

Sammendrag:

Alternativ transportteknologi

Reduserte CO₂-utslipp fra transportsektoren

I denne rapporten ser vi på ulike aspekter ved anvendelse av alternativ og "miljøvennlig" transportteknologi i tilknytning til CO₂-utslipp fra transportsektoren. Formålet er å belyse hvordan transportteknologi kan bidra til å redusere transportspesifikke- og totale CO₂-utslipp i Norge. Et viktig spørsmål er om anvendelse av miljøvennlig transportteknologi kan redusere den samfunnsøkonomiske kostnaden ved å gjennomføre en norsk klimapolitikk, for eksempel i forbindelse med Kyoto-avtalen. Vi har også forsøkt å finne ut hvilke teknologier som på kort og langt sikt er best egnet til å redusere CO₂-utslippet i transportsektoren, og i hvilken grad sterkere miljøkrav i seg selv fremskynder anvendelse av alternativ transportteknologi.

Alternativ miljøvennlig transportteknologi omfatter motorteknologi og nye drivstoffsystemer med lave eller ingen CO₂-utslipp. Elektriske- og gassdrevne biler kan for eksempel fjerne eller gi lavere CO₂-utslipp i forhold til dagens alternativer. I prosjektet har vi vurdert ulike alternative teknologier i ulike deler av transportsektoren, og er kommet frem til fire typer som har noe for seg i sammenheng med CO₂-politikk.

Prosjektet består av to deler. Første del, som er en oversikt over utviklingen av forskjellige teknologiske transportløsninger fram til 2020, er nærmere dokumentert av Teknologisk Institutt (Skedsmoe og Hagman, 1998), og i en nedkortet versjon i kapittel 6 i denne rapporten. I den andre delen har vi gjennomført makroøkonomiske modellberegninger for å finne ut hvilke utsikter alternativ transportteknologi gir for den norske klimapolitikken og de nasjonale CO₂-utslippene.

Uansett fra hvor og fra hvilken sektor utslippet kommer, er konsekvensen av det menneskeskapte CO₂-utslippet den samme. Siden CO₂-utslipp blant annet skyldes forbrenning av fossil energi, kan ensidige miljøtiltak innen transportsektoren få utilsiktede virkninger gjennom energibruk i andre sektorer. Anvendelse av elektriske biler vil for eksempel redusere CO₂-utslippet fra transportsektoren, men mer fossil energi gjøres samtidig via reduserte priser tilgjengelig til boligoppvarming og andre energikrevende formål. Dette medfører at CO₂-utslippet kan flyttes fra transport til disse sektorene. Det er dermed hensiktsmessig (minst kostbart) å se alle CO₂-utslipp i sammenheng og utforme en felles geografisk uavhengig klimastrategi for alle sektorer (i den grad dette er mulig).

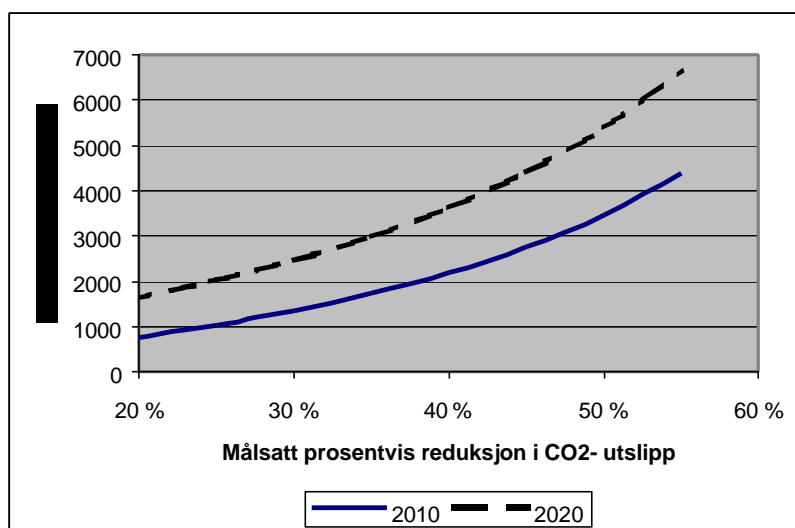
Utgangspunktet vårt er at det er en dårlig løsning å fokusere ensidig på dyre CO₂-tiltak i transportsektoren dersom like gode resultater kan oppnås til lavere kostnad innen andre sektorer, eller dersom problemene gjennom substitusjonsvirkninger blir flyttet til andre sektorer. Ved å benytte en makroøkonomisk likevektsmodell får vi

tatt hensyn til alle slike forhold. Beregningene i dette prosjektet er gjennomført med makromodellen GODMOD (Jensen og Eriksen, 1997).

En klimapolitisk målsetning om å redusere CO₂-utslippet krever lavere forbruk av karbonholdige varer og energi. En slik begrensning i økonomien har en "skyggekostnad" som kan betraktes som marginalkostnaden ved å redusere CO₂-utslippet med en enhet til, gitt at vi er like ved å nå målsetningen. Marginalkostnaden øker progressivt med ambisjonsnivået (noe som er vist i figur 1).

Beliggenhet og helning for marginalkostnadskurven avhenger blant annet av transportteknologi. Hvis vi introduserer ny teknologi med lavere CO₂-utslipp, vil kurven skifte nedover mot høyre, og kurvens krumning kan endres. Hvordan ny og alternativ transportteknologi vil skifte kurven, avhenger både av miljøegenskaper og av den relative kostnaden ved teknologien.

Figur 1. Sammenheng mellom CO₂-avgift og en målsetning om en viss prosentvis reduksjon i CO₂-utslippet i forhold til forventet utslippsnivå i år 2010, BASIS-alternativet, 1992 kroner.



Før vi kommer inn på teknologiberegningene, skal vi si litt om utgangspunktet for disse, som er en referansebane (BAU= business as usual) med uendret politikk som beskriver utviklingstrekk for norsk økonomi frem til 2020. I BAU stilles det ingen krav til klimapolitikken. Vi benytter BAU som utgangspunkt for å beregne et BASIS-alternativ, der det er satt et mål for klimapolitikken. Målet, som er å redusere det nasjonale utslippet av CO₂, gjennomføres ved en lik avgift på alle CO₂-utslipp (utenom utenriks sjøfart). Verken i BAU eller BASIS-alternativet finnes det alternativ transportteknologi.

Forutsetningene i BAU gir en årlig vekst i BNP på 2,7% mellom 1992 og 2010. Veksten reduseres til 1,9% per år mellom 2010 og 2020. I perioden 1992 til 2010 øker privat konsum med 3,2% per år, og deretter med 2,3% per år mellom 2010 og 2020. Beregningene gir et totalt CO₂-utslipp på 47.2 millioner tonn i BAU i 2010.

Figur 1 viser sammenhengen mellom CO₂-avgift og oppnådde reduksjoner i CO₂-utslippet i årene 2010 og 2020 i BASIS-alternativet. Den prosentvise reduksjonen i

CO₂-utslippet både i 2010 og i 2020 (vist langs den horisontale akse) regnes i forhold til det forventede utslippsnivået i år 2010.

Målsetningen om å overholde en øvre målsetning for CO₂-utslippet på 1% over 1990-nivå (Kyoto-avtalen) tilsvarer en reduksjon i utslippet på 19% i forhold til det forventede utslippet i 2010. Dette reduserer BNP med 0,5% i 2010 og 0,7% i 2020 i forhold til BAU. BNP-tapet øker til 4,1% ved 55% reduksjon i utslippet i 2010 og tilsvarende 5,0% for å overholde det samme utslippsnivået i 2020.

To ulemper gjør at alternativ transportteknologi ikke benyttes i stort omfang. For det første er teknologien kostbar, og dernest finnes det en rekke praktiske ulemper med den (for eksempel kort rekkevidde og lang ladetid for elektriske biler). Disse forholdene motiverer ikke transportbrukere til å anvende alternativ teknologi, og ulempene må kompenseres gjennom krav til utslipp, fysiske tiltak eller gjennom økonomiske tiltak i form av avgifter og tilskudd som favoriserer slik teknologi.

I prosjektet ser vi på to ulike tilnæringer til implementeringen av alternativ transportteknologi. I det første tilfellet studerer vi ensidige tiltak i transportsektoren der virkemidlet er rene driftstilskudd til alternativ teknologi. I det andre tilfellet implementeres teknologien som en del av strategien i en helhetlig klimapolitikk. *Beregningene er utført separat for hver teknologi slik at virkningene ikke er additive.*

En faktor som i lang tid vil begrense effekten av tiltak rettet mot anvendelse av alternativ transportteknologi, er utskiftingstakten for bilparken. Biler har normalt en levetid på ca 17 år, og overgangen til ny transportteknologi vil derfor ta tid. I tillegg vil bare et fåtall av de nye bilene som kjøpes de nærmeste ti årene være annet enn tradisjonelle bensin- og dieslbiler. Dette medfører at vi ikke kan vente at mer enn maksimalt 20% av bilparken under noen omstendighet består av annet enn bensin- og dieslbiler i år 2010, og maksimalt 50-60% i år 2020. Basert på forskjeller i anvendbarhet og introduksjonstidspunkt vil disse tallene variere en god del med de forskjellige teknologiene. Dette er spesielt utslagsgivende for brenselcelleteknologien, som ikke vil være i praktisk bruk før tidligst mellom år 2005 og 2010. Disse faktorene har vi tatt hensyn til i alle beregningene, noe som blant annet medfører at brenselcelleteknologien kommer dårlig ut i analysene.

Vi ser først på ensidige økonomiske tilskudd til alternativ transportteknologi som virkemiddel for å kompensere høye kostnader i beregninger basert på BAU. Klimapolitiske virkemidler (som for eksempel CO₂-avgiften i BASIS-alternativet) er dermed ikke benyttet i disse beregningene. Tabell 1 viser de nødvendige tilskuddene for hver teknologi for at den skal konkurrere kostnadsmessig med tradisjonell teknologi.

Tabell 1. Nødvendig subsidie for utjevning av kostnadsulempe for ulike teknologialternativer i prosent av total langsiktig driftskostnad.

	Personbiler		Tunge biler	
	2010	2020	2010	2020
Elektrisk, batteri	15%	00%	30%	20%
Hybrid	15%	15%	35%	31%
Gass	20%	20%	20%	20%
Hydrogen	40%	40%	50%	50%

Tabell 2. Beregnet prosentvis andel av totale kjøretøykilometer vi får utført med alternative teknologier i 2010 og 2020 ved generelle driftstilskudd til teknologien.

	2010				2020			
	Elektrisk	Hybrid	Gass	Hydrogen	Elektrisk	Hybrid	Gass	Hydrogen
Drosje	-	-	-	-	-	-	-	-
Leiebil <10 tonn	26 %	27 %	19 %	0,7 %	72 %	74 %	64 %	16 %
Leiebil 10-15 tonn	25 %	26 %	18 %	0,7 %	72 %	73 %	63 %	16 %
Leiebil >15 tonn	25 %	25 %	18 %	0,7 %	71 %	72 %	62 %	16 %
Rutebil/buss	-	-	-	-	-	-	-	-
Egenbil <10 tonn	25 %	26 %	18 %	0,7 %	72 %	73 %	63 %	16 %
Egenbil 10-15 tonn	25 %	-	-	0,7 %	-	-	62 %	15 %
Egenbil >15 tonn	-	-	-	-	-	-	-	15 %
Personbil	14 %	26 %	14 %	1,0 %	52 %	77 %	51 %	7 %

Tabell 2 viser hvor stor del av det totale antall kjøretøykilometer vi får utført med alternative teknologier ved å subsidiere disse teknologiene i BAU-scenariet. Virkningene på transportspesifikt og totalt CO₂-utslipp er vist i tabell 3, mens tabell 4 viser kostnaden ved å gjennomføre tiltakene i form av tapt privat konsum.

Konklusjonen er at isolerte tiltak for å få innført alternativ transportteknologi (vist i tabell 4) er kostbare å gjennomføre, men potensialet for å redusere CO₂-utslippene gjennom anvendelse av miljøvennlig transportteknologi er bra (vist i tabell 3). I det følgende skal vi se at kostnaden kan snus til en gevinst dersom vi anvender miljøvennlig transportteknologi som en del av en generell klimastrategi i stedet for som isolerte CO₂-tiltak i transportsektoren.

Tabell 3. Reduksjon av CO₂ utslipp ved anvendelse av alternative transportteknologier.

	2010				2020			
	Elektrisk	Hybrid	Gass	Hydrogen	Elektrisk	Hybrid	Gass	Hydrogen
Total reduksjon	-2,0 %	-1,0 %	-0,1 %	-0,1 %	-5,7 %	-2,1 %	-0,8 %	-0,9 %
Utslppsreduksjon fra personbil	-14,2 %	-11,3 %	-1,2 %	-1,2 %	-51,5 %	-32,0 %	-6,4 %	-6,8 %
Utslppsreduksjon fra tunge biler	-4,3 %	-1,7 %	-0,2 %	-0,1 %	-8,3 %	-3,9 %	-3,5 %	-3,8 %

Tabell 4. Kroner i reduksjon i privat konsum per kilo CO₂ reduksjon.

	2010	2020
Elektrisk	6,57	4,62
Hybrid	19,57	22,34
Gass	8,89	13,91
Hydrogen	12,49	18,48

I de neste beregningene introduseres alternativ transportteknologi i BASIS-alternativet, som har en klimapolitisk målsetning. Ved konservative anslag på teknologiutviklingen i transportsektoren framstår bare batteridrevne personbiler som en både miljøvennlig og kostnadseffektiv teknologi i år 2010, sammenliknet med tradisjonell transportteknologi. Introduksjon av batteridrevne biler reduserer CO₂-

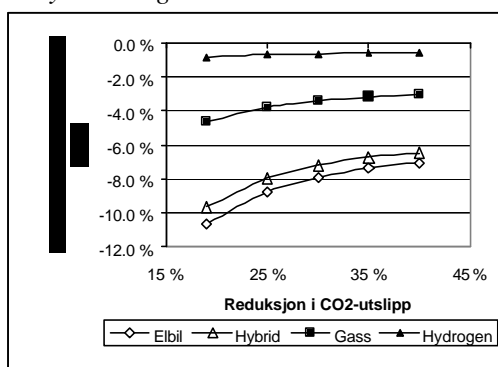
avgiften med 9% i forhold til BASIS-alternativet ved reduksjon i CO₂-utslippet på 19% i forhold til det forventete utslippet i 2010 (Kyoto-kravet). Vi finner liten effekt på BNP. Ved en reduksjon av CO₂-utslippet på 40% i forhold til det forventete utslippet i 2010, er BNP-gevinsten i forhold til BASIS-alternativet relativt lite, bare 0,1%.

Innen 2020 er også personbiler med brenselcelle (hydrogen) og personbiler med hybridteknologi et miljøvennlig og kostnadseffektivt alternativ til tradisjonelle personbiler (fortsett ved konservative anslag på teknologiutviklingen i transport). Ved en reduksjon i CO₂-utslippet til et nivå som tilsvarer 19% reduksjon i forhold til utslippet i 2010, vil introduksjon av batteridrevne personbiler redusere CO₂-avgiften med 20% i forhold til BASIS-alternativet. Den tilsvarende effekten for hybridbilene er 15% og hydrogenbilene 2%. Effekten på BNP blir noe sterkere enn i beregningene for 2010 (0,3% BNP-gevinst for batteri- og hybridbilene).

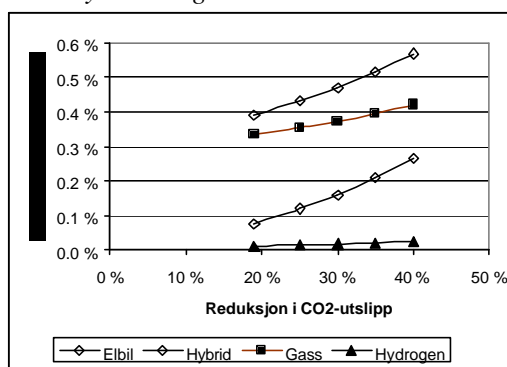
Innen tungtransport og sjø-, bane- og lufttransport er utslippsgevinsten fra alternative teknologier for liten i forhold til teknologikostnadene, selv med optimistiske teknologiforventninger. Den beste klimastrategien innen tungtransport på vei og all transport på sjø, bane og i luft er videreutvikling av dagens løsninger, noe en kan forsterke gjennom nye utslippskrav.

I de siste beregningene har vi tatt utgangspunkt i optimistiske anslag på den teknologiske utviklingen innen transportsektoren. Miljøegenskapene til alternativ transportteknologi forutsettes da å utvikle seg fortere (er bedre), og kostnadene relativt til tradisjonell transportteknologi er vesentlig lavere. Dette medfører alt i all gunstigere resultater for alternativ transportteknologi. Vi må samtidig bemerke at de optimistiske anslagene på teknologiutvikling også gjelder tradisjonell transportteknologi. Anslagene vil derfor også påvirke BASIS-alternativet som heretter omtales som BASIS(+).

Figur 2. Prosentvis endring i CO₂-avgift i år 2010 i forhold til BASIS(+), optimistiske anslag for utvikling av ny teknologi.



Figur 3. Prosentvis endring i BNP i år 2010 i forhold til BASIS(+), optimistiske anslag for utvikling av ny teknologi.

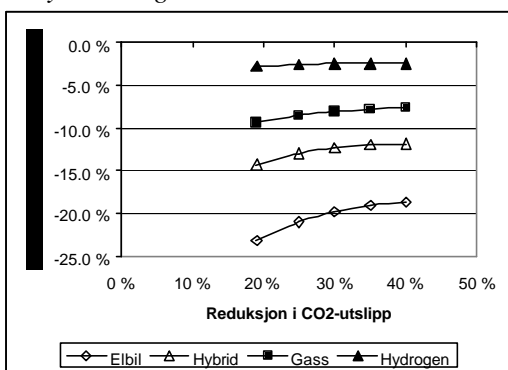


For det første finner vi nå ut at både batteridrevne-, brenselcelle-, hybrid- og gassbiler er miljøvennlige og kostnadseffektive alternativer til tradisjonelle bensin- og dieslbiler innen personbilmarkedet allerede i år 2010 ved Kyoto-kravet. Der- nest ser vi at alle de fire teknologiene reduserer CO₂-avgiftene i forhold til BASIS-

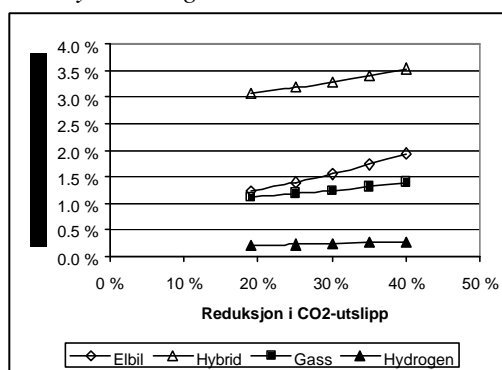
alternativet. Figur 2 viser effektene på avgiften i 2010, og figur 4 viser effektene på avgiften i 2020.

Effektene på BNP er gunstigere enn i de tidligere tilfellene. BNP-gevinsten i forhold til BASIS-alternativet i 2010 er vist i figur 3. Figur 5 viser BNP-gevinsten i 2020.

Figur 4. Prosentvis endring i CO₂-avgift i år 2020 i forhold til BASIS(+), optimistiske anslag for utvikling av ny teknologi.

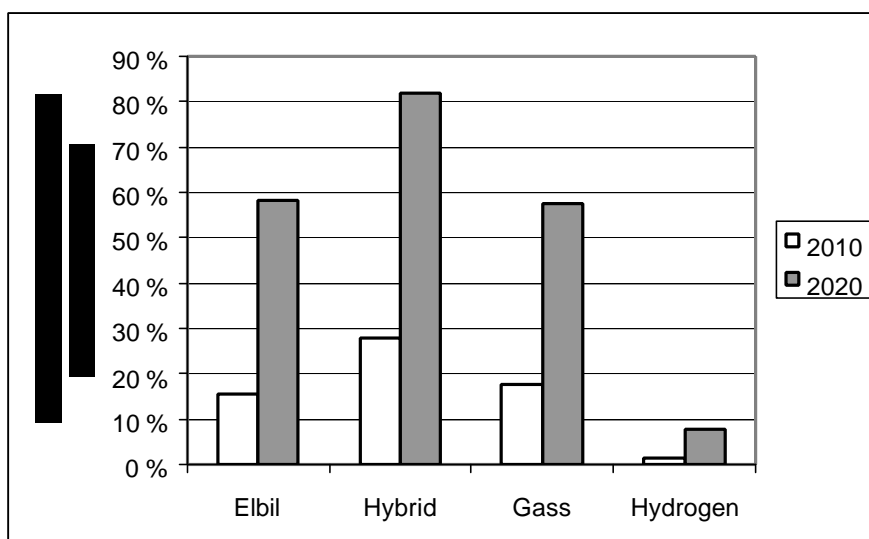


Figur 5. Prosentvis endring i BNP i år 2020 i forhold til BASIS(+), optimistiske anslag for utvikling av ny teknologi.



Transportteknologienes virkning på CO₂-avgift og på BNP må sees i sammenheng med anvendelsesgraden for teknologialternativene. I figur 6 har vi som eksempel vist hvor stor andel av transport med personbil som utføres med de ulike teknologiene ved krav om at utslippet av CO₂ ikke skal overstige 19% av det forventete utslippet i 2010. (Andelene øker med maksimalt 1% i år 2010 og 3% i år 2020 når kravet til redusert utslipp økes til 40%.)

Figur 6. Andel av transport med personbil utført med ulike transportteknologier ved 19% reduksjon i CO₂-utslippet i forhold til det forventete utslippet i 2010.



Batteridrevne biler og hybridbiler er de teknologiene som på kort sikt (frem til år 2010) best vil kunne bidra til lavere CO₂-utslipp fra transportsektoren. Men batteri-

drevne biler vil, på grunn av dårlig rekkevidde og lang ladetid, bare i begrenset grad fungere annet enn i spesielle nisjer. Vår tro på hybridbilene styrkes av de meget gunstige inntektseffektene vi ser i forbindelse med denne teknologien (figur 3). Det mest realistiske alternativet på kort sikt er sannsynligvis en miks der en anvender elektriske biler i de deler av markedet disse fungerer (budbiler og leveranse i by), og hybridteknologi i den del av markedet som er villig til å betale for miljøteknologi. Men en stor del av transporten frem til år 2010 i personbilmarkedet vil fortsatt betjenes av tradisjonelle bensin- og dieselmotorer, men med vesentlig bedre miljøegenskaper gjennom bedre forbrenningssystem, kraftoverføring og renseteknologi.

På langt sikt kan man håpe at hydrogenteknologien modnes og at lagringsproblemer med hydrogen løses. Men kostnadene og energiforbruket er relativt høyt for denne teknologien, noe som svekker vår tro på hydrogenløsningen som middel til å redusere CO₂-utslippene. Som et alternativ tror vi at batteridrevne biler vil kunne få bedre rekkevidde og kortere ladetid, og vil da kunne utgjøre et bra alternativ, kanskje til og med et bedre når en tar energiforbruk og energikostnad i betraktning. Det er imidlertid hybridbilene som gir den beste inntektsvirkningen (BNP), også i perspektivet frem mot 2020 (figur 5).

