

Drivstoffeffektivisering – fører det til mindre bruk av olje?

Finn Roar Aune, Ann Christin Bøeng,
Snorre Kverndokk, Lars Lindholt
og Knut Einar Rosendahl

I flere land i verden innfører myndighetene drivstoffeffektivisering i transportsektoren som en sentral del av sin energi- og klimapolitikk. I utgangspunktet fører effektivisering til mindre bruk av drivstoff. Ved analyser av en langsiktig global modell for oljemarkedet finner vi imidlertid at bruken av drivstoff ikke synker nevneverdig, fordi effektiviseringen gir billigere drivstoff og dermed økt bruk av bil, båt og fly. I tillegg blir de fremtidige oljeprisene lavere og dermed får vi også en relativt kraftig økning i forbruket av olje i regioner som ikke innfører effektiviseringstiltak.

Innledning¹

I flere tiår har politikere i mange OECD-land av ulike grunner forsøkt å begrense det innenlandske oljeforbruket. Denne begrensningen skyldes blant annet at olje er en ikke-fornybar ressurs og det har ført til uro over fremtidig produksjon og dermed konsummuligheter. Videre har det oppstått bekymring for forsynings-sikkerheten siden de fleste oljereserver finnes i noen få OPEC-land i Midt-Østen. I tillegg er de fleste OECD-land oljeimportører og har dermed store importutgifter. Forbrenning av olje fører også til CO₂-utslipp, noe som bidrar til raskere klimaendringer.

Transportsektoren er spesielt viktig når en skal studere energieffektivisering og dens virkninger i oljemarkedet. Sektoren står i dag for over halvparten av verdens oljeforbruk, og andelen forventes å øke noe i årene fremover (IEA, 2014). Ifølge FNs klimapanel (Sims et al., 2014) er det i den globale transportsektoren et potensiale for energieffektivisering på opp til 50 prosent i 2030 sammenlignet med 2010 (målt i liter per mil).

Et av de viktigste virkemidlene for å redusere oljeforbruket i de fleste OECD-land har vært innføring av standarder for effektiv drivstoffbruk for nye biler. USA innførte slike standarder i 1975 og Japan fulgte etter i 1979. I EU ble obligatoriske krav til nye biler innført i 2007. Standarder for drivstoffeffektivitet har også blitt innført i land som Kina, Canada, Australia og Korea (IEA, 2008). Andre tiltak for å redusere oljeforbruket, som for eksempel drivstoffavgifter og støtte til bruk av biodrivstoff har også blitt innført i varierende grad. Mange land har også ambisiøse fremtidige målsettinger om å øke drivstoffeffektiviteten. En av årsakene kan

være at det ser ut til å være lettere politisk å innføre standarder for drivstoffeffektivitet enn for eksempel å pålegge avgifter som kan gå utover grupper med relativt lav inntekt (Kverndokk og Rose, 2008).

I denne artikkelen benytter vi en global modell for oljemarkedet for å studere ulike effekter av økt drivstoffeffektivisering i transportsektoren. I utgangspunktet fører effektivisering til mindre bruk av drivstoff. Likevel kan dette ha andre effekter slik at reduksjonen i forbruket av drivstoff ikke blir så stor som den var i utgangspunktet. En effekt følger av at energitjenester (f.eks. antall kjørte kilometer) blir billigere, fordi mindre energi er nødvendig for å produsere den samme tjenesten. I tillegg blir de fremtidige oljeprisene lavere og dette fører til høyere forbruk av drivstoff i transportsektoren, men også til en viss grad høyere oljeforbruk i andre sektorer i de regionene hvor politikken blir innført (såkalte rebound-effekter, se f.eks. Saunders, 2015). Således kan energibruken isolert sett øke og helt eller delvis motvirke den innledende reduksjon i energiforbruket. Ifølge Gillingham et al. (2014) vil likevel slike effekter i de fleste tilfeller være betydelig lavere enn 100 prosent, slik at totalt forbruk likevel går ned.

En annen effekt er at redusert etterspørsel etter olje i en bestemt sektor eller et bestemt land kan føre til lavere oljepris og dermed høyere oljeforbruk i andre sektorer

Finn Roar Aune er seniorrådgiver i Gruppe for energi- og miljøøkonomi, Statistisk sentralbyrå (fau@ssb.no)

Ann Christin Bøeng er seniorrådgiver i Seksjon for energi- og miljøstatistikk, Statistisk sentralbyrå (abg@ssb.no)

Snorre Kverndokk er seniorforsker ved Stiftelsen Frischsenteret for samfunnsøkonomisk forskning (snorre.kverndokk@frisch.uio.no)

Lars Lindholt er forsker i Gruppe for energi- og miljøøkonomi, Statistisk sentralbyrå (lli@ssb.no)

Knut Einar Rosendahl er professor ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (knut.einar.rosendahl@nmbu.no)

¹ Prosjektet er finansiert av CREE, PETROSAM 2-programmet innenfor Norges forskningsråd og ENTRACTE-prosjektet finansiert av EU. Under arbeidet har forfatterne også vært assosiert med forsknings-senteret CREE – Oslo Center for Research on Environmentally Friendly Energy. CREE er finansiert av Norges forskningsråd.

eller andre land som ikke innfører effektiviseringstiltak (såkalt karbonlekkasje, se f.eks. Böhringer et al., 2014). En tredje effekt er at produsentene av fossil energi kan finne det lønnsomt å akselerere utvinningen hvis de antar at etterspørselen i fremtiden blir lavere på grunn av gradvise forbedringer i drivstoffeffektivitet (dette kalles «det grønne paradoks» siden grønn politikk fører til økt forbruk, se f.eks. van der Ploeg og Withagen, 2012).

Det finnes mange studier som ser på regulering av transportsektoren, men de fokuserer ofte bare på etterspørselssiden (se f.eks. West og Williams, 2005 og 2007). De beregner ofte hvilke drivstoffavgifter som må til for å oppfylle visse mål for bensinforbruket. Vårt bidrag er derfor at vi ser på hvordan drivstoffeffektivisering påvirker både tilbud og etterspørsel etter olje.

Modellbeskrivelse

Vi benytter en numerisk global modell som har syv regioner: Vest-Europa, USA, Resten av OECD, Kina, Russland, OPEC og Resten av verden. På tilbudssiden er OPEC delt inn i OPEC-kjernen (Saudi-Arabia, Kuwait, De forente arabiske emirater og Qatar) og ikke-kjerne-OPEC. Hver region forbruker olje, naturgass, elektrisitet, kull, biomasse og biodrivstoff. Vi fokuserer på olje i denne artikkelen. Modellen skiller mellom sju sluttbrukere: Industri, husholdning, kraftforsyning, vei og jernbanetransport, innenriks/internasjonalt luftfart og innenriks sjøfart, internasjonal sjøfart, og andre sektorer. Tidsperiodene i modellen er år og den starter i 2007 (for en mer detaljert modellbeskrivelse, se Aune et al., 2015).

Etterspørsel

I hver region og sektor er det etterspørsel etter energi. Vi antar at prisen på samlet energi i en sektor i en region er avhengig av prisene på de ulike energivarene. Den langsiktige etterspørselen etter samlet energi i en sektor/region er bestemt av befolkningsvekst, inntekt per innbygger, prisen på samlet energi og energieffektivisering. Energibehovet i 2035 i ulike regioner/sektorer er antatt å være i samsvar med New Policy Scenario i IEA (2013). IEA forventer en årlig forbedring i energieffektiviteten globalt i dette scenariet på 1,6 prosent. I våre politikkscenarier forventes det en ytterligere forbedring av drivstoffeffektiviteten i transportsektoren (se Tabell 1).

Olje kjøpes til regionale sluttbrukerpriser. Disse prisene inkluderer kostnader til transport, distribusjon og raffinering i tillegg til eksisterende skatter/subsidier. Etterspørselen etter olje i en sektor og region øker dersom oljeprisen faller. Andelen olje som brukes i transportsektoren forventes å avta i løpet av dette århundret og vi justerer denne i tråd med IEA (2013) og IPCC (2014).

Oljetilbud

Det globale oljemarkedet er i likevekt i hver periode, dvs. total oljetilbud fra alle regioner tilsvarer den samlede etterspørselen i alle regioner. Et hovedtrekk ved

modellen er at oljeprodusentene har perfekte forventninger og maksimerer nåverdien av sine innteksstrømmer over tid. Dette er viktig fordi olje er en ikke-fornybar ressurs, noe som innebærer at utvinningstakten i dag påvirker produksjonsmulighetene i fremtiden. Produsentene vil derfor forsøke å utvinne sine ressurser i et slikt tempo at det gir størst mulig forventet petroleumsformue (nåverdien av framtidig profitt). Tilbudet i hver periode avhenger dermed av markedsforholdene i alle perioder. Dette har vesentlig betydning for hvordan innføring av drivstoffeffektivisering slår ut.

Det er lite konsensus i litteraturen om OPECs atferd i oljemarkedet, bortsett fra at de fleste studier forkaster hypotesen om frikonkurransetferd (se f.eks. Hansen og Lindholt, 2008). For å kunne analysere betydningen av markedsrett er det internasjonale oljemarkedet modellert som et marked med et kartell (tilsvarende OPEC-kjernen) og syv frikonkurranseprodusenter (dvs. ikke-OPEC regioner pluss ikke-kjerne-OPEC). Frikonkurranseprodusentene vurderer oljeprisen som gitt, mens kartellet anser prisen som en funksjon av sitt tilbud.

Enhetskostnadene til produsentene antas å øke etter hvert som oljeressursene tappes, dvs. når akkumulert produksjon vokser (se f.eks. Lindholt, 2015). Dette reflekterer at ressursene er ulikt tilgjengelig og at det er lønnsomt å utvinne de billigste feltene først. Oljeprodusentene vil dermed la være å produsere i dag med mindre de får en ekstra profitt. Det har imidlertid vist seg at kostnadene i perioder har blitt betydelig redusert i mange regioner, samtidig som nye ressurser oppdages. Vi forutsetter derfor at det er en teknologisk fremgang i utvinningen av olje, som er uavhengig av utvinningstempoet.

Vi antar at produksjonen til frikonkurranseprodusentene ligger relativt fast til å begynne med, men at de har større mulighet til å endre utvinningstakten etter hvert.. En slik manglende fleksibilitet er ikke modellert for kjernen av OPEC-produsenter som generelt har mer ledig kapasitet og lavere kapitalkostnader.

Effekten av økt drivstoffeffektivitet Politikkscenarier

Vi ser på to politikkscenarier med forbedret drivstoffeffektivitet i transportsektorene, se Tabell 1. Disse

Tabell 1. **Scenarier med forbedret energieffektivitet**

Scenario navn	Scenario beskrivelse
Referansescenario	Følger New Policy Scenario i IEA (2013) til 2035. En gradvis nedgang i veksten i etterspørselen etter olje etterpå
Global	50 prosent forbedring i drivstoffeffektivitet i alle transportsektorer i alle regioner
Region	50 prosent forbedring i drivstoffeffektivitet i alle transportsektorer i USA, 40 prosent forbedring i drivstoffeffektivitet i Kina, 30 prosent forbedring i drivstoffeffektivitet i andre OECD-regioner, ingen forbedring i de tre siste regionene

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

forbedringene kan f.eks. være drevet av strengere standarder for drivstoffbruk for nye biler, skip og fly, eller andre tiltak som stimulerer drivstoffeffektiviteten. Referansebanen innebærer i seg selv betydelige effektivitetsforbedringer i alle sektorer, slik at drivstoffeffektiviseringene i politikkscenariene kommer i tillegg til disse. Merk at effektivitetsforbedringene antas å gjelde for alle typer energi som brukes i transportsektoren, blant annet biodrivstoff og elektrisitet. Dermed bør drivstoffeffektivisering strengt tatt tolkes som generell energieffektivisering i transportsektoren.

Det første politikkscenariet forutsetter 50 prosent forbedring i drivstoffeffektiviteten i alle transportsektorer og alle regioner i forhold til referansebanen. Denne forbedringen finner gradvis sted mot 2050. Siden det er en betydelig effektivisering selv i referansebanen, vil ytterligere 50 prosent forbedring trolig enten kreve vesentlige politikktiltak eller mye sterkere teknologisk vekst enn forventet i løpet av de neste tiårene. Dette er helt klart ambisiøst, men ifølge IPCC (Sims et al., 2014) er det et potensiale for forbedringer av denne størrelsesorden.

Det andre politikkscenariet tar utgangspunkt i at potensialet for ytterligere drivstoffeffektivisering er forskjellig i ulike regioner. Vi ser på et scenario med 50, 40 og 30 prosent effektivisering i henholdsvis USA, Kina, og Vest-Europa og resten av OECD. I andre regioner er det ikke forutsatt ytterligere forbedringer utover det som gjelder i referansebanen.

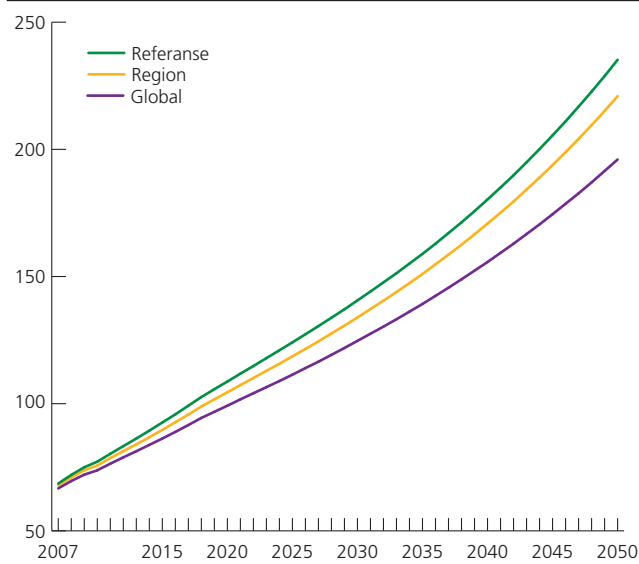
Resultater

Figur 1 viser utviklingen i oljeprisen mot 2050 i referansebanen og de to politikkscenariene. Vi påpeker at referansebanen ikke er en projeksjon av fremtiden, men er et referansescenario for å studere effekter av ulike politikktiltak. I tillegg fokuserer vi på langsiktige endringer i oljeprisen, og ikke på kortsiktige endringer som oljeprisfallet i 2008-2009 og i 2014-2015.² Størrelsen på den langsiktige prisveksten er heller ikke avgjørende for i hvilken retning politikktiltakene virker. Oljeprisen øker jevnt mot 2050 selv om andelen olje av total energibruk gradvis avtar over tid i alle sektorer og regioner. Grunnen til dette er at til tross for teknologiske forbedringer i oljesektoren vil en gradvis knapphet på olje presse prisen oppover.

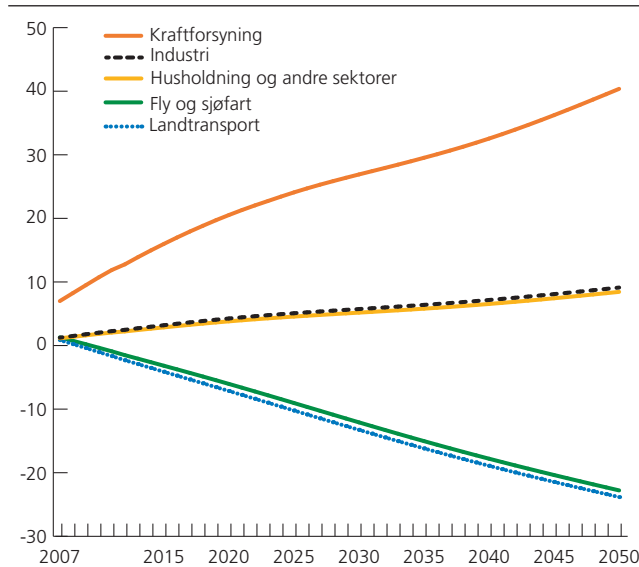
Figuren viser videre at bedre drivstofføkonomi globalt vil ha merkbare, men ikke dramatiske konsekvenser for oljeprisen. I Globalscenariet, der drivstoffeffektiviteten øker med 50 prosent i alle transportsektorer i forhold til referansebanen, øker oljeprisen fortsatt jevnt over tid og når nesten \$ 200 per fat i 2050. Siden transportsektorene samlet står for nesten 60 prosent av alt oljeforbruket på verdensbasis, er den direkte effekten i dette scenariet at oljeetterspørselen i 2050 reduseres med rundt 30 prosent.

En forklaring på den noe moderate priseffekten er at siden forbedret drivstoffeffektivitet gjør transporttjenestene billigere, vil etterspørselen etter slike tjenester øke for en gitt oljepris. Denne effekten reduserer dermed den nedgangen i etterspørselen etter olje man i utgangspunktet hadde. I tillegg vil en lavere fremtidig pris i seg selv stimulere etterspørselen etter olje, noe som motvirker nedgangen i det globale oljeforbruket. Mens den direkte effekten av drivstoffeffektivisering i Globalscenariet er å redusere oljeforbruket i transportsektoren med 50 prosent innen 2050, er den faktiske reduksjonen knapt 25 prosent, jf. Figur 2. Siden oljeforbruket i transportsektoren er rundt 60 prosent av det globale forbruket, tilsvarer dette en direkte reduksjon i det globale oljeforbruket på 30 prosent og en faktisk global reduksjon på rundt 15 prosent. Videre vil total forbruk av olje i de andre sektorene øke noe, mest på grunn av økt bruk av olje i elektrisitetsproduksjonen (først og fremst i OPEC-land), men også beskjedne

Figur 1. Oljeprisen mot 2050. \$ 2007 per fat



Figur 2. Det globale oljeforbruket i ulike sektorer mot 2050 i Globalscenariet. Prosentvis endring fra referansescenariet



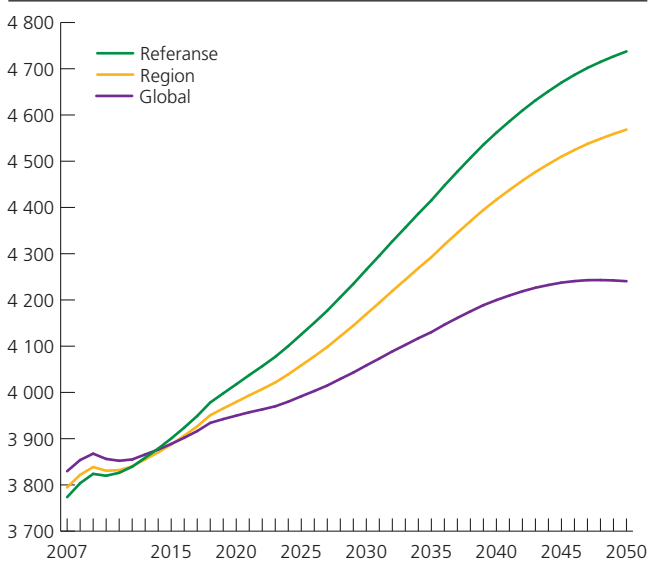
² De fleste analytikere forventer at dagens lave oljepris på rundt 50 dollar fatet vil stige over tid, se f.eks. prisbanene i IEA (2015).

økninger i de andre sektorene. Sluttresultatet er at totalt global oljeforbruk i 2050 reduseres med 10 prosent i dette scenariet, jf. Figur 3.

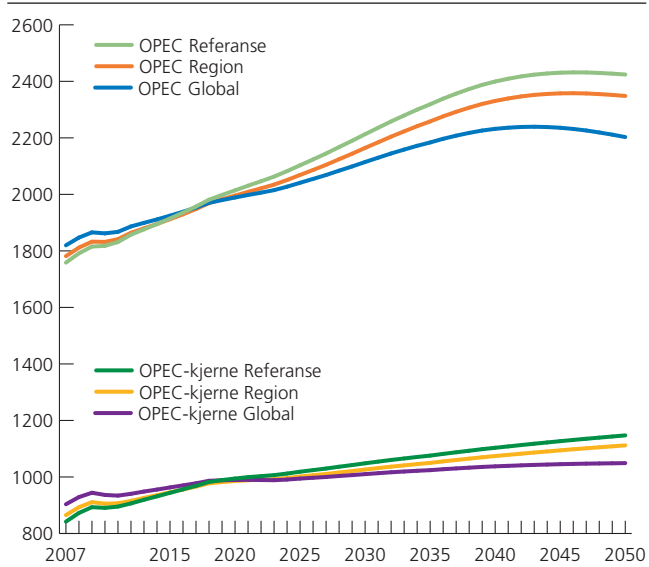
For å få en større forståelse av hva som skjer i oljemarkedet kan det være klagjørende å se på hvordan OPEC og ikke-OPEC-produsentene tilpasser seg. Dette går frem av Figur 4 og 5. For det første ser vi at OPEC øker produksjonen noe i referansebanen mot 2045 før den faller langsomt. Vi ser også at OPEC-kjernens andel av OPEC produksjonen er ganske uendret i denne perioden. Selv om OPEC-kjernen har de største oljereservene holder de igjen på produksjonen for å oppnå en høyere pris. Ikke-OPEC produksjonen øker også noe fra 2007 til 2050.

Alle oljeproduserende regioner reduserer produksjonen i politikkscenariene. Imidlertid vil politikken ha ulike fordelingsvirkninger for produsentene. De

Figur 3. Det globale oljeforbruket mot 2050. Mtoe per år



Figur 4. Oljeproduksjon i OPEC og OPEC-kjernen mot 2050. Mtoe per år



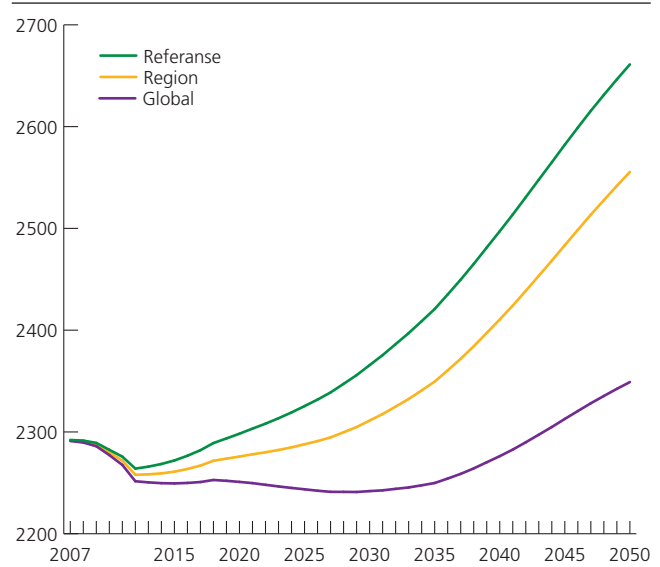
største produksjonsreduksjoner foretas av ikke-OPEC regionene, spesielt land med relativt høye utvinningskostnader og relativt små reserver som Vest-Europa og resten av OECD. I Globalscenariet finner OPEC-kjernen det lønnsomt å redusere sin produksjon litt mindre enn de konkurrerende produsentene. En årsak til dette er lavere utvinningskostnader i OPEC-kjernen. Når oljeprisen synker vil en større andel av reservene i ikke-OPEC og ikke-kjerne-OPEC bli ulønnsomme å ekstrahere (og det blir mer lønnsomt å utsette produksjonen fra de marginalt lønnsomme ressursene).

Vi videre ser av Figur 4 at produksjonen i OPEC-kjernen (og OPEC) øker noe i politikkscenariene i de første 8-13 årene i forhold til referansebanen. Legg merke til at vi antar en gradvis økning i drivstoffeffektiviteten i løpet av perioden 2007-2050. Selv om etterspørselen etter olje også avtar litt i løpet av de første årene (for en gitt oljepris), er nedgangen mye sterkere etter noen tiår. Fordi produsentene er i stand til å forutse denne utviklingen, vil det være mindre fordelaktig å spare ressurser for framtidig utvinning. Derfor blir det lønnsomt for OPEC-kjernen å produsere mer i dag. Lignende antakelser gjelder for ikke-OPEC regionene, men siden deres utvinning antas å være mindre fleksibel de første årene ser vi ikke tilsvarende produksjonsøkninger for dem.

At OPEC akselererer produksjonen innebærer at det globale oljeforbruket øker i starten i begge politikkscenariene (se Figur 3) på tross av økt drivstoffeffektivitet. Forklaringen er selvsagt at oljeprisen blir lavere først og fremst på grunn av at OPEC-kjernen øker sin utvinning. Dette resultatet tilsvarer «det grønne paradokset» som er omtalt tidligere.

Figur 6 viser virkningene på oljeforbruket i ulike regioner i Regionscenariet der drivstoffeffektiviteten bare øker i fire av de sju regionene (se Tabell 1). Som ventet vil oljeforbruket synke mest i USA der drivstoffeffektiviteten i transportsektorene antas å øke med 50 prosent innen 2050. Oljeforbruket synker også

Figur 5. Oljeproduksjonen i Ikke-OPEC mot 2050. Mtoe per år



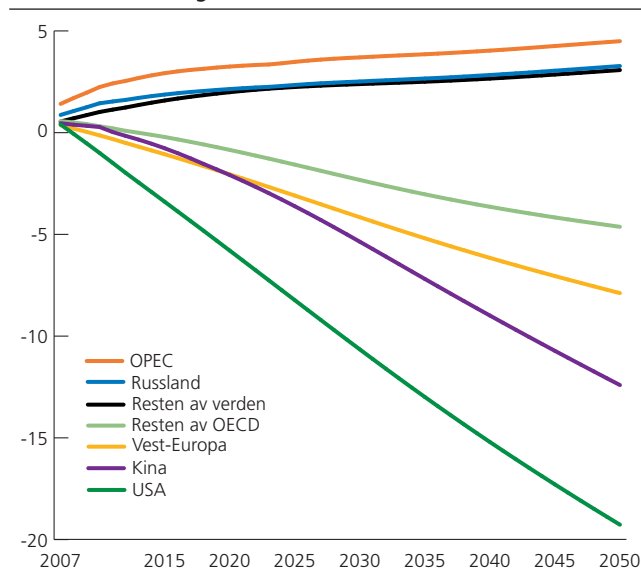
betydelig i Kina, som antas å ha en effektivitetsøkning på 40 prosent, mens reduksjonen i forbruket er mer moderat i Vest-Europa og spesielt i Resten av OECD, der vi antar 30 prosent effektivitetsøkning i 2050. Den beskjedne reduksjonen i Resten av OECD skyldes delvis at en lavere andel av oljen brukes i transportsektoren i denne regionen.

Figur 6 viser videre at oljeforbruket øker i de tre regionene som ikke setter i verk ytterligere drivstoffeffektivitetspolitikk. Dette skyldes igjen at den fremtidige oljeprisen blir lavere som Figur 1 viser. Den største økningen skjer i OPEC, der oljeforbruket i elektrisitetsproduksjonen øker med 12 prosent i forhold til referansebanen. Olje utgjør en stor andel av innsatsfaktorene i kraftproduksjonen i OPEC-landene. Den samlede lekkasjeraten, beregnet som det økte oljeforbruket i Russland, OPEC og Resten av Verden dividert med det reduserte oljeforbruket i de fire andre regionene, er i størrelsesorden 35-50 prosent i perioden 2020-2050. Før 2020 er lekkasjen mye høyere på grunn av det «grønne paradokset» som omtalt ovenfor. Drivstoffeffektivisering kan først og fremst ha til hensikt å redusere CO₂-utslippene. Våre resultater viser at man kan få en sterk utilsiktet negativ effekt i form av økte utslipp utenfor regionene som innfører tiltak. Imidlertid kan det å innføre økt drivstoffeffektivisering ha andre gunstige effekter, som redusert lokal luftforurensning og redusert avhengighet av importert olje.

Konklusjon

I denne artikkelen benytter vi en global modell for oljemarkedet for å studere effekter av økt drivstoffeffektivisering i transportsektoren. I utgangspunktet fører effektivisering til mindre bruk av drivstoff. Vi finner likevel at forbruket av olje ikke faller særlig mye. Dette skyldes at effektiviseringen gir billigere bensin og diesel, som igjen fører til økt forbruk av drivstoff. Siden de fremtidige oljeprisene blir lavere fører dette til en relativt kraftig økning i forbruket av drivstoff

Figur 6. Regionalt oljeforbruk mot 2050 i Regionscenariet. Prosentvise endringer i forhold til referansebanen



også i regioner som ikke innfører effektiviseringstiltak. Resultatene viser også en svak økning i forbruket av olje i de første årene. Dette skyldes at OPEC-kjernen finner det lønnsomt å øke sin utvinning noe fordi de ser at etterspørselen i fremtiden blir lavere på grunn av gradvise forbedringer i drivstoffeffektivitet.

Referanser

- Aune, F.R., Bøeng, A.C., Kverndokk, S., Lindholt, L. og K.E. Rosendahl (2015): Fuel Efficiency Improvements – Feedback Mechanisms and Distributional Effects in the Oil Market, CESifo Working Paper 578, Center for Economic Studies and Ifo Institute.
- Gillingham, K., D. Rapson og G. Wagner (2014): The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy, FEEM Working Paper No. 107.2014.
- Hansen, P. V. og L. Lindholt (2008): The Market Power of OPEC 1973–2001. *Applied Economics* 40(22): 2939–59.
- IEA (2008): Review of international policies for vehicle fuel efficiency, IEA Information paper, August 2008, OECD/IEA. Paris. http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/vehicle_fuel.pdf
- IEA (2013): World Energy Outlook 2013, OECD/IEA. Paris.
- IEA (2014): World Energy Outlook 2014, OECD/IEA. Paris.
- IEA (2015): World Energy Outlook 2015, OECD/IEA. Paris.
- IPCC (2014): *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Kverndokk, S. og A. Rose (2008): Equity and justice in global warming policy, *International Review of Environmental and Resource Economics*, 2(2): 135-176.
- Lindholt, L. (2015): The tug-of-war between resource depletion and technological change in the global oil industry 1981 – 2009, *Energy* 93 (2), 1607-1616.
- Saunders, H. D. (2015): Recent Evidence for Large Rebound: Elucidating the Drivers and their Implications for Climate Change Models, *Energy Journal* 36 (1); 23-48.
- Sims, R., R. Schaeffer et al., (2014): Transport. Chapter 8 in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- van der Ploeg, F. og C. Withagen (2012): Is there really a green paradox?, *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(3): 342–363.