

Sammendrag:

Energieffektivisering og CO₂-utslipp for innenlands transport 1994-2050

TØI har anslått potensialet for redusert energibruk og direkte CO₂-utslipp per person- og tonnkm for perioden 2004-2050.

Mulighetene for energieffektivisering og reduksjon av direkte CO₂-utslipp er størst for lette kjøretøy. Her kan massiv overgang til elektrisk fremdrift redusere de direkte CO₂-utslippene med inntil 97 prosent og energibruken med inntil 76 prosent fra 2004 til 2050 ved uendret transportvolum og belegg.

Potensialet for energieffektivisering og reduserte direkte CO₂-utslipp innen luftfart anslås til maksimalt 67 prosent fra 2004 til 2050 ved uendret transportvolum og belegg.

Videre anslås potensialet for reduserte direkte CO₂-utslipp per person- og tonnkm i perioden til maksimalt 42 prosent for tunge kjøretøy og 34 prosent for skip, mens jernbanen kan fjerne dem helt ved full elektrifisering.

Innledning

Transportøkonomisk institutt har utarbeidet scenarier for utviklingen i gjennomsnittlig energibruk og CO₂-utslipp per transportenhet (kjøretøykilometer, personkilometer og tonnkilometer) innenlands for hvert transportmiddel.

Scenariene for teknologisk utvikling er utarbeidet i tre scenarier, går frem til 2050 og bygger i høy grad på NOU 2006:18 "Et klimavennlig Norge", Future Climate- Engineering Solutions 2009 og OECD-rapporten "Can Cars Come Clean".

I scenariene presenteres det gjennomsnittstall for all transport med vedkommende transportmiddel. Det skilles altså ikke mellom for eksempel korte og lange reiser eller mellom by og land.

Forutsetninger

Utslippsfaktorene i rapporten angir *direkte* energibruk og CO₂-utslipp (Tank to Wheel/Propell) knyttet til bruken av transportmiddelet.

For transport som omfatter både personer og gods må energiforbruk og utslipp fordeles på person- og godstransport. For jernbane er det benyttet NSB's egen fordeling. For fly er det lagt til grunn at 1 personkm tilsvarer 0,0865 tonnkm og for sjøtransport er det lagt til grunn at 1 personkm tilsvarer 1 tonnkm.

Utslippfaktorene for CO₂ for elektriske biler og hydrogenbiler blir dermed null til tross for at selve produksjonen av elektrisitet og hydrogen i varierende grad vil medføre CO₂-utslipp. Samtidig får transportmidler som benytter drivstoff laget av biomasse omtrent samme utslippsfaktorer for CO₂ som fossilt drivstoff selv om mengden av CO₂-utslipp/absorpsjon knyttet til selve produksjonen av drivstoffet vil være forskjellig.

Teknologiske utsikter

Lette kjøretøy

For lette kjøretøy finnes det potensial for å redusere utslipp av CO₂ ved at bilene blir mindre og lettere samt at de får mer effektive fremdriftssystemer.

Reduserte utslipp av klimagasser kan oppnås med tekniske løsninger og drivstoff innen følgende områder:

- Mer energieffektive kjøretøy, spesielt hybriddrift
- Lettere kjøretøy med svakere motorytelse
- Overgang fra fossile drivstoff til biodrivstoff (slår ut på indirekte utslipp):
- Overgang til hydrogen eller elektrisk drift (kan slå ut på indirekte utslipp)

Tunge kjøretøy

For tunge kjøretøy er vekten av den last som skal transporteres av avgjørende betydning for energiforbruk og utslipp av CO₂. Store dieselmotorer er allerede med 45 prosent virkningsgrad forholdsvis effektive. Over lange avstander og ved kjøring i jevn hastighet er potensialet for ytterligere reduksjon av drivstofforbruket til tunge kjøretøy derfor begrenset, men det forskes på bruk av alternative drivstoff og ny teknologi. Bybusser og distribusjonsbiler kan med avansert hybridteknologi oppnå store reduksjoner i energiforbruk ved bykjøring.

Innenriks sjøtransport og fiske

Flåten av skip, nasjonalt og internasjonalt, er kompleks i oppbygging, og ulike funksjoner dekkes av omkring 100 ulike skipstyper. Sammensetningen av flåte både med hensyn til ulike funksjonskrav og spredning i alder, vanskeliggjør enkle og generelle betraktninger knyttet til reduksjon av totale utslipp.

Naturgass som alternativt drivstoff innenfor sjøtransport er likevel en ny og framtidrettet mulighet som har et potensial til å bidra til reduksjon av CO₂- (og NO_x-) utslippet. Ved overgang fra marin dieselolje (MDO) til naturgass som drivstoff oppnås en reduksjon av CO₂ på ca. 25 prosent.

Innenriks flytransport

Foreliggende flåteutskiftingsplaner gir omfattende utslippsreduksjoner og sammen med omlegging av taksing og rutiner i luftrommet kan energibruk og utslipp per transportenhet bli redusert med 30-40 prosent innen 2020. Siden vil mer effektive

motorer og flydesign kunne bidra til ytterligere 20-40 prosent reduksjoner per transportenhet.

Jernbane

NSB planlegger 15 prosents reduksjon i elektrisitetsforbruket i samarbeide med Enova mens dieseltog har mange av de samme mulighetene som tunge kjøretøy. For tog er det dessuten mulig å elektrifisere gjenværende banestrekninger som ennå ikke har elektrisitetstilførsel.

Referansescenarioet

Referansescenarioet tilsvarer i hovedsak Lavutslippsutvalgets Referansebane. I 2050 har man 15 prosent lavutslipps-**kjøretøy**, og 17 prosent av drivstoffet er ikke-fossilt. Bedringen i energieffektiviteten antas å bli 40 prosentpoeng for lette kjøretøy mens busser i bytrafikk antas å få en forbedring på 30 prosentpoeng og tunge kjøretøy ved landeveiskjøring får en forbedring på 5-10 prosentpoeng. De resterende reduksjonene blir tatt ved hjelp av biodrivstoff, som i henhold til Lavutslippsutvalget forutsetninger er klimanøytralt

For **sjøfart og fiske** legges det til grunn en gradvis energieffektivisering som vil bli på 10 prosent i 2050 i forhold til 2005. Reduksjon i utslipp av klimagasser vil, på grunn av økt bruk av metan (naturgass) som drivstoff, bli noe høyere enn tilsvarende reduksjoner av energiforbruket.

For **luftfart** legges det til grunn 30 prosents reduksjon i energiforbruk og utslipp til 2020 og 20 prosent til i 2050.

For **dieseltog** legges det til grunn samme utvikling som for tunge kjøretøy. For **elektriske tog** legges det til grunn 15 prosents forbedring til 2020.

Lavutslippsscenarioet

Lavutslippscenariet er identisk med Lavutslippsutvalgets Lavutslippsbane. Her kombineres innfasing av lav- og nullutslipps**kjøretøy** med innfasing av CO₂-nøytralt drivstoff til erstatning for fossile drivstoff. Nullutslippskjøretøyene forutsettes å ha elektrisk drift og vil derved ikke bare få null utslipp, men vil også i 2050 kunne redusere energiforbruket med 50-60 prosent i forhold til referansescenarioet. Reduksjonene i utslippene av CO₂ fra **tunge kjøretøy** anslås til 15 prosent i forhold til Referansebanen.

For **sjøfart og fiske** reduseres utslippene og energiforbruk per transportenhet med 20 prosent i 2050 i forhold til referansescenarioet. Reduksjon i utslipp av klimagasser vil, på grunn av økt bruk av metan (naturgass) som drivstoff, bli noe høyere enn tilsvarende reduksjoner av energiforbruket.

I **Luftfart** legges det i 2020 til grunn 40 prosents effektivisering i forhold til 2007. Fra 2020 til 2050 faller drivstofforbruket med ytterligere 40 prosent hvorav halvparten er tatt ut i 2035.

For jernbane legges det til grunn full overgang til elektrisitet i 2050 og halvparten av dette er gjennomført i 2035. I tillegg forventes det 10 prosents energieffektivisering fra 2020 til 2035 for elektrisk jernbane.

Kompromissscenarioet

Kompromiss er et scenario som er en kompromiss mellom *Referansescenarioet* og de klimamål som oppfylles i *Lavutslippsscenarioet*. I Kompromissscenarioet har vi forsøkt å ta med den utvikling av teknologi som har skjedd fra Lavutslippsutvalgets rapport ble publisert i 2006.

En stor andel av de **lette bilene** vil i *Kompromiss* få elektrisk fremdrift frem mot 2035. Utslippene av CO₂ vil reduseres med 60 og 80 prosent i forhold til Referansebanen. Energieffektiviteten vil for lette biler, som konsekvens av overgangen til hel eller delvis elektrisk drift øke med 50 og 60 prosent i forhold til Referansebanen. Såkalte *plug-in hybridbiler* forventes å kunne kjøre 40-60 km på batteridrift samtidig som de på langkjøring kan bruke en kombinasjon av elektrisk drift og forbrenningsmotor.

Reduksjonene i utslippene av CO₂ fra **tunge kjøretøy** anslås til 5 prosent i forhold til Referansebanen.

For **sjøfart og fiske** legges det til grunn en gradvis energieffektivisering som vil bli på ytterligere 10 prosents i 2050 i forhold til Referansescenarioet. Reduksjon i utslipp av klimagasser vil, på grunn av økt bruk av metan (naturgass) som drivstoff, bli noe høyere enn tilsvarende reduksjoner av energiforbruket.

For **luftfart** legges det i 2020 til grunn 35 prosents effektivisering i forhold til 2007. Fra 2020 til 2050 reduseres energiforbruk og CO₂-utslipp med ytterligere 30 prosent hvorav halvparten er tatt ut i 2035.

For **jernbane** legges det til grunn 10 prosents energieffektivisering fra 2020 til 2035 og halv elektrifisering i 2050.

Resultatene er for persontransport gjengitt i tabell S1-S2, mens tabell S3-S4 gjengir resultatene for godstransport.

Tabell S1. Energiforbruk per personkilometer 1994-2050 i tre scenarioer.

MJ/pkm År	Historisk			Referansescenariet			Kompromisscenarioet			Lavutslippscenarioet		
	1994	1998	2004	2020	2035	2050	2020	2035	2050	2020	2035	2050
Persontog	0,70	0,63	0,62	0,50	0,49	0,49	0,50	0,45	0,42	0,49	0,42	0,34
Mopeder	0,82	0,82	0,82	0,61	0,57	0,49	0,46	0,37	0,29	0,43	0,29	0,20
Motorsykler	1,29	1,29	1,29	0,97	0,90	0,77	0,73	0,59	0,46	0,68	0,45	0,31
Rutebusser	0,98	0,85	1,06	0,87	0,82	0,77	0,87	0,78	0,74	0,83	0,78	0,70
Personbil	1,49	1,46	1,37	1,05	0,98	0,84	0,79	0,64	0,50	0,73	0,49	0,34
Drosjer	2,98	2,65	2,32	1,74	1,62	1,39	1,30	1,05	0,83	1,22	0,81	0,56
Fly	2,69	2,78	2,61	1,52	1,36	1,21	1,35	1,14	0,94	1,24	0,95	0,70
Hurtigruta	6,53	5,72	5,02	5,02	4,76	4,51	4,76	4,29	3,61	4,76	4,05	3,61
Ferger	9,13	8,02	8,48	8,48	8,06	7,63	8,06	7,25	6,11	8,06	6,85	5,73
Hurtigbåt	10,66	10,46	12,35	12,35	11,73	11,11	11,73	10,56	8,89	11,73	9,97	8,89

Tabell S2. CO₂-utslipp per personkilometer 1994-2050 i tre scenarioer.

g CO ₂ /pkm År	Historisk			Referansescenariet			Kompromisscenarioet			Lavutslippscenarioet		
	1994	1998	2004	2020	2035	2050	2020	2035	2050	2020	2035	2050
Persontog	14	10	8	7	7	6	7	6	3	7	3	0
Mopeder	59	59	59	44	41	35	31	17	7	31	12	2
Motorsykler	68	66	63	47	44	38	33	18	8	33	13	2
Rutebusser	72	63	78	64	61	57	64	58	54	58	51	46
Personbil	108	105	100	77	72	61	54	29	12	54	21	3
Drosjer	210	195	172	129	120	103	90	48	21	90	36	5
Fly	196	203	191	111	100	89	98	84	69	91	70	51
Hurtigruta	479	419	367	367	345	323	349	276	226	331	276	242
Ferger	669	588	621	621	584	547	590	467	383	559	467	410
Hurtigbåt	781	767	904	904	850	796	859	680	557	814	680	597

Tabell S3. Energiforbruk per tonnkilometer 1994-2050 i tre scenarioer.

MJ/tkm År	Historisk			Referansescenariet			Kompromisscenarioet			Lavutslippscenarioet		
	1994	1998	2004	2020	2035	2050	2020	2035	2050	2020	2035	2050
Lastebil	2,04	1,60	1,84	1,41	1,17	0,95	1,30	1,00	0,80	1,23	0,94	0,72
Skip	1,04	0,80	NA	0,80	0,76	0,72	0,76	0,68	0,57	0,76	0,64	0,57
Fly	31,10	32,10	30,20	17,50	15,80	14,00	15,50	13,20	10,90	14,30	11,00	8,00
Jernbane	0,34	0,32	0,26	0,18	0,12	0,09	0,26	0,20	0,15	0,18	0,12	0,09
Ferger	9,13	8,02	8,48	8,48	8,06	7,63	8,06	7,25	6,11	8,06	6,85	6,11
Hurtigruta	6,53	5,72	5,02	5,02	4,77	4,52	4,77	4,29	3,61	4,77	4,05	3,61

Tabell S4. CO₂-utslipp per tonnkilometer 1994-2050 i tre scenarier.

g CO ₂ /tkm År	Historisk			Referansescenariet			Kompromisscenarioet			Lavutslippscenarioet		
	1994	1998	2004	2020	2035	2050	2020	2035	2050	2020	2035	2050
Lastebil	150	117	135	97	74	54	85	54	35	78	47	27
Skip	87	74	57	57	53	50	54	43	35	51	43	37
Fly	2270	2350	2210	1280	1150	1020	1130	960	790	1050	800	580
Jernbane	NA	13	12	8	7	6	7	4	3	5	1	0
Ferger	669	588	621	621	584	546	590	467	383	559	467	410
Hurtigruta	479	419	367	367	345	323	349	276	226	330	276	242