektene, og de fleste av utslippskvotesystemene, inkludert EU sitt, har så langt vært preget av lave kvotepriser (Wettestad & Gulbrandsen, 2018). Lave kvotepriser vil kunne ha samme effekt som lave avgiftsnivå, den potensielle lønnsomheten ved grønn innovasjon blir ikke ansett som stor nok til at aktører er villige til å akseptere risikoen forbundet med innovasjon, og de vil heller kun basere seg på eksisterende teknologi og løsninger eller bare betaler for kvotene de trenger (Taylor, 2012; Wettestad & Gulbrandsen, 2018). Flere påpeker også at kvotesystemer ikke gir den forutsigbarheten som er nødvendig for å stimulere til innovasjon (Egenhofer, Alessi, Georgiev & Fujiwara, 2011; Rogge et al., 2011). Dette har blant annet sammenheng med at de fleste kvotesystemer har relativt korte handelsfaser, som regel mellom 3 og 5 år, og reglene for tildeling og auksjonering av kvoter endres over tid. I tillegg oppleves kvoteprisene som ustabile og vanskelig å forutse utviklingen av.

2.3.5 Empiri

Ikke bare de teoretiske argumentene, men også de empiriske indikasjonene er motstridende når det kommer til kvotesystemers innovasjonseffekter. I sin litteraturgjennomgang om innovasjonseffekter av klimapolitiske virkemidler slår Groba og Breitschopf (2013) fast at det finnes svært begrenset med empiriske bevis for at utslippskvoter har positiv effekt på grønn innovasjon. De peker på noen få studier som finner en slik positiv effekt, blant annet studier av kvotehandelssystemet for SO₂ som ble innført i USA i 1990 (Popp, 2003a; Taylor, Rubin & Hounshell, 2005). Studier av effekten av for eksempel EUs kvotesystem viser imidlertid et helt annet bilde, de indikerer at effekten av utslippskvotesystemet på innovasjon har vært svært begrenset (Groba & Breitschopf, 2013; Egenhofer et. al, 2011; Gagelmann & Frondel, 2005; Rogge et al., 2011).

Påstanden om at kvotesystemer kun vil føre til inkrementell innovasjon får støtte i flere studier. For eksempel ser Hoffmann (2007) på hvordan EUs kvotehandelssystem har påvirket selskapers investeringer med tanke på å redusere CO₂-utslipp, ved å gjøre casestudier i den tyske energisektoren. Han finner at selv om energiselskapene tar med kostnaden på CO₂ i investeringsvurderingene, har dette kun ledet til småskala investeringer med kort realiseringstid for å kutte utslipp, mens effekten på større investeringer i forskning og utvikling innenfor nye teknologiske løsninger ser ut til å være minimal.

Også for grønne sertifikater er de empiriske funnene blandede. Johnstone og Hascic (2008) bruker patentdata fra 26 OECD-land for å undersøke effekten av ulike klimapolitiske virkemiddel, blant annet grønne sertifikater og statlig støtte til FoU, på innovasjon innenfor fornybar energi. De fant at grønne sertifikater hadde positiv innvirkning på innovasjon innenfor flere former for fornybar energi, som vindenergi og geotermisk energi. Denne konklusjonen står imidlertid i kontrast til resultatene fra en studie av Ang, Rottgers og Burli (2017), som gjør en liknende kvantitativ analyse av hvordan ulike klimapolitiske virkemidler har påvirket innovasjon innenfor fornybar energi i OECD- og G20-landene fra 2000 til 2012. De finner at grønne sertifikater ikke har hatt noen positiv effekt på innovasjon i form av antall patenter innenfor fornybar teknologi. Liknende funn blir avdekket i en casestudie av Bergek og Jacobsson (2010), der de undersøker ulike effekter av det grønne kvotesystemet i Sverige fra innføringen i 2003 frem til 2008, blant annet dets evne til å stimulere til innovasjon. De fant at det ikke var noe grunnlag for å hevde at innføringen av grønne sertifikater hadde hatt noen positiv innvirkning på grønn innovasjon i landet.

2.3.6 Hypoteser

Basert på argumentene om hvordan kvoter gjennom både straff av klimafiendtlig atferd og belønning av klimavennlig aktivitet gjør grønn innovasjon mer lønnsomt og dermed stimulerer til slik innovasjon, kan man utlede hypoteser om positiv effekt både for utslippskvoter og grønne sertifikater. De to kvotesystemene skiller seg fra hverandre med tanke på om de gir generelle eller spesifikke innovasjonsinsentiver, og jeg vil derfor utlede og teste separate hypoteser for de to for slik å undersøke om det er noen forskjeller mellom deres innovasjonseffekter: *H5- Utslippskvoter har positiv effekt på grønn innovasjon*, og *H6- Grønne sertifikater har positiv effekt på grønn innovasjon*.

Selv om det er et grunnlag for å utlede disse hypotesene, finnes det også teoretiske argument og empiriske funn som heller støtter opp om følgende nullhypoteser: *Utslippskvoter har ingen effekt på grønn innovasjon* og *grønne sertifikater har ingen effekt på grønn innovasjon*.

2.4 Feed-in tariff

2.4.1 Feed-in tariff og deres innovasjonseffekter

Formålet med feed-in tariff er å fremme produksjon av fornybar energi. Virkemiddelet har stor utbredelse, i 2018 fantes det systemer for feed-in tariff i totalt 113 land, stater eller provinser verden over (REN21, 2018, s. 200). Med feed-in tariff blir leverandører av fornybar energi kompensert for den ekstrakostnaden som er forbundet med å produsere slik energi, sammenlignet med konvensjonell, ikke-fornybar energi (Tamas, Shrestha & Zhoua, 2010). Tariffene settes gjerne enten som en garantert minstepris per kWt, eller som et fast pristillegg på toppen av markedsprisen (Alizamir, de Véricourt & Sun, 2016; Ringel, 2006). Hvordan kostnadene for disse tariffene dekkes varierer, de kan finansieres over strømprisen, som i Tyskland, men de kan også finansieres av skattebetalerne mer generelt, ved at det er staten som dekker tariffene, slik det gjøres for eksempel i Spania (Ringel, 2006). I tariffsystemer er også kraftleverandører pålagt å kjøpe energien fra fornybare kilder og fornybarprodusentene blir gitt langsiktige garantier for at de får levert energien sin, typisk er det snakk om kontrakter på rundt 15 år (Menanteau et al., 2003). Tariffene er som regel teknologispesifikke, slik at de differensieres for ulike energikilder, som vind, hydro og sol, men også etter hvor moden eller ny teknologien er, slik at de best mulig reflekterer de ekstrakostnadene som er forbundet med energiproduksjonen (Poruschi, Ambrey & Smart, 2018; Bøhringer et al., 2014).

Til forskjell fra avgifter og kvotesystemer, er feed-in tariffen et virkemiddel som ikke belager seg på negative insentiver, men kun positive. Tariffene kan sies å belønne klimavennlig aktivitet ved at de subsidierer produksjon av fornybar energi, produsenter av fornybar energi blir belønnet med å få ekstra betalt på toppen av markedsprisen for energien sin.

Feed-in tariffen hevdes å skulle gi positiv innvirkning på innovasjon spesifikt innenfor utvikling av fornybar teknologi, ettersom de gir positive insentiver til slik innovasjon ved at de belønner produksjon av fornybar energi og dermed også øker lønnsomheten ved investeringer i innovasjon innenfor dette feltet. For det første vil innovatører kunne bruke nyvinningene selv for å maksimere produksjonen av fornybar energi og dermed heve maksimal belønning og få mest mulig ut av tariffsystemet. For det andre vil tariffene også skape større etterspørsel og dermed større avkastning fra nye løsninger innen fornybar teknologi, ettersom det vil være flere som ønsker å benytte seg av slike nyvinninger når produksjon av fornybar energi blir belønnet og subsidiert.

Feed-in tariffen gir altså kun positive insentiver til innovasjon, ikke negative. Dette innebærer at aktører ikke vil innovere for å unngå straff, som med kvoter og avgifter, men heller for å oppnå en belønning. Som nevnt hevder blant andre Patt (2015) at slike virkemidler som baserer seg på belønning heller enn straff, er mer effektive når det kommer til å stimulere til innovasjon, fordi den potensielle avkastningen av å utvikle eller ta i bruk ny teknologi blir ansett som langt mer sikker og konkret når den kommer i form av oppnådd belønning (Patt, 2015, s. 94).

Det at feed-in tariffen evner å skape en viss forutsigbarhet for energiprodusenter, er blitt trukket frem som en betydelig fordel med tanke på innovasjonseffekter. Tariffsystemer gjør at produsentene av fornybar energi får langsiktige garantier for at de får levert energien sin og dette gir betydelig redusert risiko og usikkerhet, som kan tenkes å senke terskelen for å investere i innovasjon innenfor fornybar teknologi (Lesser & Su, 2008). Et annet trekk ved feed-in tariffen som trekkes frem som fordelaktig med tanke på innovasjonsinsentiver, er at de kan differensieres. Tariffene er gjerne teknologispesifikke, som kan bidra til at det gis insentiver til utvikling og innovasjon innenfor et bredere spekter, ikke kun enkel, kostnadseffektiv innovasjon innenfor billige energikilder og modne teknologier, som er en frykt man har med teknologinøytrale virkemidler (Midttun & Gaudesen, 2007; del Rio & Bleda, 2012).

2.4.2 Motargumenter: Hvorfor vil feed-in tariffen ikke gi innovasjonseffekter?

Det finnes derimot også flere argumenter for at feed-in tariffen ikke vil gi noen betydelig positiv effekt på innovasjon. Et av disse er at det er svært krevende å innrette tariffnivået på en optimal måte for å gi positiv innovasjonseffekt. Et for lavt tariffnivå vil kunne resultere i en svært begrenset effekt på innovasjon, det blir kun de billigste, mest kostnadseffektive innovasjonsalternativene som vil bli realisert, ettersom kun disse vil være lønnsomme om tariffnivået er lavt (Mendonca, Jacobs & Sovacool, 2009; Alizamir et al., 2016). For at tariffen skal ha en sterkere positiv effekt på innovasjon der det investeres i også nye, umodne teknologier, må altså tariffnivået være høyt nok. Det er likevel flere hensyn som skal balanseres når en setter nivået for tariffen. Man må være påpasselig med å ikke sette nivået for høyt da dette er lite økonomisk effektivt, fordi produsenter av fornybar energi vil kunne sitte igjen med en uforholdsmessig stor profitt, som går på bekostning av forbrukerne eller skattebetalerne som må finansiere dette (Ringel, 2006). Det er altså en utfordrende balansekunst for myndighetene å finne et nivå på tariffene som er høyt nok for å stimulere til innovasjon, men samtidig ikke for høyt.

I likhet med kvoter og avgifter kan man argumentere for at også tariffen, selv med et optimalt tariffnivå, i beste fall kun stimulerer til inkrementell innovasjon. Selv om tariffen gir insentiver til økt produksjon av fornybar energi, kan man nemlig argumentere for at de gir begrensede insentiver til å gjøre dette gjennom genuin innovasjon innenfor nye, umodne teknologier. Tariffene kan differensieres og innrettes slik at støttenivået reflekterer de ekstrakostnadene som er forbundet med å benytte umoden teknologi, men profitten blir fremdeles ikke noe større enn om man bruker allerede velkjente løsninger. Når man ikke nødvendigvis vil tjene noe ekstra på å utvikle ny teknologi for å produsere fornybar energi, vil aktører muligens heller velge andre metoder for å øke energiproduksjonen, som å videreutvikle velkjent teknologi og gjøre eksisterende løsninger enda mer kostnadseffektive, da dette gjerne er enklere og ikke involverer noen stor risiko (Bøhringer et al, 2014).

Et annet potensielt problem som kan forhindre en positiv innovasjonseffekt av feed-in tariffen, er det man kaller strategisk utsettelse (Alizamir et al., 2016). Dette er et problem som kan gjøre seg gjeldende for virkemidler som mer åpenlyst har som formål å gi insentiver til teknologiutvikling og innovasjon, som tariffen. Innføring eller økning av tariffen kan gi den paradoksale effekten at aktører, heller enn å investere i utvikling av fornybar teknologi selv, avventer og ser an hva konkurrentene foretar seg. Det kan være svært fordelaktig å la andre aktører utvikle og ta i bruk nye teknologier først, da den teknologiske læringskurven gjør at

kostnadene ved å ta i bruk ny teknologi faller i takt med dens utbredelse (Alizamir et al., 2016). En annen årsak til å avvente med innovasjonsinvesteringer, er at man ønsker å unngå å havne i patent-race der man potensielt kan tape store summer i bortkastede innovasjonsinvesteringer.

2.4.3 Empiri

Slik som med avgifter og kvoter finner man sprikende resultater fra de empiriske studiene som har undersøkt feed-in tariffers innovasjonseffekter. Del Rio og Bleda (2012) foretar en systematisk gjennomgang av den empiriske litteraturen om innovasjonseffekter av virkemidler rettet mot fornybar teknologi for tidsrommet 2000-2012, og konkluderer med at feed-in tariffes har en betydelig positiv effekt på innovasjon innenfor fornybar teknologi, og er langt mer effektive enn andre virkemidler, som for eksempel grønne sertifikater. Den samme konklusjonen nås av Ang et al. (2017), som gjør en kvantitativ analyse av hvordan ulike politiske virkemidler, blant annet tariffes og statlig støtte til FoU, påvirker innovasjon innenfor fornybar energi i OECD- og G20-landene fra 2000 til 2012. Også denne analysen indikerer at tariffes stimulerer til innovasjon, i form av økt antall patenter, innenfor fornybar teknologi.

Det finnes imidlertid også studier som indikerer at feed-in tariffes ikke har en slik positiv effekt på innovasjon. Tyskland har vært et foregangsland innen feed-in tariffes, og har satset stort på dette helt siden 1991 (Bøhringer et al., 2017). Likevel viser en studie av Bøhringer et al. (2014) at tariffsystemet ikke har hatt den forespeilede positive virkningen på innovasjon. Studien tar for seg tariffsystemets effekt på innovasjon, målt i patenter relatert til fornybar energi, mellom 2000 og 2009, og konklusjonen er at tariffes ikke har hatt noen signifikant effekt på innovasjon innenfor noen former for fornybar teknologi. I tillegg er det gjort en komparativ studie av effekten av det tyske tariffsystemet på innovasjon før og etter år 2000, da det ble gjennomført en betydelig nivå-økning på tariffes (Bøhringer et al., 2017). Det ble ikke funnet noen effekt av denne nivå-økningen på fornybarinnovasjon i landet.

2.4.4 Hypoteser

Basert på argumentene om hvordan feed-in tariffes gjennom belønning av fornybar energiproduksjon, teknologidifferensiering og forutsigbarhet skal stimulere til innovasjon, kan man utlede følgende hypotese: *H7- Feed-in tariffes har positiv effekt på grønn innovasjon.*

Selv om det finnes støtte for denne hypotesen, er det også teoretiske argument og empiriske funn som støtter opp om følgende nullhypotese: *Feed-in tariff har ingen effekt på grønn innovasjon.*

2.5 Oppsummert: Forskjellene mellom markedsvirkemidlene

Redegjørelsene for klimaavgifter, utslippskvoter, grønne sertifikater og feed-in tariff har klargjort at det er tydelige likheter mellom disse markedsvirkemidlene og hvordan de kan stimulere til innovasjon. Felles for dem alle er at de gir økonomiske insentiver til å drive mer klimavennlig, som skal kunne øke lønnsomheten ved investeringer i grønn innovasjon og således gi positive innovasjonseffekter. Samtidig kan man også peke ut flere sentrale forskjeller mellom virkemidlene som kan tenkes å påvirke hvorvidt de vil gi positiv effekt på grønn innovasjon, og hvilken type grønn innovasjon de i så fall vil stimulere til. Disse forskjellene kan oppsummeres i følgende tabell:

Tabell 1. Sentrale forskjeller mellom markedsvirkemidlene

	Avgifter	Utslippskvoter	Grønne sertifikater	Feed-in tariff
Innovasjonsinsentiv	Generell	Generell	Spesifikk, fornybar	Spesifikk, fornybar
Økonomisk insentiv	Negativ	Negativ og positiv	Negativ og positiv	Positiv
Teknologinøytral eller -spesifikk	Nøytral	Nøytral	Nøytral	Spesifikk
Kvantitets- eller prisregulering	Pris	Kvantitet	Kvantitet	Pris
Forutsigbarhet	Uforutsigbar	Uforutsigbar	Uforutsigbar	Forutsigbar

Den første forskjellen innebærer hvilke typer grønn innovasjon virkemidlene stimulerer til. Virkemidler som avgifter og utslippskvoter gir generelle insentiver til all grønn innovasjon med et utslippsbesparende potensial. Grønne sertifikater og feed-in tariff gir derimot på sin side insentiver til innovasjon innenfor et spesifikt område av grønn innovasjon, fornybar energi.

Om virkemidlene gir positive eller negative insentiver er også en viktig forskjell. Belønner de klimavennlig aktivitet, straffer de klimafiendtlig aktivitet, eller begge deler? Avgifter baserer seg kun på negative insentiver, tariffer kun positive, mens kvotesystemene opererer gjennom en blanding. Disse forskjellene kan tenkes å gi utslag i ulike innovasjonseffekter, som tidligere nevnt har blant andre Patt (2015) argumentert for at belønning er mer effektivt enn straff for å gi insentiver til innovasjon.

Prisregulering versus kvantitetsregulering er også et viktig skille for virkemidlene, avgifter og feed-in tariffer er prisreguleringer mens kvotesystemene er kvantitetsreguleringer.

Kvantitetsreguleringer blir kritisert for å gi svake innovasjonsinsentiver da de setter en begrensning for hvor mye innovasjon som vil være lønnsomt, i motsetning til prisreguleringer.

Virkemidlene skiller seg også fra hverandre når det kommer til om de er teknologinøytrale eller -spesifikke, kun feed-in tariffer er teknologispesifikke. Det kan argumenteres for at teknologispesifikke virkemidler er mer effektive i å stimulere til grønn innovasjon, ettersom de kan tenkes å gi insentiver til innovasjon innenfor et bredere spekter av teknologier, ikke kun den enkleste og billigste.

Hvorvidt virkemidlene evner å gi forutsigbarhet er og en sentral distinksjon. I innovasjonsteorien blir det trukket frem som særlig viktig at et virkemiddel evner å sikre en viss forutsigbarhet om det skal kunne gi positive innovasjonseffekter. Kun feed-in tariffer gir innovasjonsinvestorer en slik forutsigbarhet gjennom de langsiktige kontraktene som gis til fornybarprodusenter. Kvoter og avgifter kan på sin side anses som nokså uforutsigbare, da kvotepriser vil kunne svinge og avgiftsnivå likeledes kan endres relativt raskt.

De forskjellige markedsbaserte virkemidlene har altså noen distinkte ulikheter, hvilket støtter argumentet om at antakelsen om at markedsvirkemidler har positiv effekt på grønn innovasjon er en urimelig overforenkling. Det er lite trolig at disse virkemidlene skal ha lik effekt på innovasjon, simpelthen fordi de alle baserer seg på markedsmekanismer, når de på flere områder er så forskjellige. Ved å teste hypotesene som er fremsatt underveis i kapitlet, vil jeg undersøke dette, og granske effektene av de ulike virkemidlene. Dette vil kunne bidra til å belyse hvilke, om noen, av disse ovennevnte distinksjonene som er av avgjørende betydning for innovasjonseffektene av virkemidlene, og gi en indikasjon på om det for eksempel faktisk er slik at belønning er bedre egnet enn straff, eller at prisreguleringer er bedre enn kvantitetsregulering når det kommer til å stimulere til innovasjon.

3. Metode

3.1 Data

Dataene som brukes i denne studiens statistiske analyse er i hovedsak hentet fra OECDs statistikkdatabase (OECD, uten dato a). Her finnes data innenfor temaer som er særs relevante for denne studien, blant annet klimapolitikk, politisk stringens og patenter. I tillegg til OECDs database har jeg også benyttet World Development Indicators-databasen fra Verdensbanken for å hente relevante kontrollvariabler (World Bank, uten dato b).

Dataene innebefatter observasjoner fra totalt 33 land, 27 OECD-land¹ og BRIICS-landene², for perioden 1990 til 2012. De OECD-landene som ikke er inkludert er Chile, Estland, Israel, Island, Latvia, Litauen, Luxemburg, Mexico og New Zealand, fordi disse landene mangler data for de uavhengige variablene.

3.2 Variabelbeskrivelser

3.2.1 Avhengig variabel

Formålet med den statistiske analysen er å undersøke markedsbaserte virkemidlers effekt på grønn innovasjon. For å operasjonalisere den avhengige variabelen grønn innovasjon vil klimarelaterte patenter benyttes. En patent er en kontrakt mellom staten og en opphavsmann som gir vedkommende et begrenset monopol på bruken av en oppfinnelse (Smith, 2005). Patentsøkeren må kunne påvise at det er snakk om en genuin nyvinning, at oppfinnelsen innebærer noe virkelig nytt. Dette gjør patenter til et godt egnet mål for innovasjon, da innovasjon forutsetter introduksjon av nye produkter eller prosesser, og patentdata kan gi et konkret mål på nettopp slike nyvinninger (Ekins & Salmons, 2010). Når det kommer til spesifikt grønn innovasjon, er patentdata spesielt godt egnet av praktiske årsaker, da det internasjonale klassifiseringssystemet for patenter sørger for at det er relativt enkelt å identifisere de relevante, klimarelaterte nyvinningene (Popp, 2003b).

Det finnes likevel også noen ankepunkt ved det å benytte patenter som mål på innovasjon. Blant annet kan en del innovasjon bli oversett i patentstatistikker, fordi noen typer nyvinninger, for eksempel visse typer teknologi, ikke er mulig eller ønskelig å ta patent på

¹ Inkluderte OECD-land: Australia, Belgia, Canada, Danmark, Finland, Frankrike, Hellas, Irland, Italia, Japan, Nederland, Norge, Polen, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spania, Sverige, Sveits, Storbritannia, Sør-Korea, Tsjekkia, Tyrkia, Tyskland, Ungarn, USA, Østerrike.

² BRIICS-landene: Brasil, India, Indonesia, Kina, Russland, Sør-Afrika.

(Smith, 2005). Et annet argument imot å bruke patenter som mål på innovasjon, er at det produktet eller prosessen som patenteres i noen tilfeller aldri blir realisert eller kommer ut på det kommersielle markedet (Smith, 2005, s. 160). Dette er problematisk, ettersom innovasjon innebærer at en nyvinning faktisk også kommersialiseres (Ekins & Salmons, 2010). Dette problemet kan imidlertid adresseres ved bruk av en distinkt type patentdata. Det finnes ulike kategorier for patentdata man kan benytte, patentdata klassifisert som enten teknologidiffusjon eller teknologiutvikling (OECD, 2018). Med patentdata for teknologiutvikling ser man på såkalte priority patentsøknader, søknader man gjerne sender på tidlige stadier i utviklingen av nyvinninger for å kunne kreve rettighetene til å patentere senere (OECD, 2018; Yang, 2018). Med patentdata for teknologidiffusjon, ser man derimot på faktiske patentsøknader (OECD, 2018). Ettersom patentering er relativt kostbar, er det rimelig å anta at man ikke vil fremsette slike patentsøknader uten at man øyner et marked for nyvinningen og ønsker å kommersialisere. For denne studien ansees det derfor som mest fordelaktig å bruke patentdata for teknologidiffusjon, ettersom disse dataene kan hevdes å gi det mest presise målet for grønn innovasjon, ved at man er bedre forsikret om at patentdataene representerer klimarelaterte nyvinninger som faktisk realiseres på markedet.

Det vil benyttes to ulike operasjonaliseringer av den avhengige variabelen grønn innovasjon. Den ene vil være en generell variabel for all grønn innovasjon, mens den andre representerer spesifikt energirelatert grønn innovasjon. Dette er gjort for å best mulig kunne fange opp innovasjonseffektene av de ulike markedsvirkemidlene. Som nevnt forventes det at avgifter og utslippskvoter vil kunne stimulere til et bredt spekter av innovasjon som kan gi kutt i klimagassutslipp. Grønne sertifikater og feed-in tariffen vil derimot gi mer spesifikke insentiver til innovasjon innenfor fornybar energi, og en variabel for generell grønn innovasjon antas derfor å ikke være egnet til å fange opp innovasjonseffektene fra disse to virkemidlene.

Begge versjonene av den avhengige variabelen vil operasjonaliseres ved bruk av klimarelaterte patenter. Variablene er basert på data fra OECDs statistikkdatabase, som har hentet dataene fra det europeiske patentverkets database, PATSTAT (Worldwide Statistical Patent Database) (OECD, 2019). For å operasjonalisere generell grønn innovasjon, vil det benyttes en variabel som i prosent viser andelen av et lands totale patenter som kan kategoriseres som klimarelaterte. Variabelen er konstruert ved å bruke en variabel for totalt antall registrerte patenter hos det nasjonale patentkontoret og en underkategori av patenter kategorisert som klimarelaterte. Denne underkategorien, «selected environmental

technologies», består av patenter på teknologi som på ulike måter er klimarelaterte, for eksempel knyttet til forurensning, resirkulering, fornybar energi, CO₂-lagring- og rensning og klimavennlig transport (OECD, 2015).

For å operasjonalisere spesifikt energirelatert grønn innovasjon, benyttes det en variabel som i prosent viser andelen av et lands totale patenter som er relatert til klimavennlig energiteknologi. Også denne variabelen er konstruert med data fra OECD ved å bruke den samme variabelen for antall registrerte patenter totalt, men her brukes kun en distinkt underkategori av klimarelaterte patenter, «climate change mitigation technologies related to energy generation, transmission or distribution». Denne underkategorien inneholder patenter knyttet til fornybar energigenerering fra ulike kilder som sol, vind, marin, hydro og geotermi, men også patenter innenfor blant annet atomkraft, muliggjørende teknologier for energisektoren og effektivisering av energiproduksjon og -distribusjon (OECD, 2015). Feed-in tariffen og grønne sertifikater som stimulerer til økt produksjon av fornybar energi kan forventes å gi insentiver til innovasjon i flere av disse underkategoriene, ikke bare generering av fornybar energi, men også innenfor andre områder som kan sikre bedre og mer effektiv transmisjon og distribusjon av energien.

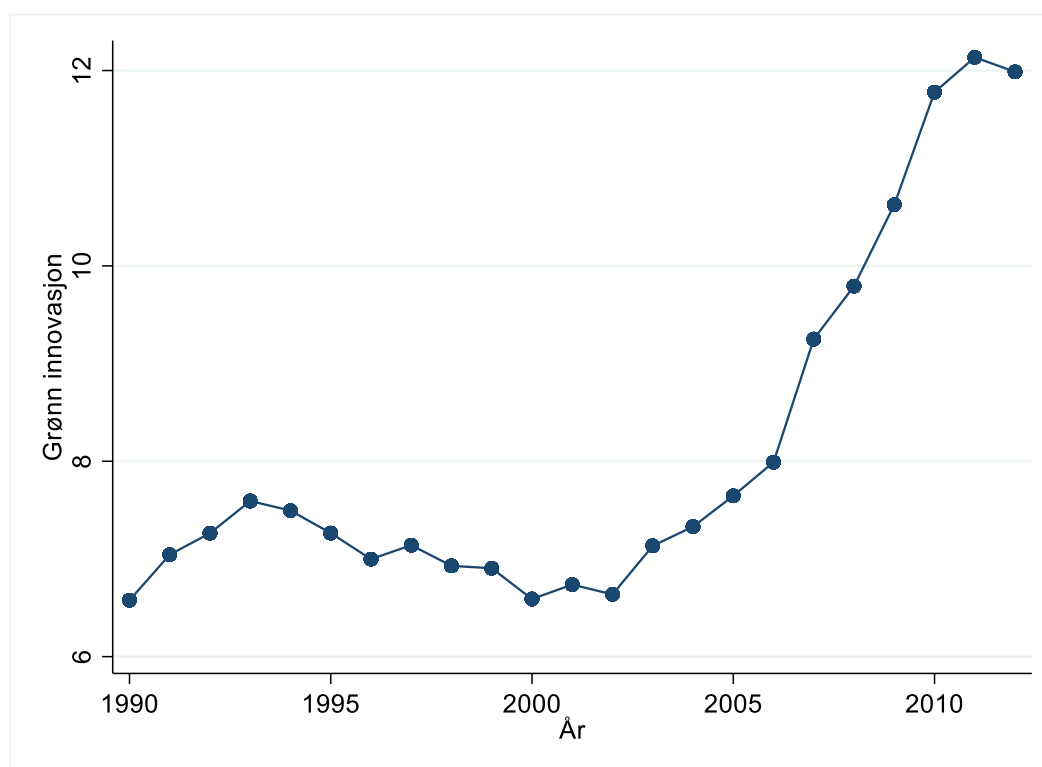
Ved å konstruere variablene slik at de aktuelle patentene blir uttrykt som prosent av totale patenter, vil man kunne se på grønn innovasjon i relasjon til innovasjon generelt. Da tas det høyde for at det i noen land er mer innovasjon generelt, og man kan isolere og undersøke hva det er som påvirker hvor stor andel av innovasjonen det er som kan kategoriseres som generelt grønn eller spesifikt relatert til klimavennlig energi.

Som tidligere nevnt kan man skille mellom radikal innovasjon og inkrementell innovasjon, der sistnevnte kun innebærer videreutviklinger av eksisterende produkter og prosesser (IPP, 2013). Ofte er det slik at inkrementell innovasjon ikke er verdt å patentere, eller ikke en gang er patenterbar, da de gjerne ikke møter kravet om å representere en reell nyskaping (Rave, Goetzke & Larch, 2011; Hamdan-Livramento & Raffo, 2016). Dette betyr at patentdata først og fremst vil fange opp radikal innovasjon, som er passende for denne studien, ettersom målsettingen er å undersøke om virkemidlene evner å stimulere til innovasjon som gir betydelige utslippsreducerende bidrag. Da er genuine nyvinninger, og ikke mindre endringer av eksisterende løsninger og prosesser, mest interessant. Likevel kan man ikke med bruk av patentdata slå fast med sikkerhet at man utelukkende måler radikal innovasjon, ettersom man ikke er garantert at patentdata ikke også vil kunne inneholde noen patenter som kan klassifiseres som inkrementell innovasjon. Dette er likevel ikke å anse som noe stort problem

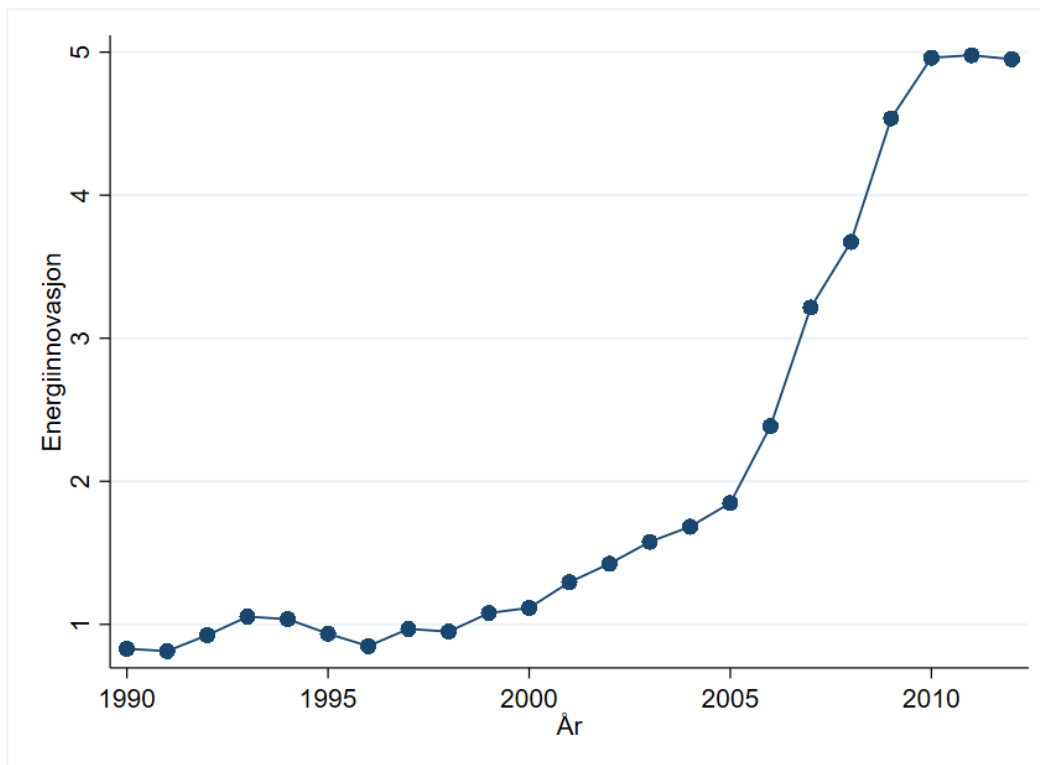
for denne studien, da kravene for patentering uansett garanterer for et visst nivå av nyskaping. Dette betyr at de simpleste formene for videreutvikling og variasjoner av allerede eksisterende løsninger, ikke vil fanges opp i patentdataene. Selv om noe inkrementell innovasjon vil komme med i patentstatistikkene, vil dette altså være inkrementell innovasjon som representerer en virkelig nyskaping. Derfor kan man være nokså sikker på at innovasjonseffekten man måler med patentdataene representerer genuin nyskaping som kan gi betydelige bidrag til klimavennlig omstilling og utslippsreduksjon.

Den brede versjonen av den avhengige variabelen som ser på generell grønn innovasjon har 28 manglende observasjoner og har fått navnet *grønn innovasjon* i modellene. Den smalere versjonen for innovasjon knyttet spesifikt til klimavennlig energi, har 31 manglende observasjoner og har fått navnet *energiinnovasjon*.

Figur 1. Gjennomsnitt for grønn innovasjon i OECD- og BRIICS-landene, 1990-2012

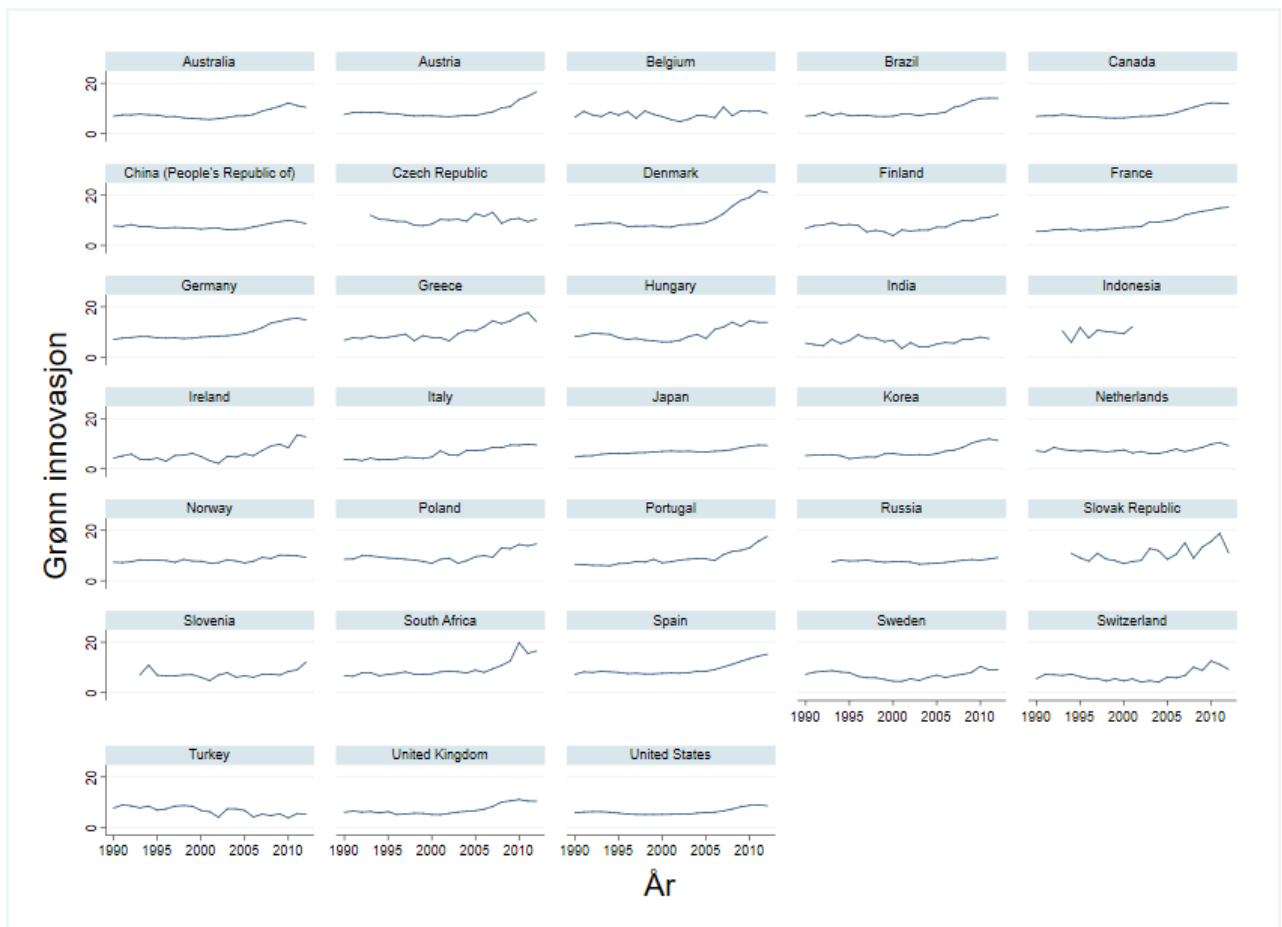


Figur 2. Gjennomsnitt for energiinnovasjon i OECD- og BRIICS-landene, 1990-2012



Figurene over viser at utviklingen i det gjennomsnittlige innovasjonsnivået har vært temmelig lik for grønn og energirelatert innovasjon, med et nokså stabilt nivå mellom 1990 og 2000, fulgt av en sterk økning frem mot 2010, som deretter flater noe ut. Gjennomsnittet ligger mellom ca. 0,8 og 5 % for energiinnovasjon og mellom 7 og 12 % for grønn innovasjon, uttrykt som prosent av innovasjon totalt. Økt fokus på klimaendringer gjør at en slik sterk økning man ser fra rundt år 2000 ikke er overraskende. Samtidig bør man ha i mente at denne økningen i antallet patenter ikke nødvendigvis kun må skyldes en reell økning i innovasjon, man kan også se for seg at selve patenteringspraksisen har endret seg i løpet av perioden. Rapportering og kvantifisering er blitt mer utbredt og anses som stadig viktigere på flere områder, og det er ikke usannsynlig at man også er blitt mer opptatt av å kunne dokumentere og tallfeste innovasjon enn tidligere.

Figur 3. Utvikling i nivå av grønn innovasjon i de ulike landene, 1990 til 2012



Av figur 3 kan man se at tendensen fra figur 1 med positiv utvikling av grønn innovasjon spesielt fra år 2000 gjenspeiles i de fleste landene. Det tydeligste unntaket er Tyrkia, som ser ut til å ha hatt en svak negativ utvikling. I tillegg kan man se at flere andre land, blant annet BRIICS-land som Russland, Kina og India, mangler en tydelig positiv utvikling i nivå av grønn innovasjon.

Figur 4. Utvikling i nivå av energiinnovasjon i de ulike landene, 1990 til 2012



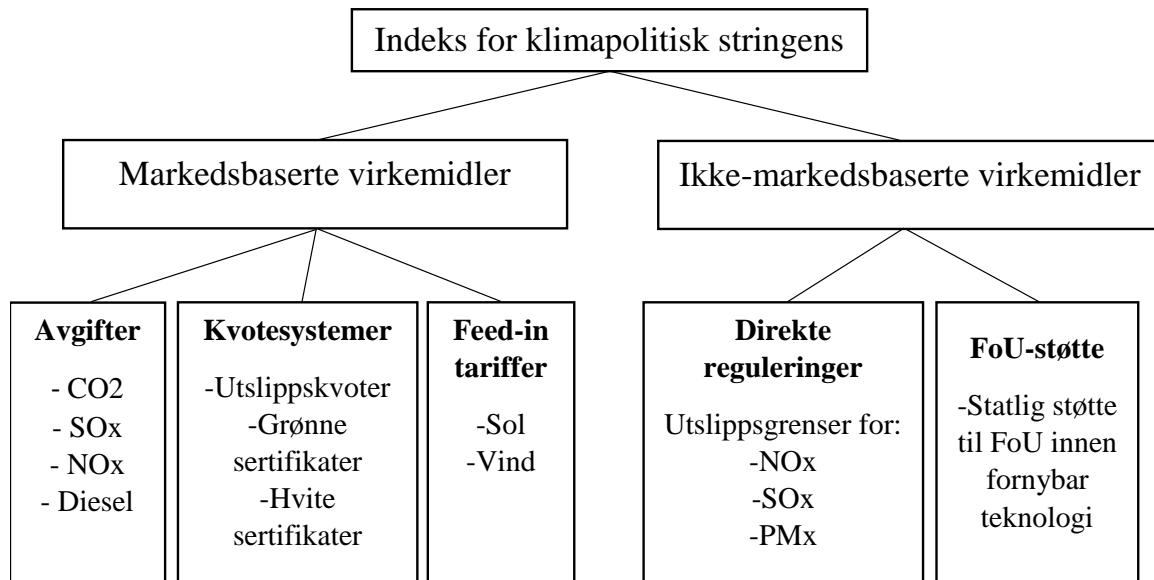
De aller fleste av landene kan sies å ha hatt en positiv utvikling i nivå av energirelatert grønn innovasjon i løpet av perioden. Dette gjelder imidlertid ikke alle, og man ser at noen mønster fra figur 3 går igjen i figur 4, blant annet mangler Russland, Tyrkia og Kina en tydelig positiv utvikling.

3.2.2 Uavhengige variabler

De uavhengige variablene i analysen er markedsvirkemidlene klimaavgifter, utslippskvoter, grønne sertifikater og feed-in tariff, i tillegg til to ikke-markedsbaserte virkemidler, direkte reguleringer og FoU-støtte. Samtlige vil operasjonaliseres ved bruk av OECDs Environmental Policy Stringency Index, en stringensindeks for klimapolitiske virkemidler (OECD, 2017). Indeksen er bygd opp ved at virkemiddelspesifikke indikatorer, som for eksempel avgifter på CO₂, NO_x og diesel, settes sammen til en underindeks, som klimarelaterte avgifter. Så

fordeles disse underindeksene i to grupper, markedsbaserte og ikke-markedsbaserte virkemidler (Botta & Kozluk, 2014, s. 20).

Figur 5. Oppbygningen av OECDs klimapolitiske stringensindeks. Figuren er basert på Botta og Kozluk (2014).



I indeksen defineres stringens som en høyere eksplisitt eller implisitt kostnad forbundet med forurensning eller annen klimafiendtlig aktivitet (Botta & Kozluk, 2014). Indeksen går fra 0 til 6, der 6 er mest stringent. 0 er minst stringent og betyr ikke-eksisterende, altså at virkemidlet ikke er implementert. Scoringen gjøres på bakgrunn av sammenligning av stringensen til et gitt instrument sammenlignet med verdier for det samme instrumentet for andre tidspunkt og land. Et lands score for et gitt år skal slik angi den relative stringensen for dette virkemidlet, sammenlignet med scorer for andre land og tidspunkt (Botta & Kozluk, 2014).

Som man ser av figur 5 er underindeksen for klimaavgifter konstruert slik at avgifter på CO₂, NO_x (nitrogenoksid), SO_x (sulfuroksid) og diesel er satt sammen til et samlet stringensmål for klimaavgifter (Botta & Kozluk, 2014). En høyere pris pr enhet med utslipp gir høyere stringens. Jeg har kodet indeksen i tre kategorier, lav, moderat og høy stringens. Verdier mellom 0 og 1 er i kategorien lav stringens, verdier over 1 opp til 1,5 er moderat stringens og alle verdier over 1,5 er i kategorien høy stringens (se appendiks 1 for detaljert fremstilling av omkodningen av de uavhengige variablene). Variablene for de andre virkemidlene har også en egen kategori for 0-målinger, som representerer at virkemiddelet ikke er innført, men grunnet

svært få slike 0-målinger for avgifter er disse lagt i kategorien for lav stringens i dette tilfellet. Som det kommer frem av den deskriptive statistikken i tabell 2, er det kun 30 0-målinger for dette virkemiddelet, hvilket utgjør 4,08 % av observasjonene. Klimaavgifter er altså et virkemiddel med stor utbredelse. Variabelen har 23 manglende observasjoner og har fått navnet *avgift* i modellene.

Figur 6. Utvikling av stringensnivå for klimaavgifter i de ulike landene, 1990-2012

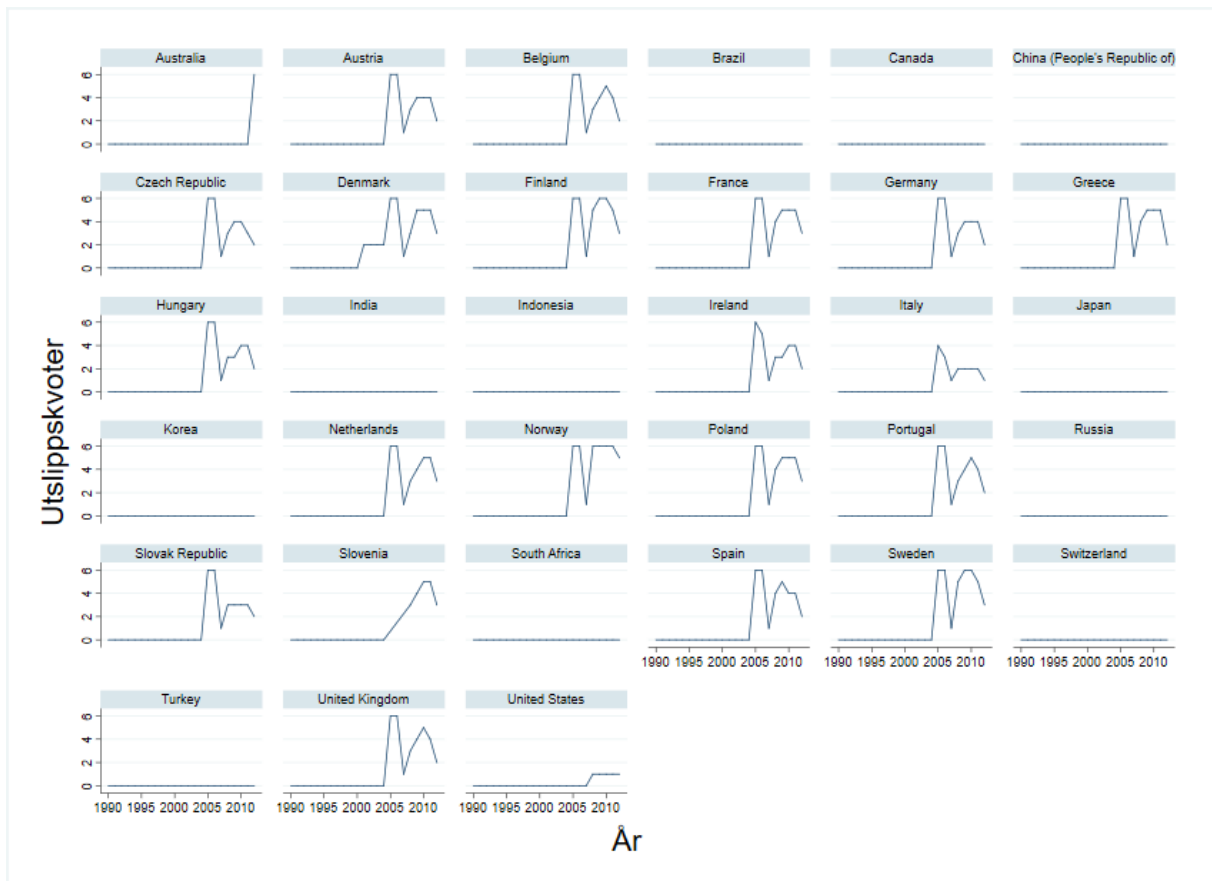


Av figur 6 ser man at selv om mange av landene har hatt en positiv utvikling i avgiftsstringens, finner man også flere eksempler der utviklingen har vært motsatt, som Finland, Tyskland, Hellas og Portugal, selv om det er snakk om svært svak negativ utvikling.

Kvoteindeksen er delt inn i distinkte underindekser for utslippskvoter, grønne sertifikater og hvite sertifikater. Kun utslippskvoter og grønne sertifikater er inkludert i denne studien, da systemer for hvite sertifikater er et virkemiddel med svært liten utbredelse. For utslippskvoter er stringens basert på kvotepriser, nærmere bestemt prisen for en CO₂-kvote (Botta & Kozluk, 2014). Høyere kvotepris gir høyere stringens. Jeg har kodet om indeksen for utslippskvoter i fire kategorier, der verdien 0 representere at utslippskvoter ikke er innført, verdier over 0 opp til 3 kategoriseres som lav stringens, verdier over 3 opp til 4 er moderat stringens, mens alle

verdier over 4 havner i kategorien for høy stringens. Variabelen har 3 manglende observasjoner og er blitt gitt navnet *utslippskvoter* i modellene.

Figur 7. Utvikling av stringensnivå for utslippskvoter i de ulike landene, 1990-2012

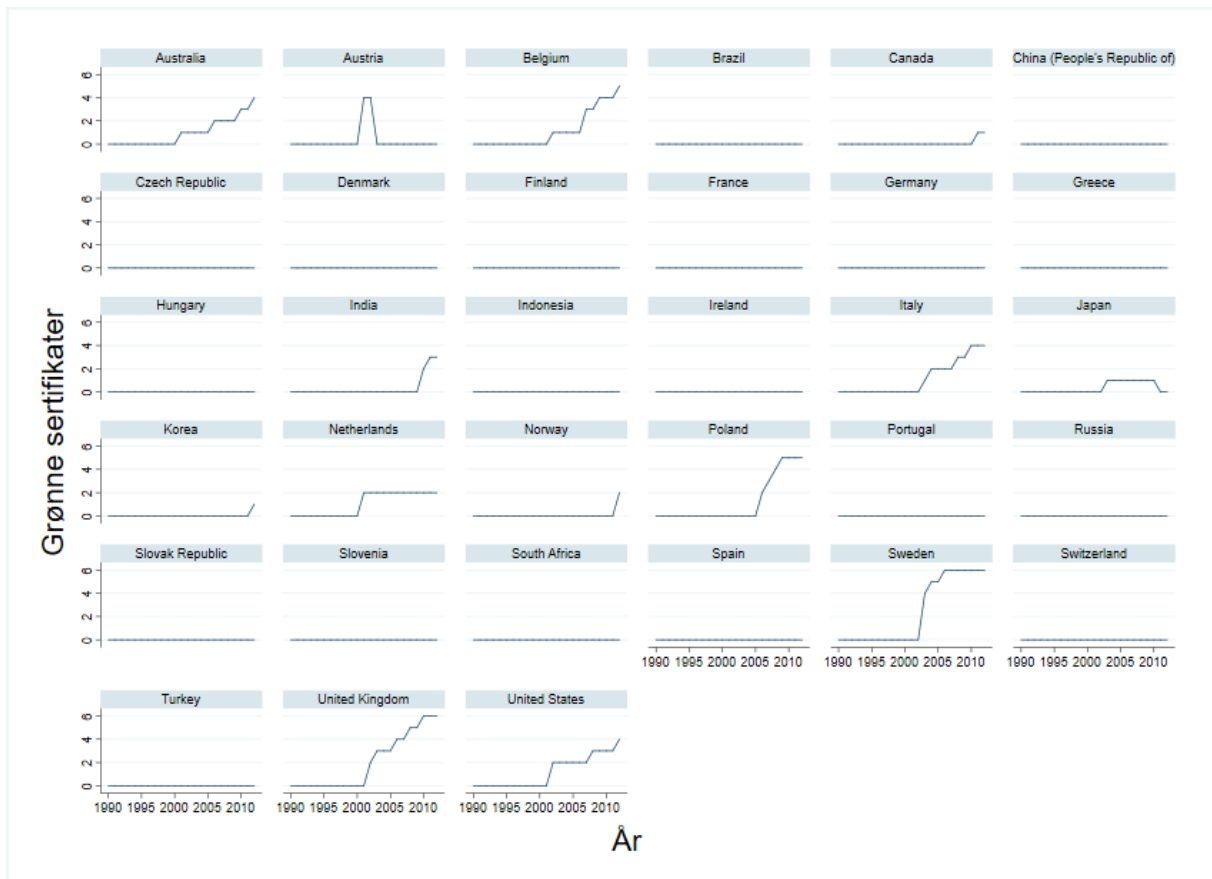


Som man kan se av figur 7, har ikke systemer for utslippskvoter vært særlig utbredt før 2005 da EUs kvotesystem trådte i kraft. De eneste landene utenfor EU eller EØS som har utslippskvotestystemer, er USA og Australia. Dette reflekteres også i antallet 0-målinger for virkemiddelet, altså målinger der virkemiddelet ikke er innført, som er på hele 589, eller 77,91 %. Naturlig nok ser man at utviklingen i stringens har vært svært lik for landene som er tilsluttet EUs kvotesystem. Man kan se en markant nedgang i år 2006, noe som trolig kan forklares med finanskrisen. Stringensen har så utviklet seg i positiv retning frem til rundt 2010, der man frem mot 2012 igjen kan se en nedgang.

For grønne sertifikater er det ikke prisen på kvoter, men fornybarandelskravet som er utgangspunktet for stringensen (Botta & Kozluk, 2014). Jo større prosentandel av den totale energileveransen som myndighetene krever skal være fra fornybare kilder, jo høyere stringens. Indeksen for grønne sertifikater er også kodet slik at verdien 0 representerer at

virkemiddelet ikke er innført. Verdier over 0 og opp til 1 er i kategorien lav stringens, verdier over 1 opp til 2 er moderat, mens alle verdier over 2 havner i kategorien høy stringens. Variabelen har ingen manglende observasjoner og har fått navnet *grønne sertifikater* i modellene.

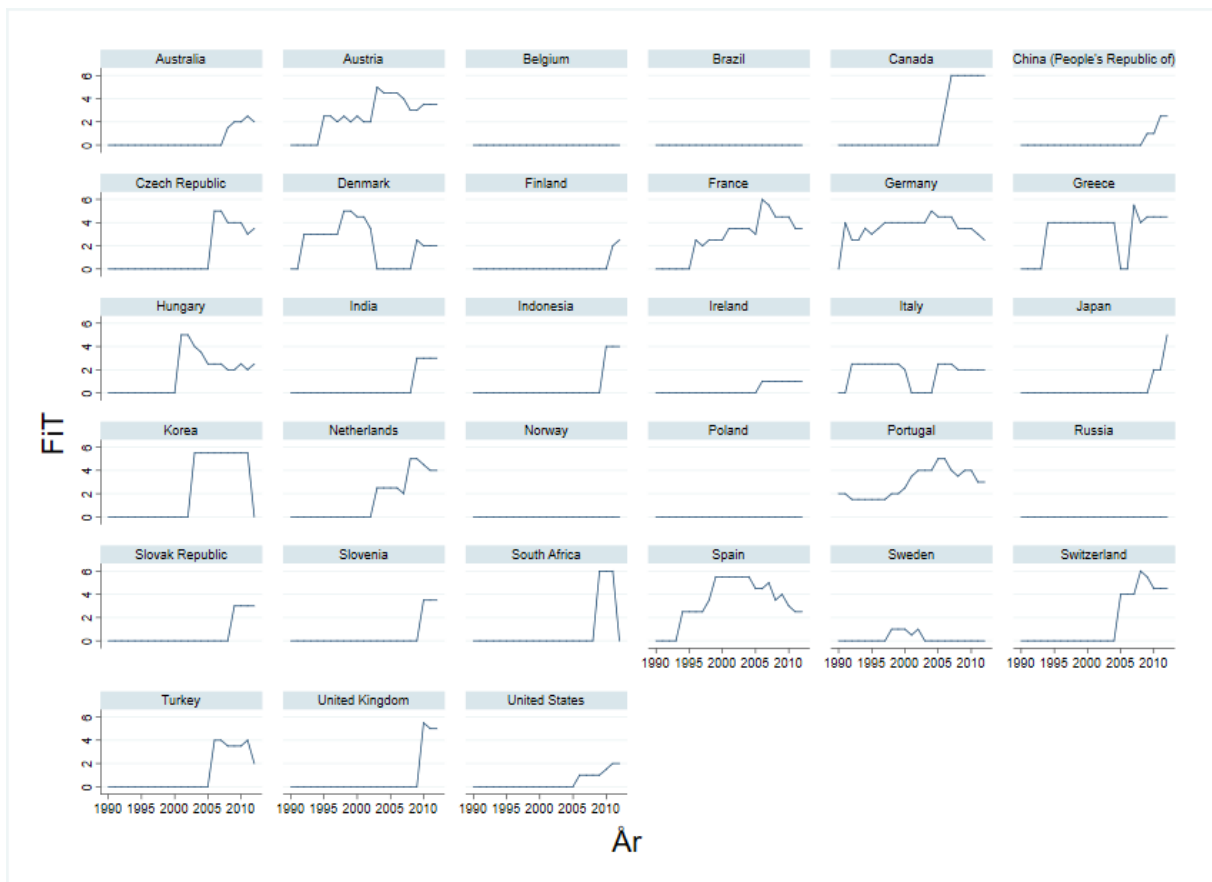
Figur 8. Utvikling av stringensnivå for grønne sertifikater i de ulike landene, 1990-2012



Figur 8 viser at grønne sertifikater er et virkemiddel som kun er tatt i bruk i om lag halvparten av landene, for første gang i år 2000. Også denne variabelen har dermed et stort antall 0-målinger, 658, eller 86,69 %. Blant landene som har virkemiddelet, kan man se at den generelle tendensen er at stringensnivå har økt.

Indeksen for feed-in tariff inkluderer tariff for sol- og vindkraft. Stringensscoren er basert på subsidienivået, målt i euro per kWt, høyere subsidienivå gir høyere stringens (Botta & Kozluk, 2014). Også tariff-indeksen er kodet slik at 0-verdier representerer at virkemiddelet ikke er innført. Verdier over 0 opp til 2 er i kategorien for lav stringens, verdier over 2 opp til 3,5 er moderat, mens alle verdier over 3,5 havner i kategorien for høy stringens. Variabelen har ingen manglende observasjoner og er blitt gitt navnet *FiT* i modellene.

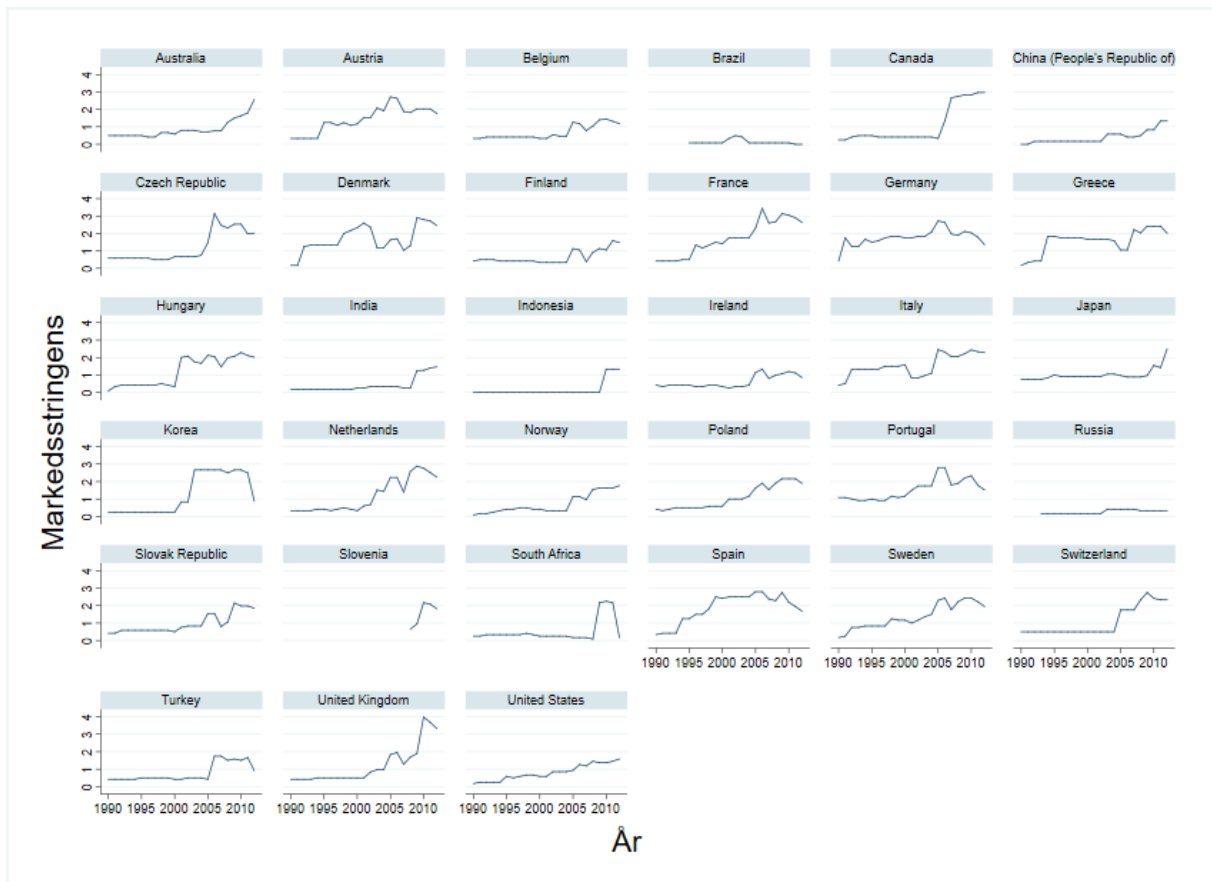
Figur 9. Utvikling av stringensnivå for feed-in tariffen i de ulike landene, 1990-2012



Kun Belgia, Brasil, Norge, Polen og Russland har ikke på noe tidspunkt implementert feed-in tariffen som klimapolitisk virkemiddel. Virkemiddelet har spesielt økt i utbredelse i perioden etter år 2000, selv om flere land som for eksempel Østerrike, Danmark og Tyskland var tidligere ute. Selv om det er noen unntak, later den generelle tendensen til å være at stringensnivået har økt over perioden. Variabelen har 498 nullmålinger, som utgjør 65,61 %.

I tillegg til indeksene for de fire separate markedsvirkemidlene, er det også inkludert en overordnet indeks for samlet stringensnivå for markedsbaserte virkemidler, for å kunne undersøke innovasjonseffekten av markedsbaserte virkemidler generelt. Det har ikke vært ønskelig å behandle de individuelle virkemidlenes indekser som kontinuerlige, da verdien 0 ikke representerer lavest stringens, men at virkemiddelet ikke er implementert. Indeksen for generell markedsstringens derimot, ser på samlet stringens for flere virkemidler der 0 representerer lavest stringens, og den er derfor beholdt som en kontinuerlig indeks mellom 0 og 6. Variabelen har 26 manglende observasjoner og har fått navnet *markedsstringens* i modellene.

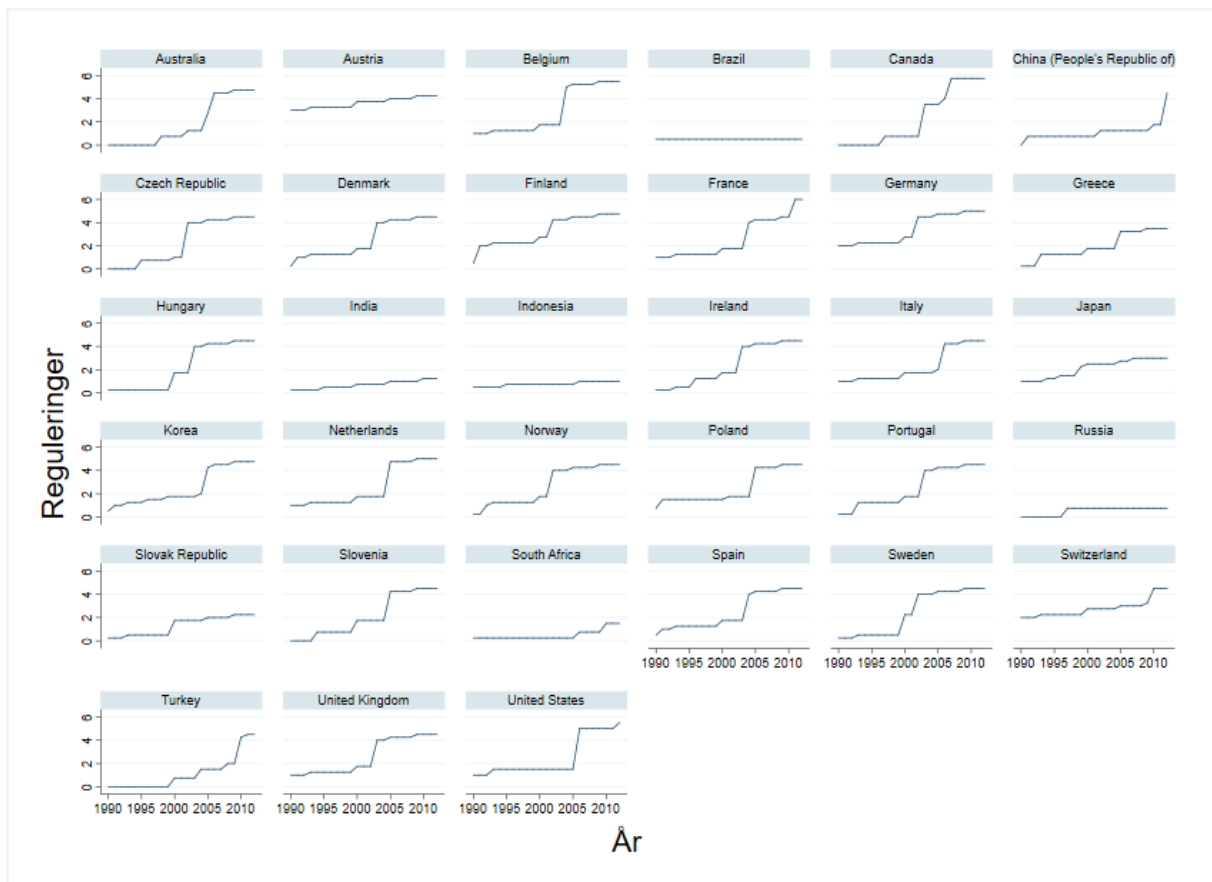
Figur 10. Utvikling av stringensnivå for markedsvirkemidler generelt i de ulike landene, 1990-2012



Figur 10 viser at de fleste landene har hatt en positiv utvikling i samlet stringensnivå for markedsbaserte virkemidler, unntakene er Brasil og Russland, der utviklingen har vært tilnærmet flat.

I tillegg til de markedsbaserte virkemidlene er også to ikke-markedsbaserte virkemidler inkludert som uavhengige variabler, FoU-støtte og direkte reguleringer. Direkte reguleringer operasjonaliseres med stringensindeksen for utslippsstandarder, som ser på grenseverdier for tillatte utslipp av NO_x, SO_x og PM_x (svevestøv) (Botta & Kozluk, 2014). Jo lavere disse utslippsgrensene er, jo mer stringent ansees standarden å være. Også denne underindeksen går fra 0 til 6 og er kodet i fire kategorier, 0-verdier representerer at virkemidlet ikke er innført, verdier over 0 opp til 1,25 er i kategorien lav stringens, verdier over 1 opp til 2,75 er moderat, mens alle verdier over 2,75 er i kategorien høy stringens. Variabelen har ingen manglende observasjoner og er gitt navnet *reguleringer* i modellene.

Figur 11. Utvikling av stringensnivå for reguleringer i de ulike landene, 1990-2012



Samtlige land utenom Brasil later til å ha hatt en positiv utvikling i stringensnivå for reguleringer mellom 1990 og 2012, selv om denne utviklingen er svært svak i noen land, som Russland, Indonesia og India.

Indeksen for FoU måler stringensnivå av FoU-politikk ved å se på det statlige budsjettet til forskning og utvikling innenfor fornybar teknologi, som prosent av BNP (Botta & Kozluk, 2014). Denne indeksen ser altså kun på støtte innenfor fornybar energi, og i modellen med energirelatert grønn innovasjon som avhengig variabel, vil denne dermed være et passende mål for å kontrollere for effekten av statlig støtte til FoU. Den samme variabelen vil også brukes i modellene med generell grønn innovasjon som avhengig variabel, men her vil den fungere som en proxy for støtte til mer generell klimarelatert FoU. Det er nemlig rimelig å anta at slike mål vil følge hverandre, at for eksempel en økning i FoU-støtte innenfor fornybar energi vil henge sammen med en tilsvarende økning i støtte til generell klimarelatert FoU. Å bruke indeksen som en proxy på denne måten er likevel ikke uproblematisk. Selv om det er logisk å anta at de to FoU-nivåene vil følge hverandre tett, er man ikke garantert at dette alltid er tilfellet. Jeg har likevel valgt å benytte denne proxyen, da andre tilnærminger for å

operasjonalisere generell klimarelatert FoU-støtte byr på betydelige utfordringer. Om en for eksempel skulle brukt tall på statlig klimarelatert FoU-støtte fra OECDs statistikkdatabase, måtte flere land ha blitt droppet fra analysen grunnet manglende data, blant annet BRIICS-landene. Manglende data ville også gjort det nødvendig med en nedkorting av tidsserien, og selv med en slik nedkortet tidsserie og langt færre land, ville FoU-variabelen hatt svært mange manglende observasjoner.

Som de andre underindeksene går FoU-indeksen fra 0 til 6, der 0 er minst stringent og betyr ikke-eksisterende, og 6 er mest stringent, altså høyeste nivå av statlig støtte til FoU. FoU-indeksen er omkodet på samme måte som avgiftsindeksen, med kun tre stringens kategorier, uten en egen kategori som indikerer at virkemiddelet ikke er innført. Dette er fordi FoU-støtte er et svært utbredt virkemiddel og derfor har så godt som ingen 0-målinger, kun 4, og disse er derfor lagt i kategorien for lav stringens. Verdier fra 0 opp til 1 er i kategorien lav stringens, mens verdier over 1 og opp til 2 er moderat stringens og alle verdier over 2 er i kategorien høy stringens. Variabelen har ingen manglende observasjoner og er blitt gitt navnet *FoU* i modellene.

Figur 12. Utvikling av stringensnivå for FoU-støtte i de ulike landene, 1990-2012



I mange av landene kan man se en positiv utvikling i FoU-støtten gjennom perioden, men flere land har ingen slik positiv utvikling, og noen har også hatt en negativ utvikling, som Spania, Sveits og Hellas.

3.2.3 Kontrollvariabler

For å få mest mulig presise estimat av innovasjonseffektene av de ulike virkemidlene, er det nødvendig å kontrollere for effekten av andre variabler som kan tenkes å påvirke nivået av grønn innovasjon. Økonomisk kontekst bidrar til å forme både type og nivå av innovasjon i et land, og variabler for økonomisk vekst, grad av globalisering og næringsstruktur er derfor inkludert for å kontrollere for ulike aspekt ved den økonomiske konteksten (Ekins & Salmons, 2010). For å kontrollere for økonomisk vekst, er det brukt en variabel fra OECDs statistikkdatabase som måler årlig BNP-vekst i prosent (OECD, uten dato b). Blant annet en studie av Guo et al. (2018) har vist at økonomisk vekst har en positiv effekt på nivå av grønn innovasjon, og det antas derfor at vekst i BNP vil gi økt nivå av grønn innovasjon. Variabelen har 29 manglende observasjoner og har fått navnet *BNP-vekst*.

Fra Verdensbankens World Development Indicators er det hentet en variabel for handel, som er inkludert som en proxy for globalisering. Variabelen viser summen av eksport og import av varer og tjenester målt som prosentandel av BNP (World Bank, 2018a). Mer handel indikerer at økonomien i større grad er globalisert, og en globalisert økonomi kan forventes å gi høyere nivå av grønn innovasjon, på grunn av konkurransen og åpenheten den bringer med seg (Shafik & Bandyopadhyay, 1992; McAusland, 2008). Variabelen har 6 manglende observasjoner og er kalt *globalisering* i modellene.

Næringssammensetning kan også tenkes å ha betydning for nivå av grønn innovasjon. Sekundærnæringer står for store deler av verdens klimagassutslipp, og man kan forvente at land med betydelig sekundærnæring, der eksempelvis industri som olje, gass og gruver er viktige for økonomien, vil ha mindre fokus på klimavennlig omstilling og innovasjon. Blant annet en studie av Guo et al. (2018) konkluderer med at en stor sekundærnæring kan ha en negativ innvirkning på nivå av grønn innovasjon. På en annen side er det også mulig å se for seg at land med en stor klimafiendtlig industri tvert imot velger å satse stort på nettopp grønn innovasjon, for slik å kunne bedrive en form for «grønnvasking» for å rettfærdiggjøre for eksempel oljeutvinning. For å kontrollere for slike effekter av næringssammensetning, er det i modellen inkludert en variabel fra World Development Indicators som måler hvor stor prosentandel av landets BNP som kan tilskrives sekundærnæringen (World Bank, 2018b).

Variabelen har 104 manglende observasjoner, som i all hovedsak skyldes at flere av landene mangler observasjoner fra tidlig 90-tall. I modellene har variabelen fått navnet *sekundærnæring*.

Tabell 2. Deskriptiv statistikk for variablene

Kontinuerlige variabler	N	Gj.snitt	Std.av	Min	Max
Grønn innovasjon (% av totale patenter)	731	8,126	2,695	2,206	21,732
Energiinnovasjon (% av totale patenter)	728	2,056	1,943	0,161	14,490
Markedsstringens (kont. indeks, 0 til 6)	733	1,036	0,819	0	3,983
BNP-vekst (%)	730	2,879	3,413	-13,127	14,231
Globalisering (handel, % av BNP)	753	69,443	35,937	15,162	196,609
Sekundærnæring (% av BNP)	655	17,152	4,938	6,605	32,452

Kategorivariabler	N	Antall 0	Antall 1	Antall 2	Antall 3
Avgift	736	----	276 (37,50 %)	250 (33,97 %)	210 (28,53 %)
Utslippskvoter	756	589 (77,91 %)	70 (9,26 %)	27 (3,57 %)	70 (9,26 %)
Grønne sertifikater	759	658 (86,69 %)	22 (2,90 %)	30 (3,95 %)	49 (6,46 %)
FiT	759	498 (65,61 %)	57 (7,51 %)	94 (12,38 %)	110 (14,49 %)
Reguleringer	759	42 (5,53 %)	218 (28,72 %)	243 (32,02 %)	256 (33,73 %)
FoU	759	----	384 (50,59 %)	233 (30,70 %)	142 (18,71 %)

3.3 Metodebeskrivelse

3.3.1 Tidsseriedata og fixed effects

Dataene som benyttes i denne studien kan klassifiseres som tidsseriedata (time-series cross-section). Dette er en form for paneldata, de inneholder altså observasjoner av de samme enhetene på flere måletidspunkt. Mens klassiske paneldata har et betydelig antall enheter og få måletidspunkt, har tidsseriedata færre antall enheter, men flere måletidspunkt (Park, 2011; Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 252). Det er flere fordeler med å benytte slike data, for det første blir datamaterialet gjerne stort. Ettersom man kombinerer land- og tidsdata får man et

stort antall observasjoner, hvilket gir mer presise, robuste estimat (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 252). Tidsseriedata gjør det også mulig å modellere både tid og rom, man kan altså undersøke ikke bare forskjeller mellom land, men også endringer over tid. Dette gir mer troverdige kausalanalyser, blant annet fordi det blir enklere å kontrollere for uobserverte forklaringsvariabler (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 229).

Det finnes flere tilnærminger til analysing av tidsseriedata. Det som anses som mest formålstjenlig for denne studien, er såkalt fixed effects-modeller der man undersøker forholdet mellom variabler innad i enhetene. Man ser altså kun på endringer over tid innad i landene og slik kontrolleres det automatisk for alle variabler som ikke varierer over tid (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 242). På denne måten gjør fixed effects-modeller det mulige å kontrollere for spuriøse årsakssammenhenger som kan gi utslag i alvorlige feil og skjevheter i estimatene. Ettersom fixed effects er unikt egnet for å kontrollere for spuriøse årsakssammenhenger, er det spesielt hensiktsmessig å bruke dette nettopp i tilfeller der det foreligger en mistanke om at det finnes utelatte variabler som korrelerer med noen av forklaringsvariablene (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 240). Da det ofte er slik at landkarakteristikker korrelerer med hverandre, er det i utgangspunktet grunnlag for en slik mistanke i denne analysen. For å undersøke om det foreligger slik korrelasjon mellom forklaringsvariablene og utelatte variabler, er det gjort en Hausmanstest av studiens overordnede modell. Denne testen undersøker om det er korrelasjon mellom restleddet og de uavhengige variablene, og kan på denne måten fungere som en indikator på hvorvidt bruk av fixed effects-modeller er tilrådelig (Park, 2011; Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 240-241). Resultatet fra Hausmanstesten viser at det er slik korrelasjon til stede³, og fixed effects er dermed å anse som hensiktsmessig.

Det finnes derimot også ulemper med fixed effects-modeller, man har blant annet ikke mulighet til å inkludere variabler som er tidskonstante (Beck, 2001). Det finnes noen konstante landkarakteristikker det kunne vært interessant å undersøke effekten av i denne analysen, for eksempel regimetype eller geografisk beliggenhet. At slike variabler ikke kan inkluderes ansees likevel ikke som noe stort problem i dette tilfellet da hovedmålet for studien er å undersøke effektene av endringer i politikk, altså ikke-konstante variabler.

³ Resultat fra Hausmanstest: $\chi^2(32) = 70,20$ - Prob > $\chi^2 = 0,0001$

3.3.2 Modellspesifisering

Fixed effects innebærer som nevnt at man kontrollerer for uobserverte effekter ved at man kontrollerer bort alle tidskonstantene variabler, altså variabler som varierer mellom landene, men ikke over tid. Dette er det man kan omtale som country fixed effects. Men man kan i tillegg velge å kontrollere for også en annen type uobserverte effekter, såkalte time fixed effects. Dette gjøres ved å inkludere dummyer for alle årene i tidsserien i modellen, for slik å kontrollere for alle variabler som kun varierer over tid, men ikke mellom land (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 250). I denne analysen er det grunnlag for å mistenke at det kan være noen slike uobserverte effekter som påvirker den avhengige variabelen som kun varierer over tid. Eksempelvis kan man se for seg at endringer i den globale finansielle situasjonen eller hendelser på den internasjonale arena, som finanskrisen fra og med 2008 eller internasjonale avtaler som Kyotoavtalen, kan ha hatt lik påvirkning på nivået av grønn innovasjon for alle landene i analysen. En Wald-test er derfor utført på dummyer for årene i tidsserien. Denne testen viste at årsdummyene gir signifikante bidrag som forklaringsvariabler i modellen⁴, hvilket bekrefter tilstedeværelsen av time fixed effects. Årsdummyer er derfor inkludert i modellene for å ta høyde for disse effektene.

Med tidsseriedata vil man ofte møte på problemer knyttet til autokorrelasjon. Når de samme enhetene blir målt på flere måletidspunkt, vil dette gjøre at restleddene for enhetene vil kunne korrelere over tid (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 231). Denne typen avhengighet i restleddene kan resultere i spuriøsitet og undervurderte standardfeil og slik øke sjansen for at man forkaster sanne nullhypoteser (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 231). Autokorrelasjon kan også lede til heteroskedastisitet, som vil kunne gjøre at modellen estimerer noen verdier mer presist enn andre (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 234). For å undersøke om det er slik autokorrelasjon til stede, er modellen testet med Woolridge-testen for autokorrelasjon i paneldata (Drukker, 2003). Testen indikerer tilstedeværelse av autokorrelasjon⁵. I tillegg vil det i tidsseriedata ofte være korrelasjon også mellom enhetene (Mehmetoglu og Jakobsen, 2017, s. 255). Det er særlig grunn til å anta at det vil være slik korrelasjon mellom enhetene i en analyse som dette, der observasjonsenhetene er land, nærmere bestemt OECD- og BRIICS-land, og ikke tilfeldige observasjonsenheter trukket fra en større populasjon. Globalisering og internasjonalt samarbeid gjør det rimelig å forvente at disse landene ikke vil være fullstendig uavhengig av hverandre. Det er bekreftet at det er en slik avhengighet mellom enhetene ved å

⁴ Resultat fra Wald-test av årsdummyer: $F(20, 21) = 1,1e+07$ - $\text{Prob}>F = 0,000$

⁵ Resultat fra Woolridge-test: $F(1, 32) = 13,084$ - $\text{Prob}>F = 0,0010$

gjøre Pesarans test for avhengighet på tverrsnittet på modellen (Wursten, 2017)⁶. For at ingen av disse typene korrelasjon skal gi utslag i misvisende standardfeil, vil modellene estimeres med Driscoll-Kraays standardfeil, som kontrollerer for korrelasjon både innad i og mellom enhetene (Hoechle, 2007).

Det er også testet for tilstedeværelse av ikke-stasjonære effekter (unit root) i den avhengige variabelen. Ikke-stasjonære effekter innebærer at variabelens gjennomsnitt og varians endres over tid, noe som kan gi opphav til spuriøsitet i modellen (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 253). Dickey-Fuller-testen viser at det er ikke-stasjonære effekter i den avhengige variabelen i 32 av 33 land, som altså indikerer at variabelen ikke er stasjonær. For å håndtere dette problemet, kan man inkludere en «lagget» versjon av den avhengige variabelen som forklaringsvariabel i modellen (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 257). Dette vil være spesielt hensiktsmessig i tilfeller der man antar at verdien på den avhengige variabelen for et gitt år er avhengig av verdien på variabelen for foregående år (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 253-254). Det er rimelig å forvente at det vil være tilfellet her, nivået av grønn innovasjon i et land et år vil trolig være høyt korrelert med innovasjonsnivået fra året før.

På en annen side finnes det også argumenter imot å lagge den avhengige variabelen på denne måten. Achen (2000) hevder blant annet at inkluderingen av en lagget avhengig variabel vil resultere i undervurdering av estimatene for de andre forklaringsvariablene, de kan bli svært små og i verste fall få feil fortegn. Det finnes derimot også de som forsvarer bruken av lagget avhengig variabel. For eksempel har Beck og Katz (2004), ved bruk av Monte Carlo-simuleringer, funnet at fixed effects-modeller med lagget avhengig variabel er bedre eller like gode som andre kompliserte paneldataestimatorer. De konkluderer med at resultatene generert av slike estimatorer med lagget avhengig variabel er relativt korrekte, og at det derfor ikke vil være problematisk å lagge den avhengige variabelen, i hvert fall når t , antall måletidspunkt, er over 20 (Beck & Katz, 2004, s. 15).

Det finnes altså støtte for å lagge den avhengige variabelen i en fixed effects-modell som denne der t er 23. Jeg har derfor valgt å inkludere en slik lagget versjon av den avhengige variabelen som uavhengig variabel i modellen for å kontrollere for ikke-stasjonære effekter. Ut ifra en serie med korrelogrammer for variabelen, er det vist at et lag på ett år passer dataene best. I modellene er det altså inkludert en versjon av den avhengige variabelen, grønn innovasjon, som representerer verdien for denne variabelen for foregående år. Også de

⁶ Resultat fra Pesaran-test: $CD= 2.522$ - $P\text{-verdi}= 0,012$

uavhengige variablene i modellene er lagget med ett år, for å sikre at de uavhengige variablene opptrer før den avhengige i tid (Mehmetoglu & Jakobsen, 2017, s. 254).

4. Resultater

I det følgende kapitlet legger jeg frem resultatene fra regresjonsanalysen. Først vil jeg presentere overordnede modeller som undersøker den generelle effekten av markedsvirkemidler samlet, før jeg går videre til modeller som undersøker effektene av de individuelle markedsbaserte virkemidlene på generell grønn innovasjon og spesifikt energirelatert grønn innovasjon.

4.1 Innovasjonseffekt av markedsbaserte virkemidler generelt

Tabell 3. Tidsseriedata med fixed effects og lagget avhengig variabel

Variabler	Modell 1	Modell 2	Modell 3
Grønn innovasjon (t-1)	0,702*** (0,0622)	0,675*** (0,0642)	0,674*** (0,0641)
Markedsstringens (t-1)	-0,0231 (0,100)	-0,0406 (0,0992)	-0,0684 (0,110)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)		-1,087*** (0,313)	-1,183*** (0,325)
Reguleringer, kategori 2 (t-1)		-1,287** (0,492)	-1,382** (0,490)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)		-1,140** (0,498)	-1,231** (0,487)
FoU, kategori 2 (t-1)			0,232 (0,177)
FoU, kategori 3 (t-1)			0,312 (0,195)
BNP-vekst (t-1)	0,0304 (0,0226)	0,0361* (0,0201)	0,0363* (0,0197)
Sekundær (t-1)	-0,0424 (0,0370)	-0,0718* (0,0398)	-0,0757* (0,0426)
Globalisering (t-1)	0,00335 (0,00808)	0,00318 (0,00812)	0,00107 (0,00794)
Konstant	2,994*** (0,752)	4,704*** (0,956)	4,886*** (1,000)
Antall observasjoner	583	583	583
Antall land	33	33	33
Within R2	0,7830	0,7871	0,7878

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

Tabell 3 viser en overordnet modell der den avhengige variabelen er grønn innovasjon mens den uavhengige variabelen er samlet stringensnivå for markedsbaserte virkemidler. Modellen er også utvidet til å inkludere de ikke-markedsbaserte virkemidlene reguleringer og FoU-støtte.

Den laggede versjonen av den avhengige variabelen har en høy koeffisient i modellene, hvilket også er tilfellet i de kommende modellene i tabell 4 og 5. Dette er som forventet da man antar at denne variabelen i stor grad vil korrelere med den avhengige variabelen, nivå av innovasjon et gitt år vil være høyt korrelert med innovasjonsnivået det foregående året. Koeffisientene for denne variabelen vil ikke tolkes utover dette, da variabelen som forklart kun er inkludert for å gi mest mulig korrekte estimat for de andre forklaringsvariablene ved å kontrollere for ikke-stasjonære effekter. Inkluderingen av en lagget avhengig variabel gjør også at man ikke kan benytte verdien for within R2 som et mål på forklart varians for modellene, ettersom den høye korrelasjonen mellom den avhengige og den laggede avhengige variabelen vil blåse opp denne og gi for høy verdi.

Variabelen *markedsstringens* har negativt fortegn, hvilket indikerer at det er en negativ sammenheng mellom stringensnivå på markedsvirkemidler og grønn innovasjon. Koeffisienten på -0,0684 i modell 3 kan tolkes som at om et land beveger seg ett steg opp på stringensindeksen for markedsvirkemidler, er det estimert at den avhengige variabelen *grønn innovasjon* vil minke med omlag 0,0684. Innovasjonsvariabelen er målt i prosent, altså kan dette tolkes som en nedgang på 0,0684 % i grønn innovasjon, målt som andel av den totale innovasjonen i landet. Slik substansiell tolkning av variabelenes koeffisienter er likevel ikke spesielt hensiktsmessig i modeller som disse som inkluderer en lagget avhengig variabel, da dette som nevnt kan drive ned koeffisientene for de andre variablene. Hovedfokuset bør derfor heller være på fortegn og signifikansnivå. Fortegnet for *markedsstringens* indikerer altså en negativ effekt av markedsbaserte virkemidler på grønn innovasjon, men dette funnet er ikke statistisk signifikant. Konklusjonen blir dermed at modellene indikerer at det ikke er noen sammenheng mellom stringensnivå på markedsvirkemidler generelt og nivå av grønn innovasjon.

Variabelen for reguleringer er som nevnt kodet i fire kategorier, en 0-kategori som representerer at virkemiddelet ikke er implementert og tre stringenskategori, kategori 1 er lav stringens, kategori 2 er moderat, mens kategori 3 er høy stringens. I modellene er 0-kategorien brukt som referansekategori. Dette betyr at koeffisientene for kategoriene viser forskjellen i forventet verdi på avhengig variabel for de ulike stringenskategoriene,

sammenlignet med 0-kategorien. Koeffisientene forteller altså hvor mye verdien på innovasjonsvariabelen er estimert å øke eller minke om et land går fra å være i kategori 0 til å være i en av de andre kategoriene. Samtlige kategorier for *reguleringer* er signifikante og har negativt fortegn, hvilket betyr at modellene estimerer at nivået av grønn innovasjon er lavere når et land befinner seg i kategori 1, 2 eller 3, altså at de har implementert utslippsstandarder med enten lav, moderat eller høy stringens, sammenlignet med når de befinner seg i kategori 0, uten noen slike standarder. Ved å endre referansekategori til kategori 2, kan man nærmere undersøke effekten av økt eller minket stringens på virkemiddelet (se tabell A1 i appendiks 2). Da kommer det frem at det ikke er noen signifikant forskjell mellom kategori 2 og kategori 1 og 3, altså er det ingen signifikant forskjell i nivå av grønn innovasjon når et land har moderat stringens sammenlignet med når de har lav eller høy.

For *FoU* er kategori 1, lav stringens, referansekategorien, ettersom det som tidligere forklart ikke finnes noen 0-kategori for dette virkemiddelet. Koeffisientene for kategori 2 og 3 viser dermed estimert forskjell i innovasjonsnivå om et land har moderat eller høy stringens i FoU-politikken, sammenlignet med når de har lav stringens. Stringenskategoriene får som forventet positivt fortegn, men de er ikke signifikante, som vil si at modellen indikerer at det ikke er noen effekt av økt FoU-stringens, eller økning i statlig FoU-støtte, på nivå av grønn innovasjon.

De estimerte effektene av kontrollvariablene er for det meste i tråd med forventningene. *BNP-vekst* er signifikant og positiv i modell 2 og 3, hvilket indikerer at en økning i BNP-veksten i et land vil gi økt nivå av grønn innovasjon. *Sekundær*-variabelen er negativ og signifikant, modellene estimerer altså at en økning i et lands sekundærnæring vil gi lavere nivå av grønn innovasjon. Begge disse funnene er imidlertid bare signifikante på 0,1-nivå, og man bør derfor være ekstra forbeholden i tolkningen av disse resultatene, ettersom det på dette signifikansnivået er en høyere sannsynlighet for at man forkaster en sann nullhypotese. *Globalisering* har også fortegn som er i tråd med forventningene, men er ikke signifikant.

4.2 Virkemidlenes effekt på generell grønn innovasjon

Tabell 4. Tidsseriedata med fixed effects og lagget avhengig variabel

Variabler	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Grønn innovasjon (t-1)	0,693*** (0,0626)	0,680*** (0,0634)	0,658*** (0,0644)	0,657*** (0,0637)
Avgift, kategori 2 (t-1)	0,0350 (0,116)	0,0629 (0,114)	0,0492 (0,122)	0,0220 (0,119)
Avgift, kategori 3 (t-1)	0,315** (0,129)	0,332** (0,136)	0,361** (0,140)	0,339** (0,135)
Utslippskvoter, kategori 1 (t-1)		-0,00521 (0,210)	-0,103 (0,199)	-0,130 (0,204)
Utslippskvoter, kategori 2 (t-1)		0,706* (0,371)	0,595 (0,390)	0,567 (0,381)
Utslippskvoter, kategori 3 (t-1)		0,677*** (0,229)	0,543** (0,235)	0,519** (0,236)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)			-1,016*** (0,292)	-1,097*** (0,309)
Reguleringer, kategori 2 (t-1)			-1,222** (0,473)	-1,303** (0,480)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)			-1,155** (0,462)	-1,233** (0,458)
FoU, kategori 2 (t-1)				0,182 (0,161)
FoU, kategori 3 (t-1)				0,270 (0,196)
BNP-vekst (t-1)	0,0318 (0,0216)	0,0377* (0,0208)	0,0405** (0,0194)	0,0400** (0,0191)
Sekundær (t-1)	-0,0463 (0,0390)	-0,0386 (0,0453)	-0,0686 (0,0496)	-0,0733 (0,0528)
Globalisering (t-1)	0,00185 (0,00809)	0,000965 (0,00807)	0,000784 (0,00807)	-0,000847 (0,00818)
Konstant	3,175*** (0,739)	3,137*** (0,799)	4,782*** (1,010)	4,959*** (1,084)
Antall observasjoner	583	583	583	583
Antall land	33	33	33	33
Within R2	0,7843	0,7882	0,7915	0,7920

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

I tabell 4 er generell grønn innovasjon den avhengige variabelen, og modellene er stegvis utbygd med variabler for avgifter, utslippskvoter, reguleringer og FoU. Som tidligere forklart er den avhengige variabelen operasjonalisert på to ulike måter for best mulig å kunne fange opp eventuelle innovasjonseffekter av de forskjellige markedsvirkemidlene. Den teoretiske

forventningen er at utslippskvoter og avgifter vil påvirke grønn innovasjon generelt, mens grønne sertifikater og feed-in tariffen antas å kun påvirke spesifikt innovasjon relatert til fornybar energi. Grønne sertifikater og feed-in tariffen er derfor ikke inkludert i modellene i tabell 4, da de anses som for spesifikt rettet når avhengig variabel er grønn innovasjon i bred forstand.

Avgift-variabelen har som nevnt ingen 0-kategori, og kategori 1, lav stringens, er dermed brukt som referanse, slik som med *FoU*-variabelen. Stringenskategoriene er begge positive, men kun kategori 3, høy stringens, er signifikant, koeffisienten for høy stringens er signifikant og positiv på 0,05-nivå i samtlige modeller i tabellen. Dette betyr at modellene indikerer at nivå av grønn innovasjon er høyere når et land har høy stringens på klimaavgifter, sammenlignet med når de har lav stringens, men at det ikke er noen slik forskjell om de har moderat stringens, sammenlignet med lav. Med andre ord vil en økning fra lavt til moderat avgiftnivå ikke ha noen effekt på grønn innovasjon, kun en økning fra lavt til høyt avgiftnivå.

For *utslippskvoter* er 0-kategorien brukt som referanse, og koeffisientene for de ulike kategoriene kan dermed tolkes på samme måte som for *reguleringer* i tabell 3. De ulike stringenskategoriene for *utslippskvoter* får blandede fortegn, kategori 1 er negativ, mens kategori 2 og 3 begge er positive. Imidlertid er kun kategori 3 signifikant. I modell 1 er kategori 2 signifikant på 0,1-nivå, men fra modell 2 er dette ikke lenger tilfelle, noe som antyder at *reguleringer*-variabelen forklarer bort deler av effekten av utslippskvoter slik at kategori 2 ikke lenger er signifikant forskjellig fra 0-kategorien. At kun kategori 3, høy stringens, er signifikant, betyr at det estimerte nivået av grønn innovasjon er høyere når et land befinner seg i kategori 3, altså har implementert et system for utslippskvoter med høy kvotepris, sammenlignet med når de befinner seg i kategori 0 og ikke har implementert noe kvotesystem overhodet, men at det derimot ikke er noen slik signifikant forskjell i innovasjonsnivå når et land implementerer utslippskvoter med kun lav til moderat kvotepris.

Både *reguleringer* og *FoU* er like slik de var i tabell 3, for *reguleringer* er samtlige stringenskategorier negative og signifikante, mens kategoriene for *FoU* er positive og ikke-signifikante. Kontrollvariablene oppfører seg også nokså likt, men til forskjell fra modellene i tabell 3, er *sekundær*-variabelen ikke signifikant i tabell 4.

4.3 Virkemidlenes effekt på energirelatert grønn innovasjon

Tabell 5. Tidsseriedata med fixed effects og lagget avhengig variabel

Variabler	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Energiinnovasjon	0,823*** (0,0570)	0,819*** (0,0620)	0,812*** (0,0673)	0,812*** (0,0644)
Grønne sertifikater, kategori 1 (t-1)	-0,127 (0,155)	-0,112 (0,136)	-0,0585 (0,156)	-0,0514 (0,153)
Grønne sertifikater, kategori 2 (t-1)	-0,261** (0,0924)	-0,271*** (0,0864)	-0,296** (0,107)	-0,299** (0,109)
Grønne sertifikater, kategori 3 (t-1)	-0,532*** (0,117)	-0,515*** (0,126)	-0,581*** (0,152)	-0,581*** (0,152)
FiT, kategori 1 (t-1)	0,0178 (0,0782)	0,0792 (0,0730)	0,0551 (0,0625)	0,0630 (0,0607)
FiT, kategori 2 (t-1)	-0,118 (0,122)	-0,0826 (0,117)	-0,0730 (0,125)	-0,0696 (0,123)
FiT, kategori 3 (t-1)	-0,332* (0,172)	-0,300* (0,164)	-0,323* (0,175)	-0,311 (0,192)
Avgift, kategori 2 (t-1)		0,0377 (0,0853)	0,0462 (0,0863)	0,0467 (0,0893)
Avgift, kategori 3 (t-1)		0,0667 (0,0987)	0,0677 (0,0940)	0,0716 (0,0923)
Utslippskvoter, kategori 1 (t-1)		-0,0698 (0,110)	-0,147 (0,0953)	-0,145 (0,0912)
Utslippskvoter, kategori 2 (t-1)		0,227 (0,151)	0,143 (0,153)	0,148 (0,148)
Utslippskvoter, kategori 3 (t-1)		0,170 (0,191)	0,0619 (0,185)	0,0625 (0,176)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)			-0,332 (0,225)	-0,324 (0,208)
Reguleringer, kategori 2 (t-1)			-0,270 (0,299)	-0,259 (0,271)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)			-0,0724 (0,356)	-0,0597 (0,333)
FoU, kategori 2 (t-1)				-0,0303 (0,164)
FoU, kategori 3 (t-1)				0,0268 (0,129)
BNP-vekst (t-1)	0,0371* (0,0205)	0,0390* (0,0191)	0,0436** (0,0176)	0,0430** (0,0172)
Sekundær (t-1)	-0,0627*** (0,0195)	-0,0625*** (0,0213)	-0,0761*** (0,0259)	-0,0785*** (0,0270)
Globalisering (t-1)	0,00128 (0,00408)	0,000889 (0,00360)	0,00185 (0,00354)	0,00215 (0,00366)
Konstant	1,122** (0,432)	1,118** (0,441)	1,582** (0,651)	1,609** (0,649)

Antall observasjoner	581	581	581	581
Antall land	33	33	33	33
Within R2	0,8729	0,8737	0,8749	0,8750

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

I modellene i tabell 5 er energirelatert grønn innovasjon den avhengige variabelen og modellene er stegvis utbygd med variabler for de ulike markedsbaserte og ikke-markedsbaserte virkemidlene. Samtlige markedsvirkemidler er inkludert ettersom de alle er relevante når avhengig variabel er energiinnovasjon. Selv om kun feed-in tariffen og grønne sertifikater gir insentiver spesifikt til innovasjon relatert til energi, kan også avgifter og utslippskvoter stimulere til slik innovasjon, ettersom de forventes å stimulere til alle typer innovasjon med et utslippsbesparende potensiale, hvilket energirelatert innovasjon gjerne kan ha.

Stringenskategoriene for *grønne sertifikater* er alle negative, men kun kategori 2 og 3 er signifikante. Det betyr at nivå av energirelatert innovasjon estimeres å være lavere når et land har implementert et system for grønne sertifikater med moderat eller høy stringens, eller moderat til høyt fornybarandelskrav, sammenlignet med når de ikke har noe slikt system overhodet. Derimot er det ikke estimert noen slik signifikant forskjell i nivå av innovasjon om et land innfører et system for grønne sertifikater med kun lav stringens. Om man endrer referansekategori til kategori 1, er fremdeles både kategori 2 og 3 negative og signifikante (se tabell A2 i appendiks 3). Dette indikerer at om et land har et system for grønne sertifikater med et lavt fornybarandelskrav og øker dette kravet så det blir moderat til høyt, vil nivået av fornybar innovasjon synke.

De ulike stringenskategoriene for *FiT* får forskjellige fortegn, kategori 1 er positiv mens kategori 2 og 3 er negative, men ingen av dem er signifikante. I modellene uten *FoU*-variabelen er kategori 3, høy stringens, negativ og signifikant på 0,1-nivå, men dette er ikke tilfellet i modell 4, hvilket antyder at inkluderingen av *FoU* forklarer bort denne effekten av feed-in tariffen med høyt tariffnivå. Resultatene fra modell 4 indikerer altså at feed-in tariffen ikke har noen effekt på energirelatert innovasjon.

Stringenskategoriene for *avgifter* er positive, men ingen av dem er signifikante. Modellene estimerer altså at økt avgiftsnivå på klimaavgifter ikke har noen effekt på nivå av energirelatert innovasjon i et land. Som i tabell 4 har kategori 1 for *utslippskvoter* negativ

fortegn mens kategori 2 og 3 begge er positive, men ingen av disse er derimot signifikante i tabell 5. Dette indikerer at utslippskvoter ikke har noen effekt på energiinnovasjon.

Alle stringenskategoriene for *reguleringer* er negative, men de er ikke signifikante, hvilket indikerer at direkte reguleringer i form av utslippsstandarder ikke har noen effekt på nivå av energirelatert innovasjon. *FoU*-kategoriene blir heller ikke signifikante, slik som i tabell 4, som altså indikerer at økt statlig FoU-støtte ikke har effekt på energiinnovasjon.

BNP-vekst og *globalisering* er like som i tabell 3 og 4, *BNP-vekst* er positiv og signifikant mens *globalisering* er positiv men ikke-signifikant. *Sekundær*-variabelen er i tabell 5 negativ og signifikant på 0,01-nivå, slik som i tabell 3. Modellene indikerer altså at en økning i et lands sekundærnærings vil gi lavere nivå av energirelatert grønn innovasjon.

5. Diskusjon

I det følgende kapitlet vil resultatene fra analysen diskuteres og vurderes opp mot studiens hypoteser. Til slutt vil jeg og peke på mulige utbedringer av modellene til eventuelle videre studier.

5.1 Ingen generell effekt av markedsbaserte virkemidler

Debatten om hvorvidt markedsbaserte virkemidler evner å stimulere til innovasjon som kan gi betydelig bidrag til å nå klimamål og sikre utslippsreduksjon har dannet utgangspunktet for denne oppgavens forskningsspørsmål: *Har markedsbaserte virkemidler positiv effekt på grønn innovasjon?* For å undersøke dette spørsmålet er flere hypoteser blitt testet. Resultatene fra analysen støtter ikke opp om den overordnede hypotese 1, *markedsbaserte virkemidler har positiv effekt på grønn innovasjon*. Om markedsbaserte virkemidler generelt hadde den positive effekten på grønn innovasjon som dets forkjempere hevder at de har, burde man i tabell 3 kunne finne at økt stringens på markedsvirkemidler gir økt nivå av grønn innovasjon. Den teoretiske forventning er nemlig at når stringensen øker, forsterkes de økonomiske insentivene som virkemidlene gir til å drive mer klimavennlig. Da vil den potensielle avkastningen fra grønn innovasjon øke, og innovasjonsnivået vil også øke som resultat. Analysen indikerer derimot at det ikke er noen slik generell sammenheng mellom samlet stringensnivå for markedsvirkemidler og grønn innovasjon. H1 kan dermed ikke bekreftes, og den alternative nullhypotesen om ingen effekt av markedsbaserte virkemidler på grønn innovasjon må beholdes.

Som tidligere forklart er det flere grunner til å forvente nettopp et slikt funn. For det første kan man sette spørsmålstegn ved markedsbaserte virkemidlers effekt overhodet. Som blant andre Patt (2015) påpeker kan insentivene disse virkemidlene gir til å ta klimahensyn tenkes å ikke være tilstrekkelige til å stimulere til genuin innovasjon og virkelige teknologiske fremskritt, og om noe kun lede til mindre videreutviklinger av eksisterende løsninger og teknologier. I tillegg finnes det grunnlag for å forvente at H1 ikke vil kunne bekreftes, ikke nødvendigvis fordi hypotesen er kategorisk gal, men fordi den er for generell. Blant andre Bøhringer et al. (2014) argumenterer for at ulike markedsbaserte virkemidler er for forskjellige til å kunne behandles som en enhetlig gruppe og at de betydelige forskjellene mellom virkemidlene trolig vil lede til at de gir ulike innovasjonseffekter. For å undersøke om påstanden om positiv effekt av markedsvirkemidler er fullstendig feilaktig eller simpelthen for

generell, vil jeg videre se på hvilke indikasjoner analysen gir med tanke på de separate hypotesene for de ulike virkemidlene.

5.2 Utslippskvoter og avgifter har kun innovasjonseffekter om stringensen er høy

Analysen indikerer at både klimaavgifter og utslippskvoter kan ha positive innovasjonseffekter. Resultatene fra tabell 4 kan tolkes som at disse virkemidlene har positiv innvirkning på nivå av grønn innovasjon i et land, men kun når stringensen er høy. For klimaavgifter indikerer modellene at en økning i avgiftsnivå har positiv effekt på innovasjon, men bare en økning opp til høyt avgiftsnivå. Om avgiftene i et land øker fra lavt til kun moderat nivå, har dette ingen effekt. Dette betyr at H4, *klimaavgifter har positiv effekt på grønn innovasjon*, kan bekreftes, men med det forbehold at kun høye klimaavgifter har en slik positiv effekt. Tilsvarende indikerer resultatene fra tabell 4 at innføring av utslippskvoter kun vil ha positiv innovasjonseffekt dersom kvoteprisen er høy. Å implementere et system for utslippskvoter med kun lav eller moderat kvotepris vil derimot ikke gi noen slik effekt. H5, *utslippskvoter har positiv effekt på grønn innovasjon*, kan altså også kun bekreftes med et liknende forbehold som for H4, at utslippskvoter bare har positiv effekt på grønn innovasjon når kvoteprisen er høy.

Stringens blir som tidligere nevnt trukket frem i innovasjonsteorien som helt avgjørende for hvorvidt et virkemiddel evner å stimulere til innovasjon, og et funn som dette er derfor ikke helt uventet (Johnstone et al., 2010; Rogge et al., 2011). I tillegg er det flere som har argumentert for at spesifikt disse virkemidlene, avgifter og utslippskvoter, vil kunne gi innovasjonseffekter nettopp bare om stringensen er tilstrekkelig høy. For eksempel påpeker Pfeifer et al. (2014) at klimaavgifter må være høye for å gi effekt, fordi det virkelig må koste å forurense om lønnsomheten ved grønn innovasjon skal ansees som stor nok til å overkomme den betydelige usikkerheten og risikoen som er forbundet med innovasjonsinvesteringer. Et liknende argument fremsettes av blant andre Taylor (2012) og Wettestad og Gulbrandsen (2018) når det kommer til effekten av kvoter, de hevder at kun høye kvotepriser vil tvinge aktører til å akseptere risikoen forbundet med innovasjon. For begge virkemidlene er det altså blitt argumentert for at kun høy stringens vil gjøre den potensielle lønnsomheten stor nok til å gi tilstrekkelige insentiver og overkomme hindrene for innovasjon. Man kan se for seg at lav stringens derimot ikke i tilstrekkelig grad gir slike insentiver og dermed resulterer i at aktører

heller velger å belage seg på mindre risikable løsninger med eksisterende teknologi for å kutte i utslipp, eller at de simpelthen velger å betale for kvotene eller avgiftene.

I tabell 5 er de positive effektene av avgifter og utslippskvoter fra tabell 4 borte. Dette viser at den positive innovasjonseffekten disse virkemidlene har, er innenfor andre områder av grønn innovasjon enn det energirelaterte. Dette trenger ikke å anses som noe overraskende funn, virkemidlene gir incentiver til alle former for utslippsbesparende innovasjon, og selv om energirelatert grønn innovasjon kan gi utslippsreduksjoner, finnes det også svært mange andre kategorier innenfor grønn innovasjon der dette er tilfellet. I videre studier kunne det vært nyttig å undersøke nærmere om det peker seg ut noen distinkte former for grønn innovasjon som utslippskvoter og klimaavgifter stimulerer til i spesielt stor grad.

Avgifter og utslippskvoter er to markedsvirkemidler med noen distinkte ulikheter som tydelig kommer frem i tabell 1 i teorikapitlet. Avgifter er prisbaserte mens kvoter er kvantitetsbaserte, og mens avgifter kun baserer seg på straff eller negative incentiver, gir utslippskvoter både negative og positive incentiver. Disse to distinksjonene er blitt trukket frem som sentrale for virkemidlers evne til å stimulere til innovasjon. Prisbaserte virkemidler og positive incentiver hevdes å være overlegne kvantitetsbaserte virkemidler og negative incentiver. Når analysen likevel viser at både avgifter og utslippskvoter kan gi positive innovasjonseffekter, antyder dette at disse distinksjonene ikke er av avgjørende betydning for markedsvirkemidlers innovasjonseffekter.

5.3 Negativ innovasjonseffekt av grønne sertifikater

Analysen viser at de to typene kvotesystem har helt ulike innovasjonseffekter. Mens utslippskvoter kan ha positiv effekt på innovasjon så fremt stringensen er høy, indikerer analysen at grønne sertifikater har negativ innovasjonseffekt når stringensnivået er moderat eller høyt. Resultatene fra tabell 5 kan tolkes som at grønne sertifikater gir negativ effekt på energirelatert grønn innovasjon når fornybarandelskravet er moderat til høyt. Dette betyr at modellene estimerer at det faktisk innoveres mindre innenfor energirelatert grønn innovasjon, deriblant fornybar energi, når myndighetene setter høyere krav til hvor stor andel av den totale energileveransen som skal komme fra fornybare kilder. Studiens hypotese 6, *grønne sertifikater har positiv effekt på grønn innovasjon*, kan dermed ikke bekreftes. Analysens resultater gir imidlertid heller ikke støtte til den alternative nullhypotesen om ingen

sammenheng, men antyder altså at grønne sertifikater heller kan gi negative innovasjonseffekter.

Det finnes flere mulige forklaringer på en slik negativ effekt av grønne sertifikater. For eksempel hevder blant andre Driesen (2003) at kostnadseffektiviteten i kvotesystemer kan gjøre at slike virkemidler får negativ effekt på innovasjon, ettersom de aktørene som kan bidra til å møte klimamål mest mulig kostnadseffektivt, trolig er nettopp de som ikke må basere seg på teknologisk utvikling og innovasjon for å kunne gjøre dette. I tillegg kan man argumentere for at kvantitetsbaserte virkemidler som grønne sertifikater ikke er egnet til å gi innovasjonsinsentiver, ettersom de setter en begrensning for hvor mye innovasjon som vil være lønnsomt. Dette er derimot lite plausible forklaringer om man ser helhetlig på funnene fra analysen. Om dette var årsakene til den negative innovasjonseffekten av grønne sertifikater, burde man nemlig også kunne forvente å finne en noenlunde liknende effekt av den andre typen kvotesystem. Som vi har sett indikerer derimot analysen at utslippskvoter kan ha positiv effekt på grønn innovasjon, hvilket betyr at den negative effekten av grønne sertifikater ikke kan forklares med at kvotesystemer generelt er lite egnet til å stimulere til innovasjon.

For å søke mulige forklaringer på hvorfor grønne sertifikater kan gi negative innovasjonseffekter når utslippskvoter gir positive, kan det være hensiktsmessig å rette fokus mot hva det er som skiller disse virkemidlene fra hverandre. Hovedforskjellen mellom kvotesystemene er hvilken type innovasjon de gir insentiver til. Mens utslippskvoter gir generelle insentiver til all innovasjon med et utslippsbesparende potensial, gir grønne sertifikater derimot spesifikt insentiver til innovasjon innenfor et bestemt område innenfor grønn innovasjon, fornybar energi, og en kan tenke seg at det er denne forskjellen som er opphav til de motstridende innovasjonseffektene. Muligens er det slik at innenfor en smalere kategori av grønn innovasjon som fornybar energi, så vil aktørene havne i mer direkte, tettere konkurranse med hverandre om innovasjon og teknologiutvikling. For mens det finnes nærmest utallige måter å kutte i utslipp av klimagasser på, kan ikke det samme sies om det å generere fornybar energi. Dermed blir konkurransen tettere og risikoen for å bli utkonkurrert, havne i patent-race og investere i bortkastede innovasjonsprosjekter blir ansett som større, noe som kan resultere i strategisk utsettelse og vegring for å investere i innovasjon. Dette kan antas å være spesielt gjeldende om fornybarandelskravet økes og blir høyt, fordi selskapene da vet at det vil være flere andre aktører som kommer til å være interessert i å innovere for å møte det økte energibehovet og høste godene av den indirekte subsidieringen av fornybar

energiproduksjon. Slik kan man altså se for seg at grønne sertifikater med moderat til høy stringens kan gi negativ effekt på energirelatert innovasjon.

Det er også nyttig å se på forskjellene i hvordan variablene for grønne sertifikater og utslippskvoter er målt. Kvotepriser er utgangspunktet for stringensscoringen på utslippskvotene, mens det for grønne sertifikater er andelskravet for fornybar energi. For utslippskvoter estimerer derfor modellene hva som skjer med innovasjonsnivået når kvoteprisen øker, mens for grønne sertifikater ser man på hva som skjer med innovasjonsnivået når myndighetene øker fornybarandelskravet. Dette kan potensielt være en forskjell av stor betydning, fordi kvoteprisene er det som er avgjørende for hvor sterke innovasjonsinsentivene fra begge kvotesystemene vil være. Høyere priser gjør innovasjon mer lønnsomt som tidligere forklart, og selv om prisen for grønne sertifikater i stor grad bestemmes av fornybarandelskravet, er det ikke bare dette som påvirker tilbud og etterspørsel og dermed prisene på sertifikatene. Det man kan se ut ifra analysen er bare at når myndighetene øker fornybarandelskravet for grønne sertifikater, så går innovasjonsnivået ned, men det er altså ikke noen automatikk i at prisen for sertifikatene også går opp når andelskravet gjør det. Dette er viktig å ta høyde for i tolkningen av dette funnet, man kan for eksempel se for seg at årsaken til at fornybarkravet settes opp er en stor tilførsel av fornybar energi på markedet, som gjør at det ansees som realistisk og ønskelig med et høyere krav. Prisene for de grønne sertifikatene trenger likevel ikke da å gå opp, om tilførselen av fornybar energi er stor nok kan sertifikatprisene holde seg stabile eller til og med synke, selv med en økning i andelskrav. Om dette er tilfellet vil en økning i andelskrav ikke nødvendigvis gi økte insentiver til innovasjon, men det kan til og med gi motsatt effekt, da insentivene som forklart henger sammen med kvotepris. Denne potensielle manglende korrelasjonen mellom fornybarandelskrav og sertifikatpris er altså et usikkerhetsmoment man må ta høyde for i tolkningen av funnene, muligens hadde de estimerte effektene sett annerledes ut om kvotepris var utgangspunktet for stringens også for grønne sertifikater.

5.4 Ingen innovasjonseffekt av feed-in tariff

Analysen indikerer at feed-in tariff ikke har noen effekt på innovasjon, uansett tariffnivå. Hypotese 7, *feed-in tariff har positiv effekt på grønn innovasjon*, kan dermed ikke bekreftes, og den alternative hypotesen om ingen effekt beholdes. Etersom feed-in tariff, likt som grønne sertifikater, gir insentiver til innovasjon innenfor et spesifikt, smalere felt sammenlignet med utslippskvoter og avgifter, kan man også her se for seg at den manglende

positive effekten kommer av tettere konkurranse og bekymring for patentrace som fører til strategisk utsettelse og vegring for å investere i innovasjon. Blant andre Alizamir et al. (2016) har påpekt at strategisk utsettelse vil kunne være spesielt aktuelt når det kommer til virkemidler som feed-in tariffen som har som uttalt målsetting å stimulere til innovasjon på et felt.

En annen mulig forklaring på den manglende effekten av feed-in tariffen, er at virkemiddelet kun stimulerer til inkrementell innovasjon. Blant andre Bøhringer et al. (2014) har hevdet at ettersom feed-in tariffen ikke gjør energiproduksjon fra umoden teknologi noe mer lønnsomt enn om man benytter velkjent teknologi, vil tariffene ikke stimulere til radikal innovasjon, men lede til at aktører velger enklere, mindre risikable løsninger og heller videreutvikler eksisterende teknologi for slik å kunne produsere fornybar energi mer effektivt. Et slikt argument stemmer overens med funnene fra analysen, da inkrementell innovasjon som forklart ikke vil fanges opp i noen stor grad i patentdataene. Det kan altså tenkes at tariffen gir noen innovasjonseffekter, men at denne innovasjonen kun innebærer de simpleste formene for videreutvikling og variasjoner av allerede eksisterende løsninger som ikke kan eller er verdt å patentere. Uansett om dette er tilfellet bidrar funnet fremdeles til å svekke antakelsen om at feed-in tariffen er godt egnet til å frembringe genuin nyskaping som gir betydelig bidrag til klimavennlig omstilling og utslippsreduksjon.

At analysen indikerer at feed-in tariffen ikke har noen effekt på innovasjon er et funn av interesse når det kommer til å undersøke hva det er som avgjør hvilke markedsbaserte virkemidler det er som har innovasjonseffekter og ikke. Det kommer tydelig frem av tabell 1 at feed-in tariffen skiller seg fra de andre markedsbaserte virkemidlene på flere måter. Det er det eneste virkemidlet som er teknologispesifikt, som kun benytter positive insentiver og som gir betydelig forutsigbarhet. Som vi har sett, er det blitt argumentert for at alle disse er viktige faktorer som skal gjøre virkemidler spesielt egnet til å stimulere til innovasjon. Når analysen likevel viser at feed-in tariffen ikke har noen innovasjonseffekt, mens virkemidler som avgifter og utslippskvoter som ikke har disse karakteristikene har positiv effekt, gir det en indikasjon på at disse faktorene ikke er av avgjørende betydning for at markedsvirkemidler skal kunne ha positive innovasjonseffekter.

5.5 Ingen positiv innovasjonseffekt av direkte reguleringer og FoU-støtte

Markedsvirkemidlene er i analysen holdt opp mot to alternative, ikke-markedsbaserte virkemidler som kan påvirke nivå av grønn innovasjon: direkte reguleringer, representert ved utslippsstandarder, og FoU-støtte. Resultatene fra tabell 3 og 4 indikerer at utslippsstandarder har negativ effekt på nivå av grønn innovasjon, men at det kun er selve innføringen av slike standarder som gir mindre grønn innovasjon, stringensnivået på standardene har ingen betydning. Dette betyr at hypotese 2, *direkte reguleringer har positiv effekt på grønn innovasjon*, ikke kan bekreftes. Selv om det er grunnlag for å forvente en positiv innovasjonseffekt i tråd med H2, finnes det som tidligere vist også argumenter for at direkte reguleringer som utslippsstandarder snarere vil ha nettopp en slik negativ effekt som den som avdekkes i analysen. Blant andre Stavins (2003) hevder at direkte reguleringer kan ha negativ innovasjonseffekt fordi selskap som investerer i innovasjon og utvikler ny, mer klimavennlig teknologi faktisk kan risikere å bli straffet for dette, ved at de da møtes med enda strengere krav og standarder. Resultatene fra analysen støtter opp om et slikt argument. Om det er frykt for at innovasjon og teknologiutvikling skal gjøre standardene strengere som er årsaken til den negative effekten av standarder på innovasjon, vil man nettopp kunne forvente at det ikke er det nåværende stringensnivået som er av betydning, men hvorvidt utslippsstandarder er implementert overhodet.

Når det kommer til hypotese 3, *støtte til FoU har positiv effekt på grønn innovasjon*, gir resultatene fra analysen heller ikke noen støtte til denne hypotesen, men indikerer at nullhypotesen om ingen effekt må beholdes. En kan spørre seg om hvorvidt årsaken til at FoU-variabelen ikke viser signifikant positiv effekt i modellene i tabell 3 eller 4 kan være at variabelen i disse modellene som forklart fungerer som en proxy for generell FoU, da indeksen variabelen er basert på kun inkluderer FoU-midler spesifikt innenfor fornybar teknologi. Man kan se for seg at grunnen til at variabelen ikke blir signifikant er at det ikke er en adekvat proxy, kanskje stemmer ikke antakelsen om at de to målene følger hverandre tett. Det er likevel lite trolig at dette er den fulle årsaken til manglende signifikant effekt i tabell 3 og 4, da variabelen heller ikke blir signifikant i tabell 5 der den avhengige variabelen er energirelatert innovasjon, og FoU-variabelen dermed ikke er en proxy.

Det finnes flere mulige forklaringer på manglende positiv innovasjonseffekt av FoU. Som tidligere forklart kan dette for eksempel skyldes at ny teknologi stadig er blitt billigere, hvilket gjør at innovasjon i seg selv også blir billigere. Dette kan resultere i en nedjustering av statlig støtte til FoU, fordi det ikke lenger er behov for like mye støtte for å oppnå det samme nivået

av innovasjon. Man kan dermed se for seg at nivå av FoU-støtte og innovasjonsnivå ikke trenger å korrelere positivt, en nedgang i støtte til klimarelatert FoU vil til og med kunne korrelere med økt nivå av grønn innovasjon. Den manglende effekten kan muligens også forklare med «crowding out»-effekten, ettersom økt FoU-støtte ikke vil gi økt innovasjonsnivå om støtten bare brukes istedenfor midler som aktørene ellers uansett hadde benyttet på FoU-virksomhet, heller enn i tillegg til.

5.6 Påstanden om markedsbaserte virkemidlers positive innovasjonseffekter er for generell

I denne studien har jeg satt meg fore å undersøke en utbredt oppfatning om at markedsbaserte virkemidler ikke bare er effektive for å redusere klimagassutslipp, men også for å stimulere til grønn innovasjon. Min antakelse var at denne oppfatningen enten var kategorisk gal eller simpelthen for generell, og funnene fra analysen peker mot det siste. Analysens resultater gir ikke grunnlag for å argumentere for at markedsbaserte virkemidler generelt gir positiv effekt på grønn innovasjon, men samtidig gir de heller ikke støtte til argumentet om at markedsvirkemidler overhodet ikke evner å stimulere til innovasjon. De blandede funnene av både positive, negative og manglende innovasjonseffekter antyder at begge disse antakelsene er for generelle, og at de forskjellige virkemidlene man finner innenfor kategorien markedsvirkemidler har helt ulike innovasjonseffekter. Det kan derfor tyde på at det å snakke om felles innovasjonseffekter av markedsbaserte virkemidler er for generaliserende og lite hensiktsmessig. Om et virkemiddel belager seg på markedsmekanismer kan man altså ikke ut ifra dette automatisk avlede noe om dets innovasjonseffekter, og man kan likeledes heller ikke forklare et virkemiddels innovasjonseffekt simpelthen med det faktum at det er et markedsvirkemiddel.

Analysen har også gitt noen indikasjoner på hvilke distinksjoner det er som har betydning for markedsvirkemidlers innovasjonseffekter. I tabell 1 oppsummeres flere sentrale forskjeller mellom de markedsbaserte virkemidlene som blir hevdet å påvirke deres innovasjonseffekter. Flere har argumentert for at det for eksempel er mer hensiktsmessig å bruke positive heller enn negative insentiver, eller at det er av avgjørende betydning at virkemidlene er prisbaserte, teknologispesifikke eller forutsigbare for at de skal evne å stimulere til innovasjon. Analysen gir derimot ikke støtte til noen av disse argumentene. Funnene fra analysen indikerer at den eneste av de identifiserte distinksjonene som kan være av betydning for virkemidlenes innovasjonseffekter, er hvorvidt virkemiddelet gir insentiver til generell grønn innovasjon

eller er rettet spesifikt mot fornybar energi. I analysen kom det frem at virkemidlene som viste positive innovasjonseffekter, er de som er bredt innrettet mot å gi insentiver til grønn innovasjon generelt, de som stimulerer til all type innovasjon som kan ha et utslippsreducerende potensiale. De som er smalere innrettet og skal gi insentiver spesifikt til innovasjon knyttet til fornybar energi, har derimot ikke noen slik positiv effekt. Tettere konkurranse som resulterer i større risiko for patentrace og innovasjonsvegring er en mulig forklaring på dette funnet, som det vil kunne være hensiktsmessig å granske videre.

5.7 Utbedring av modellene

I videre undersøkelser av innovasjonseffekter av klimapolitiske virkemidler er det flere utbedringer av modellene fra denne studien som kan være hensiktsmessige. En svakhet ved modellene er FoU-variabelen, som måler FoU-støtte til fornybar teknologi og som i flere av modellene brukes som proxy for generell klimarelatert FoU. Selv om det er grunn til å tro at disse målene vil følge hverandre, hadde en variabel som direkte måler klimarelatert FoU vært å foretrekke. Som nevnt kan det tenkes at bruken av denne proxyen bidrar til at det i analysen ikke avdekkes signifikante innovasjonseffekter av FoU-støtte.

I modellene er det inkludert variabler for to sentrale typer ikke-markedsbaserte virkemidler som kan påvirke grønn innovasjon, direkte reguleringer og FoU-politikk. En kan likevel spørre seg om ikke også en tredje type ikke-markedsbasert virkemiddel burde vært inkludert i analysen, nemlig frivillige tilnærminger. Stringensindeksen fra OECD mangler en kategori for frivillige tilnærminger, og Botta og Kozluk (2014) forklarer at slike virkemidler ikke har blitt inkludert i indeksen ettersom de ofte er svært spesifikke fordi avtaler forhandles frem mellom myndigheter og selskap på lokalt nivå, noe som gjør det utfordrende å definere et bestemt stringensnivå for virkemidlene. At frivillige tilnærminger blir utelatt er likevel en svakhet ved analysen, da slike virkemidler er utbredt i flere av landene i utvalget, blant annet Danmark, Japan, Canada og USA (OECD, 2003b). Det bør derfor nærmere utredes om frivillige tilnærminger kan la seg kvantifisere på en meningsfull måte slik at en variabel for også denne typen virkemiddel kan inkluderes i videre analyser, både for å undersøke deres innovasjonseffekter, men også fordi utelatelse av en slik sentral variabel kan tenkes å påvirke estimatene for de andre virkemidlene.

I tillegg er det også andre kontrollvariabler det hadde vært ønskelig å inkludere i modellene, spesielt en variabel som måler holdninger til klima og klimaendringer i befolkningen. Slike

holdninger kan nemlig påvirke hvor opptatt man er av å ta klimavennlige valg som forbruker, og en befolkning som blir stadig mer klimabevisst vil derfor kunne skape større etterspørsel etter nye, klimavennlige produkter, hvilket kan stimulere til grønn innovasjon (OECD, 2010). Det er derimot svært utfordrende å finne et passende mål for slike klimaholdninger, spesielt for en studie som dette som inkluderer mange land og en lengre tidsserie. En mulighet er å bruke data fra World Value Survey, som har samlet data om verdier og holdninger over store deler av verden siden 1981 (World Value Survey, uten dato). I appendiks 4 presenterer jeg et forslag til hvordan data fra WVS kan brukes for å konstruere en klimaholdningsvariabel. Denne variabelen har derimot flere svakheter, blant annet et stort antall manglende observasjoner, som gjør at den ikke lot seg inkludere i modellene i denne studien, og den er kun lagt ved som et forslag til en begynnelse i arbeidet med å konstruere en klimaholdningsvariabel.

Denne studien er kun basert på data frem til 2012, da OECDs stringensindekser ikke strekker seg lenger enn dette. Det er imidlertid mye som har skjedd innenfor både grønn innovasjon og klimapolitikk siden 2012, og det hadde derfor vært svært interessant å kunne gjøre en liknende studie med nyere data. I videre studier av klimapolitiske virkemidlers effekter på innovasjon vil det også være hensiktsmessig å undersøke eventuelle interaksjonseffekter. Kanskje er det slik at noen virkemidler har innovasjonseffekt, men at dette er betinget av hvorvidt andre virkemidler er implementert og deres stringensnivå.

6. Konklusjon

Formålet med denne studien har vært å undersøke markedsbaserte virkemidlers effekt på grønn innovasjon. Min forventning var at påstanden om at markedsbaserte virkemidler har positiv innovasjonseffekt ikke stemmer, men enten er kategorisk gal eller overforenklet og for generell. Innledningsvis i oppgaven presenterte jeg motstridende teoretiske argument og empiriske studier som ga sprikende indikasjoner om innovasjonseffektene av klimaavgifter, utslippskvoter, grønne sertifikater og feed-in tariffen. Disse markedsvirkemidlenes effekt på grønn innovasjon er så undersøkt ved bruk av tidsseriedata fra 33 OECD- og BRIICS-land for perioden 1990 til 2012. I analysen har jeg undersøkt innovasjonseffektene av markedsvirkemidlene både samlet og separat, holdt opp mot de alternative ikke-markedsbaserte virkemidlene direkte reguleringer og FoU-støtte. Av analysen kom det frem at feed-in tariffen ikke har noen effekt på grønn innovasjon og at grønne sertifikater faktisk ser ut til å kunne ha en negativ effekt. Derimot har både klimaavgifter og utslippskvoter positive innovasjonseffekter. Av disse funnene kan man utlede at de virkemidlene som har positive innovasjonseffekter, er de som er bredt innrettet mot å gi insentiver til grønn innovasjon generelt, mens de som er smalere innrettet og skal gi insentiver spesifikt til innovasjon knyttet til fornybar energi, ikke har denne positive effekten.

Resultatene fra analysen antyder dermed at påstanden om positiv effekt av markedsvirkemidler nettopp er for generell og overforenklet. Det er ikke grunnlag for å hevde at de generelt sett gir positiv effekt på grønn innovasjon, men det er heller ikke grunnlag for å si at de ikke evner å stimulere til slik innovasjon overhodet. Analysen indikerer heller at de forskjellige virkemidlene man finner innenfor kategorien markedsvirkemidler har helt ulike innovasjonseffekter, og at det å snakke om felles innovasjonseffekter av markedsbaserte virkemidler dermed er en lite hensiktsmessig generalisering. Ja, noen markedsbaserte virkemidler kan ha positiv innvirkning på grønn innovasjon, men dette gjelder ikke nødvendigvis alle, og heller ikke i alle tilfeller. Studien indikerer ikke bare at innovasjonseffektene av markedsvirkemidler vil variere mellom virkemidlene, innovasjonseffektene vil også kunne variere med stringensen i implementeringen. Analysen viser at selv de markedsvirkemidlene som har positiv effekt på grønn innovasjon, utslippskvoter og avgifter, kun har en slik effekt om kvoteprisen eller avgiftsnivået er høyt. Dette antyder at for at virkemidlene skal ha effekt, må den eksplisitte eller implisitte kostnaden de setter på klimagassutslipp eller annen klimafiendtlig aktivitet være høy.

Denne studiens funn bør utredes videre, da de potensielt har viktige implikasjoner for klimapolitikk på både nasjonalt og internasjonalt nivå. Selv om innovasjon ikke er hovedmålet, men heller å regne som en antatt bieffekt av mange klimapolitiske virkemidler, er det svært viktig å identifisere og forstå også slike bieffekter for å sikre et godt beslutningsgrunnlag i utformingen av klimapolitikk. Politiske beslutningstakere må vite hvilke effekter det er realistisk å forvente av virkemidlene og ikke, slik at man ikke bare kan velge de mest optimale virkemidlene, men også vite hvordan de bør suppleres og kombineres for å få effektive klimapolitiske virkemiddelpakker. Funnene fra denne studien antyder at en generell antakelse om positiv innovasjonseffekt av markedsvirkemidler ikke bør ligge til grunn for valg og prioriteringer i klimapolitikken, en kan ikke uten videre gå ut ifra at et markedsbasert virkemiddel også vil bidra med positive innovasjonseffekter. Studien indikerer at markedsvirkemidler spesielt vil være utilstrekkelige om målsettingen er innovasjon innenfor klimavennlig energi. Samtidig antyder resultatene at heller ikke ikke-markedsbaserte virkemidler evner å stimulere til denne typen innovasjon. I modellene som undersøker virkemidlers effekt på energirelatert grønn innovasjon, har faktisk ingen av virkemidlene signifikant, positiv effekt. Hva dette kan skyldes, bør granskes nærmere. Det kan tenkes at disse resultatene kommer av at denne studien ikke har gode nok data til å kunne avdekke effekter av virkemidlene. Det er også mulig å tenke seg at ingen klimapolitiske virkemidler egentlig har innvirkning på energirelatert grønn innovasjon. Eller kanskje har flere av dem innvirkning, men kun på inkrementell innovasjon. Virkemidlene stimulerer muligens kun til videreutvikling av eksisterende teknologi som kan gjøre fornybar energiproduksjon mer effektivt, men ikke til mer omfattende, radikal innovasjon.

Betydningen av stringens for virkemidlers innovasjonseffekter bør også undersøkes videre. Om det er slik at hverken klimaavgifter eller utslippskvoter generelt nødvendigvis er effektive for å stimulere til grønn innovasjon, men at høyt avgiftsnivå og kvotepris er nødvendig for en slik effekt, må dette tas med i betraktningen i utforming av avgifts- og kvotepolitikk på nasjonalt og regionalt nivå, men også om det en gang i fremtiden blir aktuelt med internasjonale forhandlinger om en global CO₂-skatt eller et globalt CO₂-kvotesystem, som flere har tatt til orde for.

Denne studien har bidratt til en mer presis og nyansert forståelse av markedsvirkemidlers effekter på grønn innovasjon. Slik innsikt i klimapolitiske virkemidlers innovasjonseffekter er særs tiltrengt, da utvikling av nye klimavennlige løsninger og teknologi vil være helt avgjørende for å kunne sikre de nødvendige kuttene i globale klimagassutslipp. Fremdeles er

det et betydelig kunnskapsbehov på dette feltet, det er ønskelig med nærmere utredninger av indikasjonene fra denne studien og videre undersøkelser av hvordan ulike virkemidler kan brukes for å stimulere til grønn innovasjon.

Litteraturliste

Achen, C. H. (2000). *Why lagged dependent variables can suppress the explanatory power of other independent variables*. Innlegg presentert ved Annual Meeting of the Political Methodology Section of the American Political Science Association, UCLA.

Alizamir, S., de Véricourt, F. & Sun, P. (2016). Efficient feed-in-tariff policies for renewable energy technologies. *Operations Research*, 64(1), 52-66. doi: 10.1287/opre.2015.1460

Ang, G., Rottgers, D. & Burli, P. (2017). The empirics of enabling investment and innovation in renewable energy. *OECD Environment Working Papers*, 123. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/67d221b8-en

Beck, N. (2001). Time-series cross-section data: What Have We Learned in the Past Few Years? *Annual Review of Political Science*, 4, 271-293.

Beck, N. & Katz, J. N. (2004). *Time-series-cross-section issues: dynamics, 2004*. Innlegg presentert ved Annual Meeting of the Society for Political Methodology, Stanford University.

Bergek, A. & Jacobsson, S. (2010). Are Tradable Green Certificates a cost-efficient policy driving technical change or a rent-generating machine? Lessons from Sweden 2003-2008. *Energy Policy*, 38(3), 1255-1271. doi: 10.1016/j.enpol.2009.11.001

Bertoldi, P. & Rezessy, S. (2006). Tradable Certificates for Energy Savings (White Certificates). Theory and Practice. *European Commission Directorate-General - Joint Research Centre, EUR 22196*. Hentet 30.01.19 fra http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC32865/2865-white_cert_report_final.pdf

Botta, E. & Kozluk, T. (2014). Measuring Environmental Policy Stringency in OECD Countries: A Composite Index Approach. *OECD Economics Department Working Papers*, 1177. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/5jxrjnc45gvg-en.

Bøhringer, C., Cuntz, A. N., Harhoff, D. & Asane-Otoo, E. (2014). The Impacts of Feed-In Tariffs on Innovation: Empirical Evidence from Germany. *CESifo Working Paper Series*, 4680. Hentet 15.04.19 fra https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2419859

Bøhringer, C., Cuntz, A. N., Harhoff, D. & Asane-Otoo, E. (2017). The impact of the German feed-in tariff scheme on innovation: Evidence based on patent filings in renewable energy technologies. *Energy Economics*, 67, 545-553. doi: 10.1016/j.eneco.2017.09.001.

Christiansen, A. C. (2001). Climate policy and dynamic efficiency gains - A case study on Norwegian CO₂-taxes and technological innovation in the petroleum sector. *Climate Policy*, 1(4), 499-515. doi: 10.3763/cpol.2001.0150To

Dahlman, C. J. (1979). The Problem of Externality. *The Journal of Law and Economics*, 22(1), 141-162. doi: 10.1086/466936

del Rio, P. & Bleda, M. (2012). Comparing the innovation effects of support schemes for renewable electricity technologies: A function of innovation approach. *Energy Policy*, 50, 272-282.

Driesen, D. M. (2003). Does Emissions Trading Encourage Innovation? *ELR NEWS & ANALYSIS*, 33, 10094-10108.

Drukker, D. M. (2003). Testing for serial correlation in linear panel-data models. *The Stata Journal*, 3(2), 168–177.

Egenhofer, C., Alessi, M., Georgiev, A. & Fujiwara, N. (2011). The EU Emissions Trading System and Climate Policy towards 2050: Real incentives to reduce emissions and drive innovation? *CEPS Special Reports*. Hentet 27.03.19 fra <https://ssrn.com/abstract=1756736>

Ekins, P. & Salmons, R. (2010). Environmental and eco-innovation: concepts, evidence and policies. *OECD's Joint Meetings of Tax and Environment Experts*. Hentet 04.11.18 fra [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=com/env/epoc/ctpa/cfa\(2009\)40/final](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=com/env/epoc/ctpa/cfa(2009)40/final)

Europakommisjonen (uten dato a). International carbon market. Hentet 09.01.19 fra https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/markets_en

Europakommisjonen (uten dato b). EU Emissions Trading System (EU ETS). Hentet 09.01.19 fra https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en

Frondel, M., Horback, J. & Rennings, K. (2006). End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions Across OECD Countries. *Business Strategy and the Environment*, 16(8), 571-584.

- Gagelman, F. & Frondel, M. (2005). The Impact of Emission Trading on Innovation – Science Fiction or Reality? *European Environment*, 15(4), 203 – 211.
- Groba, F. & Breitschopf, B. (2013) Impact of Renewable Energy Policy and Use on Innovation - A Literature Review. *Discussion Papers of DIW Berlin*, 1318. Hentet 04.03.19 fra https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.426553.de/dp1318.pdf
- Guo, Y., Xingneng, X., Zhang, S. & Zhang, D. (2018). Environmental Regulation, Government R&D Funding and Green Technology Innovation: Evidence from China Provincial Data. *Sustainability*, 10(4). doi: 10.3390/su10040940
- Hamdan-Livramento, I. & Raffo, J. (2016). What is an incremental but non-patentable invention? *WIPO, Economics and Statistics Division working paper*. Hentet 01.03.19 fra <https://www.oecd.org/sti/157%20-%20OECD%20Hamdan%20Raffo%202016%205092016.pdf>.
- Hascic, I., de Vries, F., Johnstone, N. & Medhi, N. (2009). Effects of Environmental Policy on the Type of Innovation: The Case of Automotive Emission-control Technologies. *OECD Journal: Economic Studies*, 1, 49-66. doi: 10.2139/ssrn.1523781
- Hicks, J. R. (1963). *The Theory of Wages*. London: Palgrave Macmillan. (Opprinnelig publisert 1932). doi: 10.1007/978-1-349-00189-7
- Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The Stata Journal*, 7(3), 281-312.
- Hoffmann, V. H. (2007). EU ETS and Investment Decisions: The Case of the German Electricity Industry. *European Management Journal*, 25(6), 464-474. doi: 10.1016/j.emj.2007.07.008
- Hojnik, J. & Ruzzier, M. (2016). What drives eco-innovation? A review of an emerging literature. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 19, 31-41. doi: 10.1016/j.eist.2015.09.006
- Inglehart, R., Haerpfer, C., Moreno, A., Welzel, C., Kizilova, K., Diez-Medrano, J., . . . Puranen, B. (2014). World Values Survey Wave 3 – Questionnaire. Hentet 28.03.19 fra <http://www.worldvaluessurvey.org/WVSDocumentationWV3.jsp>

Inglehart, R., Haerpfer, C., Moreno, A., Welzel, C., Kizilova, K., Diez-Medrano, J., . . . Puranen, B. (2018). World Values Survey: All Rounds - Country-Pooled Datafile Version. Hentet 28.03.19 fra <http://www.worldvaluessurvey.org/WVSDocumentationWVL.jsp>.

IPP (2013). Radical and incremental innovation. Hentet 09.03.19 fra <https://www.innovationpolicyplatform.org/content/radical-and-incremental-innovation>

Jaffe, A., Newell, R. & Stavins, R. (2005). A Tale of Two Market Failures Technology and Environmental Policy. *Ecological Economics*, 54 (2-3), 164-174. doi: 10.1016/j.ecolecon.2004.12.027

Jaffe, A. & Stavins, R. N. (1995). Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternative Policy Instruments on Technology Diffusion. *Journal of Environmental Economics and Management*, 29(3), 43-63.

Johnstone, N. & Hascic, I. (2008). Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Energy Source and Instrument Choice. *Environmental Policy, Technological Innovation and Patents*. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264046825-en

Johnstone, N., Hascic, I. & Kalamova, M. (2010). Environmental Policy Characteristics and Technological Innovation: Evidence from Patent Data. *OECD Environment Working Papers*, 16. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/5kmjstwtqwhd-en

Johnstone, N., Hascic, I. & Popp, D. (2010). Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts. *Environmental and Resource Economics*, 45(1), 133-155. doi: 10.1007/s10640-009-9309-1

Kete, N. (1994). Environmental policy instruments for market and mixed-market economies. *Utilities Policy*, 4(1), 5-18.

Klima- og forurensningsdirektoratet (2010). Utslippskvoter for klimagasser. Fakta om kvotesystemet for klimagasser. Hentet 09.02.19 fra http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2010/Juni/Utslippskvoter_for_klimagasser_Fakta_om_kvotesystemet_for_klimagasser/

Klima- og miljødepartementet (2017). Klimakvoter. Hentet 21.01.19 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimakvoter/id2076655/>

- Lanoie, P., Laurent-Lucchetti, J., Johnstone, N. & Abec, S. (2011). Environmental Policy, Innovation and Performance: New Insights on the Porter Hypothesis. *Journal of Economics & Management Strategy*, 20(3), 803-842.
- Lesser, J. A. & Su, X. (2008). Design of an economically efficient feed-in tariff structure for renewable energy development. *Energy Policy*, 36(3), 981–90.
- Marino, M., Lhuillery, S., Parrotta, P. & Sala, D. (2016). Additionality or crowding-out? An overall evaluation of public R&D subsidy on private R&D expenditure. *Research Policy*, 45(9), 1715-1730. doi: 10.1016/j.respol.2016.04.009
- McAusland, C. (2008). *Globalisation's Direct and Indirect Effects on the Environment*. Innlegg presentert ved Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World, Guadalajara, Mexico.
- Mehling, M. & Tvinnereim, E. (2018). Carbon pricing and the 1.5° C target: near-term decarbonisation and the importance of an instrument mix. *Carbon and Climate Law Review*, 12(1), 50-61.
- Mehmetoglu, M. & Jakobsen, T. G. (2017). *Applied Statistics Using Stata*. London: Sage
- Menanteau, P., Finon, D. & Lamy, M. (2003). Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy. *Energy Policy*, 31(8), 799-812. doi: 10.1016/S0301-4215(02)00133-7
- Mendonca, M., Jacobs, D. & Sovacool, B. K. (2009). *Powering the green economy: The feed-in tariff handbook*. Sterling: Earthscan
- Mickwitz, M., Hyvättinen, H. & Kivimaa, P. (2008). The role of policy instruments in the innovation and diffusion of environmentally friendlier technologies: popular claims versus case study experiences. *Journal of Cleaner Production*, 16(1), 162–170.
- Midttun, A. & Gautesen, K. (2007). Feed in or certificates, competition or complementarity? Combining a static efficiency and a dynamic innovation perspective on the greening of the energy industry. *Energy Policy*, 35(3), 1419-1422. doi: 10.1016/j.enpol.2006.04.008
- Miljødirektoratet (2017). Kvotesystemet. Hentet 04.02.19 fra <https://www.miljostatus.no/klimakvoter>

Newell, R. G. (2009). Literature Review of Recent Trends and Future Prospects for Innovation in Climate Change Mitigation. *OECD Environment Working Papers*, 9. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/19970900

OECD (uten dato a). OECD statistics. Hentet 05.10.18 fra <https://stats.oecd.org/>

OECD (uten dato b). Gross domestic product (GDP). Hentet 27.02.19 fra https://stats.oecd.org/OECDStat_Metadata/ShowMetadata.ashx?Dataset=SNA_TABLE1&Lang=en

OECD (2003a). Glossary of Statistical Terms –Externalities. Hentet 04.02.19 fra <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=3215>

OECD (2003b). *Voluntary Approaches for Environmental Policy - Effectiveness, Efficiency and Usage in Policy Mixes*. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264101784-en

OECD (2010). *Taxation, Innovation and the Environment*. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264087637-en

OECD (2011). Environmental Taxation - A Guide for Policy Makers. Hentet 04.02.019 fra <https://www.oecd.org/env/tools-evaluation/48164926.pdf>

OECD (2015). Patent search strategies for the identification of selected environment-related technologies (ENV-TECH). Hentet 06.10.18 fra [https://www.oecd.org/environment/consumption-innovation/ENV-tech%20search%20strategies,%20version%20for%20OECDstat%20\(2016\).pdf](https://www.oecd.org/environment/consumption-innovation/ENV-tech%20search%20strategies,%20version%20for%20OECDstat%20(2016).pdf)

OECD (2017). Dataset: Environmental Policy Stringency. Hentet 21.01.19 fra https://stats.oecd.org/OECDStat_Metadata/ShowMetadata.ashx?Dataset=EPS&Lang=en

OECD (2018). Dataset: Environment Database Technology diffusion. Hentet 17.02.19 fra https://stats.oecd.org/OECDStat_Metadata/ShowMetadata.ashx?Dataset=PAT_DIFF&Lang=en

OECD (2019). Patent counts by technology. Hentet 17.02.19 fra https://stats.oecd.org/OECDStat_Metadata/ShowMetadata.ashx?Dataset=PATS_IPC&Lang=en

- Park, H. M. (2011). Practical Guides To Panel Data Modeling: A Step by Step Analysis Using Stata. *Tutorial Working Paper, International University of Japan*. Hentet 06.11.18 fra https://www.iuj.ac.jp/faculty/kucc625/method/panel/panel_iuj.pdf
- Patt, A. (2015). *Transforming Energy: Solving Climate Change with Technology Policy (1. utgave)*. New York: Cambridge University Press
- Peters, M., Schneider M., Griesshaber T. & Hoffmann V. H. (2012). The impact of technology-push and demand-pull policies on technical change - Does the locus of policies matter? *Research Policy*, 41(8), 1296–1308.
- Pfeifer, S., Fabian, N., Davis, C. & Tracy, A. (2014). Why investors support a price on carbon. Hentet 10.10.18 fra <http://blogs.worldbank.org/climatechange/why-investors-support-price-carbon>
- Popp, D. (2003a). Pollution control innovations and the Clean Air Act of 1990. *Journal of Policy Analysis and Management*, 22(1), 641-660.
- Popp, D. (2003b). Lessons from Patents: Using Patents to Measure Technological Change in Environmental Models. *Ecological Economics*, 54(2), 209-226.
- Popp, D., Newell, R. G. & Jaffe, A. B. (2009). Energy, the Environment, and Technological Change. *NBER Working Paper*, 14832. Hentet 03.02.19 fra <https://www.nber.org/papers/w14832>
- Poruschi, L., Ambrey, C. L. & Smart, J. C. R. (2018). Revisiting feed-in tariffs in Australia: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(1), 260-270. doi: 10.1016/j.rser.2017.09.027
- Rave, T., Goetzke, F. & Larch, M. (2011). The Determinants of Environmental Innovations and Patenting: Germany Reconsidered. *IFO Working Paper*, 97. Hentet 15.04.19 fra <https://www.cesifo-group.de/DocDL/IfoWorkingPaper-97.pdf>
- REN21 (2018). Renewables 2018 Global Status Report. Hentet 05.02.19 fra <http://www.ren21.net/gsr-2018/>
- Rennings, K. (2000). Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, 32(2), 319-332. doi: 10.1016/S0921-8009(99)00112-3

- Ringel, M. (2006). Fostering the use of renewable energies in the European Union: the race between feed-in tariffs and green certificates. *Renewable Energy*, 31(1), 1-17. doi: 10.1016/j.renene.2005.03.015
- Rogge, K. S., Schneider, M. & Hoffmann, V. H. (2011). The innovation impact of the EU Emission Trading System - Finding of Company case studies in the German power sector. *Ecological Economics* 70, 513-523.
- Shafik, N. & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: time series and cross section evidence. *World Bank Working Papers for World Development Report 1992*. Hentet 15.04 19 fra <http://documents.worldbank.org/curated/en/833431468739515725/Economic-growth-and-environmental-quality-time-series-and-cross-country-evidence>
- Smith, K. H. (2005). Measuring innovation. I J. Fagerberg, D. Mowery & R. Nelson (Red.), *The Oxford Handbook of Innovation* (s. 148-177). New York: Oxford University Press.
- SSB (2013). Miljøavgifter – hva er det? Hentet 04.11.18 fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/miljoavgifter-hva-er-det>
- Stavins, R. N. (2003). Experience with market-based environmental policy instruments. I K. Mäler & J. R. Vincent (Red.), *Handbook of Environmental Economics* (s. 355-435). Elsevier.
- Tamas, M. M., Shrestha, B. & Zhoua, H. (2010). Feed-in tariff and tradable green certificate in oligopoly. *Energy Policy*, 38(8), 4040-4047. doi: 10.1016/j.enpol.2010.03.028
- Taylor, M. R. (2012). Innovation under cap-and-trade programs. *Sustainability Science*, 109(13), 4804–4809. doi: 10.1073/pnas.1113462109
- Taylor, M. S., Rubin, E. & Hounshell, D. (2005). Control of SO2 emissions from power plants: a case of induced technological innovation in the US. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(1), 697-718.
- UNFCCC (uten dato). Emissions trading. Hentet 21.01.19 fra <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading>
- UNFCCC (2015). Adoption of the Paris Agreement. Hentet 08.03.19 fra <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Wallsten, S. J. (2000). The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: The Case of the Small Business Innovation Research Program. *RAND Journal of Economics*, 31(1), 82-100.

Walz, R. (1999). Productivity effects of technology diffusion induced by an energy tax. *Energy & Environment*, 10, 169-180. doi: 10.1260/0958305991499342

Wettstad, J. (2017). Klimakvotene skjerpes: Hvorfor og hva så? Hentet 17.02.19 fra <https://energiogklima.no/kommentar/klimakvotene-skjerpes-hvorfor-og-hva-sa/>

Wettstad, J. & Gulbrandsen, L. H. (2018). Klimakvoter i global medvind – og motvind. Hentet 17.02.19 fra <https://energiogklima.no/kommentar/klimakvoter-i-global-medvind-og-motvind/>

World Bank (uten dato a). Pricing carbon. Hentet 14.11.18 fra <http://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon>

World Bank (uten dato b). World Development Indicators. Hentet 06.10.18 fra <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-development-indicators>

World Bank (2018a). Trade (% of GDP). Hentet 19.10.18 fra <https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS>

World Bank (2018b). Manufacturing, value added (% of GDP). Hentet 19.10.18 fra <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.ZS>

World Value Survey (uten dato). *World Values Survey - What we do*. Hentet 28.03.19 fra <http://www.worldvaluessurvey.org/WVSContents.jsp>


Wursten, J. (2017). XTCDF: Stata module to perform Pesaran's CD-test for cross-sectional dependence in panel context. Hentet 05.11.18 fra <https://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s458385.html>

Yang, J. (2018). Claim of priority to an earlier filed patent application. Hentet 01.03.19 fra <https://opatentlawyer.com/priority-claim-patent-application/>

Appendiks


Appendiks 1

Figur A1. Variabel for klimaavgifter, før og etter omkoding

Verdi	Antall	%		Verdi	Antall	%
0	30	4,08		0 (ikke innført)	---	---
0,25	16	2,17		1 (lav stringens)	276	37,50
0,5	45	6,11		2 (moderat stringens)	250	33,97
0,75	72	9,78		3 (høy stringens)	210	28,53
1	113	15,35				
1,25	141	19,16				
1,5	109	14,81				
1,75	49	6,66				
2	40	5,43				
2,25	29	3,94				
2,5	61	8,29				
2,75	20	2,72				
3	6	0,82				
3,5	1	0,14				
3,75	2	0,27				
4	2	0,27				


0-1=1
1,25-1,5=2
≥1,5=3

Figur A2. Variabel for utslippskvoter, før og etter omkoding

Verdi	Antall	%		Verdi	Antall	%
0	589	77,91		0 (ikke innført)	589	77,91
1	25	3,31		1 (lav stringens)	70	9,26
2	19	2,51		2 (moderat stringens)	27	3,57
3	26	3,44		3 (høy stringens)	70	9,26
4	27	3,57				
5	26	3,44				
6	44	5,82				


0=0
1-3=1
4=2
5-6=3

Figur A3. Variabel for grønne sertifikater, før og etter omkoding

Verdi	Antall	%		Verdi	Antall	%
0	658	86,69		0 (ikke innført)	658	86,69
1	22	2,90		1 (lav stringens)	22	2,90
2	30	3,95		2 (moderat stringens)	30	3,95
3	16	2,11		3 (høy stringens)	49	6,46
4	14	1,84				
5	9	1,19				
6	10	1,32				

0=0
1=1
2=2
≥3=3

Figur A4. Variabel for feed-in tariffer, før og etter omkoding

Verdi	Antall	%		Verdi	Antall	%
0	498	65,61		0 (ikke innført)	498	65,61
0,5	1	0,13		1 (lav stringens)	57	7,51
1	17	2,24		2 (moderat stringens)	94	12,38
1,5	8	1,05		3 (høy stringens)	110	14,49
2	31	4,08				
2,5	43	5,67				
3	24	3,16				
3,5	27	3,56				
4	43	5,67				
4,5	21	2,77				
5	16	2,11				
5,5	19	2,50				
6	11	1,45				

0=0
0,5-2=1
2,5-3,5=2
≥4=3

Figur A5. Variabel for reguleringer, før og etter omkodning

Verdi	Antall	%		Verdi	Antall	%
0	42	5,53	➔	0 (ikke innført)	42	5,53
0,25	49	6,46		1 (lav stringens)	311	40,97
0,5	53	6,98		2 (moderat stringens)	162	21,34
0,75	73	9,62		3 (høy stringens)	244	32,15
1	43	5,67				
1,25	93	12,25				
1,5	36	4,74				
1,75	65	8,56				
2	16	2,11				
2,25	28	3,69				
2,5	5	0,66				
2,75	12	1,58				
3	13	1,71				
3,5	7	0,92				
3,75	5	0,66				
4	26	3,43				
4,25	60	7,91				
4,5	69	9,09				
4,75	20	2,64				
5	15	1,98				
5,25	4	0,53				
5,5	5	0,66				
5,75	6	0,79				
6	2	0,26				

0=0
 0,25-1,25=1
 1,5-2,75=2
 ≥3=3

Figur A6. Variabel for FoU-støtte, før og etter omkodning

Verdi	Antall	%		Verdi	Antall	%
0	4	0,53	➔	0 (ikke innført)	---	---
1	380	50,07		1 (lav stringens)	384	50,59
2	233	30,70		2 (moderat stringens)	233	30,70
3	46	6,06		3 (høy stringens)	142	18,71
4	48	6,32				
5	32	4,22				
6	16	2,11				

0-1=1
 2=2
 ≥3=3

Appendiks 2

Tabell A1. Tabell 3 med kategori 2 som referansekategori for reguleringer

Variabler	Modell 1	Modell 2	Modell 3
Grønn innovasjon (t-1)	0,702*** (0,0622)	0,675*** (0,0642)	0,674*** (0,0641)
Markedsstringens (t-1)	-0,0231 (0,100)	-0,0406 (0,0992)	-0,0684 (0,110)
Reguleringer, kategori 0 (t-1)		1,287** (0,492)	1,382** (0,490)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)		0,201 (0,223)	0,199 (0,221)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)		0,147 (0,179)	0,151 (0,177)
FoU, kategori 2 (t-1)			0,232 (0,177)
FoU, kategori 3 (t-1)			0,312 (0,195)
BNP-vekst (t-1)	0,0304 (0,0226)	0,0361* (0,0201)	0,0363* (0,0197)
Sekundær (t-1)	-0,0424 (0,0370)	-0,0718* (0,0398)	-0,0757* (0,0426)
Globalisering (t-1)	0,00335 (0,00808)	0,00318 (0,00812)	0,00107 (0,00794)
Konstant	2,994*** (0,752)	4,704*** (0,956)	4,886*** (1,000)
Antall observasjoner	583	583	583
Antall land	33	33	33
Within R2	0,7830	0,7871	0,7878

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

Appendiks 3

Tabell A2. Tabell 5 med kategori 1 som referansekategori for grønne sertifikater

Variabler	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Energiinnovasjon	0,823*** (0,0570)	0,819*** (0,0620)	0,812*** (0,0673)	0,812*** (0,0644)
Grønne sertifikater, kategori 0 (t-1)	0,127 (0,155)	0,112 (0,136)	0,0585 (0,156)	0,0514 (0,153)
Grønne sertifikater, kategori 2 (t-1)	-0,133 (0,109)	-0,159 (0,0936)	-0,238* (0,116)	-0,248** (0,112)
Grønne sertifikater, kategori 3 (t-1)	-0,405*** (0,120)	-0,404*** (0,0977)	-0,522*** (0,131)	-0,529*** (0,138)
FiT, kategori 1 (t-1)	0,0178 (0,0782)	0,0792 (0,0730)	0,0551 (0,0625)	0,0630 (0,0607)
FiT, kategori 2 (t-1)	-0,118 (0,122)	-0,0826 (0,117)	-0,0730 (0,125)	-0,0696 (0,123)
FiT, kategori 3 (t-1)	-0,332* (0,172)	-0,300* (0,164)	-0,323* (0,175)	-0,311 (0,192)
Avgift, kategori 2 (t-1)		0,0377 (0,0853)	0,0462 (0,0863)	0,0467 (0,0893)
Avgift, kategori 3 (t-1)		0,0667 (0,0987)	0,0677 (0,0940)	0,0716 (0,0923)
Utslippskvoter, kategori 1 (t-1)		-0,0698 (0,110)	-0,147 (0,0953)	-0,145 (0,0912)
Utslippskvoter, kategori 2 (t-1)		0,227 (0,151)	0,143 (0,153)	0,148 (0,148)
Utslippskvoter, kategori 3 (t-1)		0,170 (0,191)	0,0619 (0,185)	0,0625 (0,176)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)			-0,332 (0,225)	-0,324 (0,208)
Reguleringer, kategori 2 (t-1)			-0,270 (0,299)	-0,259 (0,271)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)			-0,0724 (0,356)	-0,0597 (0,333)
FoU, kategori 2 (t-1)				-0,0303 (0,164)
FoU, kategori 3 (t-1)				0,0268 (0,129)
BNP-vekst (t-1)	0,0371* (0,0205)	0,0390* (0,0191)	0,0436** (0,0176)	0,0430** (0,0172)
Sekundær (t-1)	-0,0627*** (0,0195)	-0,0625*** (0,0213)	-0,0761*** (0,0259)	-0,0785*** (0,0270)
Globalisering (t-1)	0,00128 (0,00408)	0,000889 (0,00360)	0,00185 (0,00354)	0,00215 (0,00366)
Konstant	1,122** (0,432)	1,118** (0,441)	1,582** (0,651)	1,609** (0,649)

Antall observasjoner	581	581	581	581
Antall land	33	33	33	33
Within R2	0,8729	0,8737	0,8749	0,8750

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

Appendiks 4

Klimaholdningsvariabelen er konstruert med data fra World Value Survey (Inglehart et al., 2018). Variabelen er basert på spørsmålet “Here are two statements people sometimes make when discussing the environment and economic growth. Which of them comes closer to your own point of view?”. Svarkategoriene var de følgende: “1. Protecting the environment should be given priority, even if it causes slower economic growth and some loss of jobs”, og: “2. Economic growth and creating jobs should be the top priority, even if the environment suffers to some extent” (Inglehart et al., 2014). Dette spørsmålet ansees som spesielt egnet for å måle klimaholdninger i denne konteksten, ettersom spørsmålet måler holdninger spesifikt med tanke på avveiningen mellom klima og økonomi og økonomisk vekst. Dermed kan dette spørsmålet tenkes å fange opp ikke bare hvor klimavennlig innstilt befolkningen er, men også om de vil være interessert i klimavennlige produkter og tjenester selv om disse vil kunne være dyrere.

Variabelen er kodet som en dummy, den får verdien 1 om over 50 % av befolkningen i et land velger svaralternativ 1, som kan ansees som det klimavennlige svaret, og verdien 0 om under 50 % velger dette alternativet. Å gå fra 0 til 1 på denne variabelen kan dermed sies å representere det å gå fra å ikke ha en befolkning med spesielt klimavennlige holdninger, til å ha det.

Figur A7. Deskriptiv statistikk for klimaholdningsvariabelen

	N	Antall 0	Antall 1
Klimaholdninger	497	153 (30,78 %)	344 (69,22%)

Som nevnt har denne variabelen flere svakheter og er kun inkludert som et forslag til en begynnelse i arbeidet med å konstruere en klimaholdningsvariabel. Et av problemene med variabelen er for eksempel at den kun baserer seg på ett spørsmål, som kan gjøre den dårlig

egnet til å fange opp et komplekst, sammensatt fenomen som klimaholdninger. I en eventuell videreutvikling av variabelen bør en indeks vurderes, et sammensatt mål som kombinerer flere spørsmål relatert til miljø og klimaendringer. Dette vil også kunne bidra til å minimere problemet med manglende observasjoner, som er et betydelig problem for denne klimaholdningsvariabelen. I World Value Survey finnes det nemlig ingen spørsmål knyttet til klima og miljø som blir stilt i samtlige land, samtlige år, heller ikke spørsmålet som er brukt for å konstruere denne variabelen. Dette gjør at klimaholdningsdummyen har et stort antall manglende observasjoner, totalt 262. Mange land mangler verdier for enkelte år, mens landene Belgia, Danmark, Hellas Irland, Portugal og Østerrike mangler data fullstendig for variabelen. Om man bruker et større antall variabler for å lage et sammensatt mål, vil man kunne bli kvitt deler av dette problemet.

I tabellene A4 og A5 under er tabell 4 og 5 fra studiens analyse utvidet med en femte modell som inkluderer klimaholdningsdummyen som en kontrollvariabel. Variabelen har positivt fortegn i tråd med forventningene, men den er ikke signifikant, som ikke er å anse som spesielt overraskende ettersom variabelen har de svakhetene som forklart. Man kan også se at både signifikansnivå og fortegn for flere av de andre variablene endres fra modell 4 til modell 5. For eksempel er FoU-variabelen signifikant i modell 5 i begge tabeller, og i modell 5 i tabell A4 får klimaavgifter og kvoter ikke lenger signifikant positiv effekt i kategori 3, som de gjør i modell 4. Dette kan tyde på at den estimerte innovasjonseffekten av virkemidlene endres når man kontrollerer for effekten av klimaholdninger på innovasjon. Imidlertid ser man også at det er stor forskjell i antallet observasjoner i modell 5 sammenlignet med modellene 1 til 4 i begge tabellene. Dette skyldes at klimaholdningsvariabelen som nevnt mangler mye data. En slik betydelig forskjell i utvalget kan påvirke estimatene, og jeg har derfor testet modell 4 fra begge tabellene med samme utvalg som for modell 5, for bedre og mer presist kunne sammenligne estimatene for virkemidlene med og uten kontroll for klimaholdninger.

I tabell A6 og A7 under kan man se at modell 4 og 5 fra begge tabellene blir svært like når de har like utvalg, estimatene for modell 4 endres og er nå i tråd med de fra modell 5. Dette tyder på at det som gjør estimatene fra modell 5 i tabell A4 og A5 annerledes enn de fra modell 4 i disse tabellene, altså ikke først og fremst er at holdningsvariabelen kontrollerer for effekten av klimaholdninger, men heller at inkluderingen av denne variabelen reduserer utvalget.

At klimaholdningsvariabelen reduserer utvalget i så stor grad er et problem som gjør det vanskelig å ut i fra disse modellene kunne si noe meningsfylt om hvordan klimaholdninger

påvirker innovasjon og hvordan kontroll for denne effekten av holdninger påvirker estimatene for virkemidlene. Dette er fordi modellene med klimaholdningsvariabelen inkludert blir for store og komplekse i forhold til antallet observasjoner, man legger til enda en variabel i en allerede stor modell, og samtidig fjernes en betydelig andel av utvalget. En for kompleks modell med mange variabler og for få observasjoner vil gi lite presise og robuste resultater. Det er derfor nødvendig å arbeide med å utvikle et bedre mål for klimaholdninger med hele data for et større utvalg land, for slik å kunne belyse klimaholdningers effekt på grønn innovasjon og kontrollere for denne effekten i undersøkelser av innovasjonseffekter av klimapolitiske virkemidler.

Tabell A4. Tabell 4 utvidet med en femte modell som også inkluderer klimaholdningsvariabelen

Variabler	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
Grønn innovasjon (t-1)	0,693*** (0,0626)	0,680*** (0,0634)	0,658*** (0,0644)	0,657*** (0,0637)	0,695*** (0,0529)
Avgift, kategori 2 (t-1)	0,0350 (0,116)	0,0629 (0,114)	0,0492 (0,122)	0,0220 (0,119)	-0,203* (0,109)
Avgift, kategori 3 (t-1)	0,315** (0,129)	0,332** (0,136)	0,361** (0,140)	0,339** (0,135)	-0,128 (0,165)
Utslippskvoter, kategori 1 (t-1)		-0,00521 (0,210)	-0,103 (0,199)	-0,130 (0,204)	-0,165 (0,201)
Utslippskvoter, kategori 2 (t-1)		0,706* (0,371)	0,595 (0,390)	0,567 (0,381)	0,338 (0,290)
Utslippskvoter, kategori 3 (t-1)		0,677*** (0,229)	0,543** (0,235)	0,519** (0,236)	0,0710 (0,209)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)			-1,016*** (0,292)	-1,097*** (0,309)	-1,299*** (0,354)
Reguleringer, kategori 2 (t-1)			-1,222** (0,473)	-1,303** (0,480)	-1,595*** (0,466)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)			-1,155** (0,462)	-1,233** (0,458)	-1,364*** (0,478)
FoU, kategori 2 (t-1)				0,182 (0,161)	0,834*** (0,174)
FoU, kategori 3 (t-1)				0,270 (0,196)	0,749*** (0,219)
BNP-vekst (t-1)	0,0318 (0,0216)	0,0377* (0,0208)	0,0405** (0,0194)	0,0400** (0,0191)	0,0572* (0,0298)
Sekundær (t-1)	-0,0463 (0,0390)	-0,0386 (0,0453)	-0,0686 (0,0496)	-0,0733 (0,0528)	-0,139*** (0,0463)
Globalisering (t-1)	0,00185 (0,00809)	0,000965 (0,00807)	0,000784 (0,00807)	-0,000847 (0,00818)	0,00960 (0,00607)
Klimaholdninger (t-1)					0,00582 (0,111)
Konstant	3,175***	3,137***	4,782***	4,959***	5,403***

	(0,739)	(0,799)	(1,010)	(1,084)	(1,000)
Antall observasjoner	583	583	583	583	367
Antall land	33	33	33	33	26
Within R2	0,7843	0,7882	0,7915	0,7920	0,8328

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

Tabell A5. Tabell 5 utvidet med en femte modell som også inkluderer klimaholdningsvariabelen

Variabler	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
Energiinnovasjon	0,823*** (0,0570)	0,819*** (0,0620)	0,812*** (0,0673)	0,812*** (0,0644)	0,801*** (0,0487)
Grønne sertifikater, kategori 1 (t-1)	-0,127 (0,155)	-0,112 (0,136)	-0,0585 (0,156)	-0,0514 (0,153)	-0,0618 (0,0698)
Grønne sertifikater, kategori 2 (t-1)	-0,261** (0,0924)	-0,271*** (0,0864)	-0,296** (0,107)	-0,299** (0,109)	-0,0707 (0,0978)
Grønne sertifikater, kategori 3 (t-1)	-0,532*** (0,117)	-0,515*** (0,126)	-0,581*** (0,152)	-0,581*** (0,152)	0,0241 (0,178)
FiT, kategori 1 (t-1)	0,0178 (0,0782)	0,0792 (0,0730)	0,0551 (0,0625)	0,0630 (0,0607)	-0,00771 (0,178)
FiT, kategori 2 (t-1)	-0,118 (0,122)	-0,0826 (0,117)	-0,0730 (0,125)	-0,0696 (0,123)	-0,0554 (0,163)
FiT, kategori 3 (t-1)	-0,332* (0,172)	-0,300* (0,164)	-0,323* (0,175)	-0,311 (0,192)	-0,140 (0,115)
Avgift, kategori 2 (t-1)		0,0377 (0,0853)	0,0462 (0,0863)	0,0467 (0,0893)	-0,0894 (0,0954)
Avgift, kategori 3 (t-1)		0,0667 (0,0987)	0,0677 (0,0940)	0,0716 (0,0923)	-0,184* (0,0934)
Utslippskvoter, kategori 1 (t-1)		-0,0698 (0,110)	-0,147 (0,0953)	-0,145 (0,0912)	0,0607 (0,0579)
Utslippskvoter, kategori 2 (t-1)		0,227 (0,151)	0,143 (0,153)	0,148 (0,148)	0,291 (0,188)
Utslippskvoter, kategori 3 (t-1)		0,170 (0,191)	0,0619 (0,185)	0,0625 (0,176)	0,363* (0,205)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)			-0,332 (0,225)	-0,324 (0,208)	-0,484* (0,240)
Reguleringer, kategori 2 (t-1)			-0,270 (0,299)	-0,259 (0,271)	-0,573 (0,355)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)			-0,0724 (0,356)	-0,0597 (0,333)	-0,581 (0,383)
FoU, kategori 2 (t-1)				-0,0303 (0,164)	0,292*** (0,102)
FoU, kategori 3 (t-1)				0,0268 (0,129)	0,380** (0,136)

BNP-vekst (t-1)	0,0371*	0,0390*	0,0436**	0,0430**	0,0335**
	(0,0205)	(0,0191)	(0,0176)	(0,0172)	(0,0152)
Sekundær (t-1)	-0,0627***	-0,0625***	-0,0761***	-0,0785***	-0,0926**
	(0,0195)	(0,0213)	(0,0259)	(0,0270)	(0,0329)
Globalisering (t-1)	0,00128	0,000889	0,00185	0,00215	0,00176
	(0,00408)	(0,00360)	(0,00354)	(0,00366)	(0,00340)
Klimaholdninger (t-1)					0,0216
					(0,0602)
Konstant	1,122**	1,118**	1,582**	1,609**	1,951**
	(0,432)	(0,441)	(0,651)	(0,649)	(0,777)
Antall observasjoner	581	581	581	581	367
Antall land	33	33	33	33	26
Within R2	0,8729	0,8737	0,8749	0,8750	0,8926

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

Tabell A6. Modell 4 og 5 fra tabell A4, med likt utvalg

Variabler	Modell 4	Modell 5
Grønn innovasjon (t-1)	0,695***	0,695***
	(0,0527)	(0,0529)
Avgift, kategori 2 (t-1)	-0,204*	-0,203*
	(0,109)	(0,109)
Avgift, kategori 3 (t-1)	-0,130	-0,128
	(0,175)	(0,165)
Utslippskvoter, kategori 1 (t-1)	-0,165	-0,165
	(0,203)	(0,201)
Utslippskvoter, kategori 2 (t-1)	0,338	0,338
	(0,290)	(0,290)
Utslippskvoter, kategori 3 (t-1)	0,0727	0,0710
	(0,211)	(0,209)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)	-1,297***	-1,299***
	(0,366)	(0,354)
Reguleringer, kategori 2 (t-1)	-1,595***	-1,595***
	(0,467)	(0,466)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)	-1,365***	-1,364***
	(0,474)	(0,478)
FoU, kategori 2 (t-1)	0,833***	0,834***
	(0,173)	(0,174)
FoU, kategori 3 (t-1)	0,748***	0,749***
	(0,224)	(0,219)
BNP-vekst (t-1)	0,0572*	0,0572*
	(0,0299)	(0,0298)
Sekundær (t-1)	-0,139***	-0,139***
	(0,0474)	(0,0463)
Globalisering (t-1)	0,00957	0,00960
	(0,00591)	(0,00607)

Klimaholdninger (t-1)		0,00582 (0,111)
Konstant	5,399*** (1,032)	5,403*** (1,000)
Antall observasjoner	367	367
Antall land	26	26
Within R2	0,8328	0,8328

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

Tabell A7. Modell 4 og 5 fra tabell A5, med likt utvalg

Variabler	Modell 4	Modell 5
Energiinnovasjon	0,802*** (0,0494)	0,801*** (0,0487)
Grønne sertifikater, kategori 1 (t-1)	-0,0627 (0,0699)	-0,0618 (0,0698)
Grønne sertifikater, kategori 2 (t-1)	-0,0773 (0,103)	-0,0707 (0,0978)
Grønne sertifikater, kategori 3 (t-1)	0,0245 (0,180)	0,0241 (0,178)
FiT, kategori 1 (t-1)	-0,00951 (0,179)	-0,00771 (0,178)
FiT, kategori 2 (t-1)	-0,0505 (0,157)	-0,0554 (0,163)
FiT, kategori 3 (t-1)	-0,144 (0,115)	-0,140 (0,115)
Avgift, kategori 2 (t-1)	-0,0969 (0,0971)	-0,0894 (0,0954)
Avgift, kategori 3 (t-1)	-0,192** (0,0893)	-0,184* (0,0934)
Utslippskvoter, kategori 1 (t-1)	0,0560 (0,0564)	0,0607 (0,0579)
Utslippskvoter, kategori 2 (t-1)	0,286 (0,187)	0,291 (0,188)
Utslippskvoter, kategori 3 (t-1)	0,358* (0,207)	0,363* (0,205)
Reguleringer, kategori 1 (t-1)	-0,478* (0,244)	-0,484* (0,240)
Reguleringer, kategori 2 (t-1)	-0,572 (0,357)	-0,573 (0,355)
Reguleringer, kategori 3 (t-1)	-0,581 (0,387)	-0,581 (0,383)
FoU, kategori 2 (t-1)	0,290** (0,103)	0,292*** (0,102)

FoU, kategori 3 (t-1)	0,377** (0,138)	0,380** (0,136)
BNP-vekst (t-1)	0,0337** (0,0150)	0,0335** (0,0152)
Sekundær (t-1)	-0,0917** (0,0333)	-0,0926** (0,0329)
Globalisering (t-1)	0,00172 (0,00333)	0,00176 (0,00340)
Klimaholdninger (t-1)		0,0216 (0,0602)
Konstant	1,940** (0,783)	1,951** (0,777)
Antall observasjoner	367	367
Antall land	26	26
Within R2	0,8926	0,8926

Standardfeil i parenteser

*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

(t-1) = lagget et år

Samtlige modeller inkluderer årsummyer

