

DANMARK KONSENSUS 2009

TRANSPORTSEKTORENS STØRSTE UDFORDRINGER

Niels Buus Kristensen, Tove Hels, Anu Sirén, Ole Kveiborg,
Otto Anker Nielsen & Mogens Fosgerau,
DTU Transport,
Danmarks Tekniske Universitet.



COPENHAGEN
CONSENSUS
CENTER

COPENHAGEN CONSENSUS CENTER

DANMARK KONSENSUS 2009

TRANSPORTSEKTORENS STØRSTE UDFORDRINGER

Niels Buus Kristensen, Tove Hels, Anu Sirén, Ole Kveiborg, Otto Anker Nielsen
& Mogens Fosgerau,
DTU Transport, Danmarks Tekniske Universitet.

1 TRANSPORTSEKTORENS STORE UDFORDRINGER

I dagens Danmark er transport en integreret del af befolkningens daglige liv. Når vi kører bil, tager toget eller bussen, flyver, sejler, cykler eller går fra et sted til et andet er denne transport sjældent et mål i sig selv men derimod en helt basal forudsætning for vores andre aktiviteter: Arbejde, uddannelse, indkøb, fritidsaktiviteter eller socialt samvær m.v. For hundrede år siden tilbragte langt størstedelen af befolkningen det meste af deres tilværelse i nærområdet, hvor de boede. Udbygningen af veje, jernbaner og flytrafikken gennem det seneste århundrede har gjort det muligt at vores daglige aktiviteter er spredt over et stadigt større geografisk område.

Samtidig er den industrielle produktion blevet stadig mere præget af den internationale arbejdsdeling. Det har muliggjort en meget høj grad af specialisering med enorme stordriftsfordele, fordi effektiv og billig distribution har gjort det muligt at afsætte produkterne overalt i verden. Denne globalisering har været betinget af et effektivt internationalt godstransport-system, der distribuerer råvarer og produktion billigt og pålideligt på tværs af landegrænser og mellem kontinenter.

Transportsektoren står for godt 5% af bruttonationalproduktet og beskæftigelsen, hvortil kommer anlægssektorens bidrag til investeringerne i veje, jernbaner, broer mv. Endvidere ved vi fra transportvaneundersøgelsen¹, at hver dansker bruger ca. 50 minutter om dagen på transport, og fra forbrugsundersøgelserne², at 14 % af familiens indkomst går til transport. En velfungerende transportsektor er således blevet fuldstændig afgørende for aktivitetsmønsteret og velstanden i det moderne samfund.

1.1 Infrastrukturen

Men de sidste 10 år har vi oplevet en modgående tendens. På stadig større dele af vejnettet, er der sket et fald i fremkommeligheden på grund af trængsel på vejene. På trods af løbende milliard-investeringer i nye og udvidede veje, har kapaciteten omkring de store byer og særligt i Hovedstadsområdet simpelthen ikke kunnet følge med stigningen i efterspørgslen. Hidtil har problemerne mest været i myldretiden om morgenen og sidst på eftermiddagen, hvor trafikken til og fra arbejde og indkøb på vej hjem skaber spids-belastninger. Den løbende økonomiske velstandsstigning vil være en stærk drivkraft i en fortsat trafik-vækst i fremtiden, så problemerne vil vokse både geografisk og tidsmæssigt til en større del af døgnet, jf. Infrastrukturkommissionens rapport fra 2008. Problemet berører mange mennesker hver eneste dag og fylder blandt andet af den grund også meget i medierne.

Forsøg på kvantificering af trængslens samfundsøkonomiske konsekvenser indikerer, at den af trængslens forårsagede øgede transporttid for bilisterne beløber sig til mindst 120.000 timer hver dag i 2001 alene i Hovedstadsområdet³. Hvis værdien af den tabte rejsetid skulle opgøres i penge, beløb det sig til ca. 6 mia. DKK om året. Dertil kommer den tabte tid i bustrafikken, der gør busdriften både dyrere og mindre attraktiv. Løbende målinger har dokumenteret, at

¹ <http://www.dtu.dk/centre/modelCenter/TU/Standard%20Tabeller.aspx>

² <http://www.statistikbanken.dk/fu5>

³ COWI(2004).

trængslen er blevet markant værre siden og nu også er udbredt i andre dele af landet, så de samfundsøkonomiske omkostninger beløber det sig i dag ganske givet til et *to-cifret milliard-beløb hvert år for landet som helhed* eller ca. 1% af bruttonationalproduktet, hvilket er samme størrelsesorden som er fundet i andre lande. En betydelig del af disse omkostninger bæres af erhvervslivet i form af tabt arbejdstid og nedsat produktivitet, for eksempel i varedistributionen, hvor færre lastbiler og chauffører kunne klare samme mængder, hvis fremkommeligheden var større.

Men trængslen betyder ikke blot at en rejse tager længere tid men også at regulariteten bliver dårligere, dvs. at ankomsttidspunktet bliver mere usikkert. Det betyder et yderligere velfærdstab, fordi vi ofte må tage af sted i ekstra god tid og ind imellem kommer for sent til vigtige aftaler. Foreløbige danske forskningsresultater tyder på, at disse gener ved nedsat regularitet giver et yderligere samfundsøkonomisk tab i størrelsesordenen 15-20% ud over den ovenfor nævnte tabte rejsetid⁴.

Samtidig har vi oplevet stigende problemer i togdriften med svigtende regularitet og nedsatte hastigheder. Årsagen har i høj grad har været et nedslidt jernbanenet som følge af utilstrækkelig vedligehold og udskiftningstakt af spor og signalanlæg⁵, men fortsat betjening med udtjente tog som følge af de forsinkede IC4-tog har også bidraget til et billede af en svigtende og utidssvarende kvalitet af togbetjeningen i Danmark. I de senere års trafikpolitiske forlig er der dog taget initiativer til at rette op på jernbaneinfrastrukturen, men udbedringen kan ikke ske fra den ene dag til den anden.

1.2 Miljøet

En af de største udfordringer for transportsektoren har altid været dilemmaet mellem på den ene side transportens vitale betydning for samfundet som helhed og ubetingede forudsætning for den industrielle masseproduktions høje produktivitet, jf. indledningen, og på den anden side de meget alvorlige miljøproblemer som har været bagsiden af medaljen. Bortset fra cykel og gang giver alle transportformer fra den motoriserede vejtransport, over jernbanerne til international luftfart og søtransport anledning til væsentlige miljøgener. Hidtil har personbiler og lastbiler været ansvarlige for den største del af miljøbelastningen, blandt andet fordi de står for langt den største del af det transportomfang, der foregår tæt på befolkningen.

Siden forbrændingsmotoren har vundet indpas i vejtrafikken, har *luftforureningen* fra bilernes udstødningsrør ganske givet udgjort sektorens alvorligste forureningsproblem. Afbrændingen af fossile brændstoffer med additiver har bevirket, at befolkningen bliver udsat for en række sundhedsfarlige kemiske stoffer, som hvert år har forårsaget såvel dødsfald som alvorlige akutte og kroniske sygdomme og helbredsskader⁶.

⁴ *Travel time variability Definition and valuation*, DTU Transport 2008, s. 59.

⁵ En stor del af signalanlæggene på hovedbanenettet er mere end 40 år gamle, og de ældste signalanlæg daterer sig tilbage til 1912. Ifølge Banedanmarks opgørelser er der årligt mere end 20.000 signalfejl, der forsinker sammenlagt 40.000 tog om året.

⁶ Hertil kommer luftforureningens påvirkning af skove og afgrøder via forurening af nedbør og ferskvand. Disse skader vurderes dog som værende af væsentlig mindre samfundsøkonomisk betydning end helbredseffekterne.

I starten af 1970'erne var oktanforøgende bly-additiver i benzinen den absolut dominerende kilde til blyindholdet i luften i danske byer. Men gennem gradvis skærpede grænseværdier af blyindholdet og til sidst totalt forbud i 1994 er luftens indhold af bly i dag langt under grænseværdien⁷. Endvidere er der løbende indført skærper af reguleringen af det naturlige indhold af svovl i dieselen samt af de europæiske emissionsnormer for de væsentligste sundhedsskadelige emissioner. På trods af at vejtrafikken er steget med mere end 40% fra 1985 til 2006⁸ er dens svovlemissioner stort set elimineret. I samme periode er emissionerne af de centrale stoffer PM_{2.5}, NO_x, NMVOC og CO faldet med henholdsvis 28%, 30%, 71% og 69%⁹, og faldet forventes at fortsætte fremover gennem udskiftning af bilparken og fortsat skærpelse af emissionsnormerne. Inden for international søfart og luftfart er udviklingen gået i modsat retning som følge manglende regulering.

Trafikstøj er et andet væsentligt miljøproblem, og her er generne mere umiddelbart mærkbare end luftforureningens sundhedspåvirkning. At støjbelastningen fra trafikken opleves som en alvorlig gene for den almindelige borger kan blandt konstateres i huspriserne, som er lavere i områder med væsentlig støjbelastning. Forskellige analyser har fundet en statistisk sammenhæng, hvor huspriserne falder med ca. 1% pr. dB(A)¹⁰. Endvidere har nyere international forskning fundet stigende epidemiologisk dokumentation for at trafikstøjen også har helbreds-skadelige effekter, bl.a. hjerte-karsygdomme og forhøjet blodtryk¹¹.

Men trafikens miljøgener omfatter jo ikke kun negative effekter på befolkningens sundhed men også påvirkning af landskab og naturområder gennem anlæg af den omfattende infrastruktur i form af veje, jernbaner, havne og lufthavne. *Landskabspåvirkningen* indebærer dels forringelse af værdien af naturen til rekreative aktiviteter og dels forstyrrelse af naturens økosystemer med negative konsekvenser for flora og fauna. Med henblik på at begrænse disse påvirkninger har det med hjemmel i planloven gennem årtier været lovpligtigt at gennemføre såkaldte VVM-undersøgelser (Vurdering af Virkninger på Miljøet), som skal udarbejdes som grundlag for (de endelige) beslutninger om alle større anlægsprojekter.

I samfundsøkonomiske analyser af trafikinvesteringer indregnes konsekvenserne for trafikens miljøbelastning i form af enhedsomkostninger pr. kørt kilometer med forskellige transportmidler opdelt på by og land. På baggrund af disse nøgletal har man opgjort størrelsesordenen af de samlede samfundsøkonomiske omkostninger for støj til 9 mia. DKK og for luftforurening til 2 mia. DKK i 2001¹².

Sidst men ikke mindst er transportsektoren en alvorlig bidragsyder til de menneskeskabte CO₂-udledninger, som videnskaben over de sidste ca. 20 år har fundet stigende og efterhånden næsten sikkert belæg for er en væsentlig faktor i den globale opvarmning, som har fundet sted i løbet af de sidste 100 år. Klimaforskernes scenarier for de fremtidige konsekvenser af fortsat global opvarmning er alarmerende. Men problemets globale karakter med ubetydelig lokal

⁷ Miljøstyrelsen(2003): *Renere luft – den danske indsats*, Kapitel 9.

⁸ Vejdirektoratet: <http://www.vejdirektoratet.dk/dokument.asp?page=document&objno=79483>.

⁹ DMU(2008) s. 12.

¹⁰ COWI(2004a) Appendix C.

¹¹ Miljøstyrelsen(2003) Kapitel 3.1.

¹² COWI(2004b) Kapitel 3 og 5.

sammenhæng mellem udslip og skader kombineret med deres meget lange tidsmæssige forsinkelse og ulige geografiske fordeling er en meget stor barriere for politiske handlinger til løsning af problemet. Man kan derfor med rette tale om klimaproblemet som det alvorligste eksempel i menneskehedens historie på "*the tragedy of the commons*"¹³.

I Danmark står transportsektoren for ca. en femtedel af det samlede drivhusgasudslip, og andelen er stigende¹⁴. Mens energiforbruget og CO₂-udslippet i de fleste andre sektorer er stagnerende eller faldende i kraft af effektiviseringer, vokser det fortsat inden for transport trods gentagne politiske målsætninger om det modsatte. Der sker også løbende forbedringer i energiudnyttelsen inden for transport, delvist ansporet af stigende brændstofpriser og politiske initiativer som for eksempel afgifternes indretning. Men historisk er disse effektiviseringer blevet mere end opvejet af trafikvækst, kraftigere motorer, tungere sikkerhedsudstyr samt energikrævende komfortudstyr som for eksempel air condition anlæg. Med den økonomiske vækst som kraftig driver må vi også i fremtiden forvente et stærkt pres efter øget transport – i særdeleshed i udviklingslandene, hvilket gør målet om at "knække kurven" og opnå markante reduktioner i transportsektorens CO₂-udslip til en voldsom udfordring, ikke mindst globalt perspektiv.

1.3 Trafiksikkerheden

Den anden meget alvorlige skyggeside ved trafikken er ulykkerne, som fører til store menneskelige tab og lidelser. Når ulykken indtræffer, er det en tragedie for de involverede og pårørende. Men da den enkelte trafikants risiko for en at blive involveret i en alvorlig trafikulykke heldigvis er meget lille, opfatter mange ikke trafiksikkerhed som et alvorligt problem for dem selv. For samfundet som helhed er trafikulykkerne derimod et stort problem, fordi transportomfanget samlet set løber op i mange milliarder kilometer hvert år, så selv en lille risiko for den enkelte samlet set bliver til store tab. Såvel det samlede antal dræbte og tilskadekomne som ulykkesrisikoen er langt størst i den individuelle vejtransport, hvor langt den største del af trafikanterne er "amatører", i modsætning til jernbane-, fly- og søtransport, som næsten udelukkende udføres af store professionelle organisationer, som derfor kan reguleres via omfattende sikkerhedsforskrifter.

I Danmark dræbes årligt 3-400 personer i vejtrafikken, og cirka 6.500 kommer til skade – heraf omkring halvdelen alvorligt. Antallet af trafikulykker med personskade er lige som antallet af dræbte og tilskadekomne faldet drastisk siden toppunktet først i 1970'erne¹⁵. Alene i perioden 1980-2004 er antallet af trafikulykker med personskade halveret, til trods for at trafikmængden er steget med 50% i samme periode. Risikoen per kørt kilometer er derfor faldet til ca. en tredjedel for de fleste trafikanttyper¹⁶. I 2007 kunne der spores en tendens til stigning, idet antallet af alvorligt tilskadekomne steg med 8% mellem 2006 og 2007. Antallet af dræbte steg med hele 33 % fra 306 til 406 og holdt sig på samme niveau i 2008. Denne stigning efter mange

¹³ Hardin(1961)

¹⁴ <http://www2.dmu.dk/Pub/FR667.pdf> Table 3.2.

¹⁵ Hels, T. og Orozova-Bekkevold, I.(2006).

¹⁶ Brems(2008).

års fald skaber en vis bekymring, ikke mindst fordi den ses i flere meget forskellige lande, blandt andet Finland, Tjekkiet, Norge, New Zealand, Polen og Sverige¹⁷.

I samfundsøkonomiske analyser af trafikinvesteringer indregnes konsekvenserne for trafik-sikkerheden ved brug af enhedsomkostninger pr. trafikuheld, inklusiv en værdisætning af de menneskelige tab ved trafikdræbte og -tilskadekomne. På baggrund af disse nøgletal har man opgjort de samlede samfundsøkonomiske omkostninger ved personskader (dvs. eksklusiv skader på køretøjerne) ved trafikulykker på vejene til 8,5 mia. DKK for 2000¹⁸.

Vi lever alle med bevidstheden om, at trafikdrab finder sted og kan ramme os selv, når vi begiver os ud i trafikken, og giver det dermed en form for passiv accept. Men vi opfatter risiko meget subjektivt, og de fleste er mere trygge, når de selv har en aktiv indflydelse på risikoen for at komme galt af sted: Mange er bange, når de sætter sig ind i et fly, mens få frygter en cykeltur gennem København.

Blandt trafiksikkerhedseksperter er der udbredt konsensus om, at der er tre helt centrale menneskelige faktorer, som til sammen (og overlappende) er medvirkende årsag til en meget stor andel af de dræbte og alvorligt tilskadekomne:

- *Hastighedsoverskridelser:*
Hvis alle overholdt hastighedsgrænserne i 2005, ville der have været 40 trafikdræbte og 600 tilskadekomne mindre¹⁹.
- *Spirituskørsel:*
Hvert 4. trafikdrab sker i forbindelse med et spiritusuheld²⁰.
- *Manglende sikkerhedsselebrug:*
Hvis alle havde brugt selen i 2006 ville det have sparet 55 dræbte og 240 tilskadekomne²¹.

En effektiv indsats for bedre trafiksikkerhed må derfor sigte på at mindske disse overtrædelser af færdselsloven.

I den videnskabelige litteratur er der gentagne gange påvist en sammenhæng mellem hastighed og antal dræbte og tilskadekomne. Vigtige politiske tiltag for at begrænse hastighederne har været indførelsen af generelle hastighedsgrænser i 1973, automatisk hastighedskontrol og i 2005 klippekortet, hvor hastigheder højere end 30 % over den tilladte grænse samt en række andre færdselsforseelser udløser et klip i kørekortet. Langt de fleste klip (ca. 85%) skyldes for høj hastighed.

At køre bil med spiritus i blodet, er åbenlyst risikabelt. For det første forøges reaktionstiden og de motoriske færdigheder forringes, og for det andet svækkes dømmekraft, så man kan have

¹⁷ Se f.eks. IRTAD: International Traffic Safety Data and Analysis Group, <http://internationaltransportforum.org/irtad/pdf/longterm.pdf>.

¹⁸ COWI(2004b) Kapitel 6.

¹⁹ Færdselssikkerhedskommissionen (2007) s.

²⁰ Danmarks Statistik (2008)

²¹ Færdselssikkerhedskommissionen (2007) s.

vanskeligt ved at vurdere de ting, der sker i trafikken. I 1976 indførtes en fast promillegrænse på 0,8 ‰ over hvilken kørsel var ulovligt. Indtil dette tidspunkt var det op til færdselspolitiet at vurdere, om man kunne køre bil på betryggende måde uanset promille. En anden vigtig milepæl i arbejdet med spiritusuheld var indførelsen af alkometre i politiets færdselspatruljer i 1985. I 1998 blev promillegrænsen sænket fra 0,8 ‰ til 0,5 ‰, og med indførelsen af klippekortet blev straffen for spirituskørsel skærpet.

Brug af sikkerhedssele nedbringer ikke antallet af trafikulykker, men gør skaderne ved trafikulykker mindre alvorlige. I 1976 blev det lovpligtigt for førere og forsædepassagerer at bruge sele, og i 1990 blev det også obligatorisk for bagsædepassagerer at bruge sele. I DTU Transports seneste tælling fra 2006 brugte flere end 93 % af førere af personbiler sikkerhedssele. Det er således tankevækkende, at manglende selebrug stadig er skyld i mange trafikdrab og alvorlige tilskadekomster på trods af, at det også i international sammenligning kun er en lille del af bilisterne som ikke bruger selen. Formentlig hænger det sammen med at manglende selebrug er langt hyppigere hos trafikanter som på anden vis udviser højrisikoadfærd.

En effektiv indsats for bedre trafiksikkerhed må derfor sigte på at mindske disse tre områder af trafikantadfærden, som alle er overtrædelser af færdselsloven.

2 PRIORITEREDE INDSATSER

Hvis man skal pege på tre af de oven for beskrevne udfordringer, som bør have højst prioritet må det blive følgende:

- A. *Trængsel*: Da transportsektorens samfundsmæssige opgave først og fremmest er at skabe effektiv mobilitet for befolkning og gods må en af de væsentligste udfordringer uundgåeligt være de alvorlige og stigende fremkommelighedsproblemer som følge af trængslen på vejnettet.
- B. *Drivhusgasudslippet*: På den anden side kan man ikke komme uden om, at transportsektoren er en betydelig bidragsyder til den globale opvarmning, der kan ses som det mest omfattende miljøproblem i menneskehedens historie. Da fremskrivninger samtidig peger på transport som den sektor, hvor CO₂-udledningen alt andet lige vil vokse mest i fremtiden, vil det ikke være samfundsmæssigt ansvarligt ikke at adressere problemet.
- C. *Dræbte og tilskadekomne ved trafikuheld*: Selv den mest påpasselige trafikant kan sagesløst komme ud for en alvorlig trafikulykke. Vi lever med dagligt med risikoen, for det rammer nok naboen. Men trafikulykker er den hyppigste dødsårsag for børn og unge under 25 år²², og det samlede antal trafikdræbte er som nævnt over 300 hvert år. Hertil kommer alle dem, der mister førerlicensen eller åndsevnerne for resten af livet. Alene de dræbte svarer antalsmæssigt til, at der hvert år styrtede et stort passagerfly ned i Danmark.

²² Bortset fra spædbørnsdødelighed. <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1280>.

De følgende tre delafsnit vil diskutere mulige tiltag rettet mod hver af disse tre udfordringer i forhold til deres effekt og omkostninger. Afslutningsvist vil bedste bud på en kvantificering af de foretrukne virkemidlers samfundsøkonomiske lønsomhed blive opsummeret i Afsnit 3.

A) Trængsel

A.1 En velkendt udfordring

I de første mange årtier af den motoriserede vejtrafiks historie var investeringerne i infrastrukturen først og fremmest et spørgsmål om, i takt med bilernes stigende udbredelse, at bygge fintmasket vejnet af høj kvalitet. Det var grundlaget for, at bilerne og lastbilerne med høj fart kunne transportere personer og gods hurtigt (og sikkert) til og fra ethvert sted i landet. Efterhånden er fokus i højere grad rettet mod at øge de eksisterende vejstrækningers kapacitet, efterhånden som trafikvæksten skaber fremkommelighedsproblemer i spidsbelastningstidspunkterne på de tættest trafikerede ruter. Trængsel er således en velkendt problemstilling som længe har været i fokus i trafikpolitikken, hvor årlige milliard-investeringer i nye og større veje indtil for nyligt har kunnet begrænse kapacitetsproblemerne. Det er dog ikke sådan, at en opgørelse af de samlede omkostninger ved trængslen til et stort milliard-beløb giver samfundsøkonomisk belæg for at investere et tilsvarende beløb på nye veje for at fjerne trængslen, og der findes ingen fornuftige tiltag, der kan fjerne trængslen helt. Det ville kræve en vejkapacitet, som slet ikke ville stå mål med omkostningerne.

Men de stigende trængselsproblemer over de seneste ti år har også politisk ledt til en erkendelse af, at det næppe vil være muligt at finde investeringsmidler i det omfang, der vil skulle til for at løse trængselsproblemerne alene ved fortsatte vejudbygninger.

For der er desværre ingen effektiv enkelt snuptagsløsning på trængslen, som man kan sætte én samfundsøkonomisk pris på. En optimal strategi over for trængslen i trafikken må involvere en vifte af tiltag, hvori vejudbygninger indgår, men hvor det også er vigtigt at påvirke efterspørgslen afhængigt af tid og sted, så trafikken ikke overstiger kapaciteten med henblik på at sikre en samfundsmæssig optimal udnyttelse af vejnettet.

A.2 Trængselsafgifter

Trængslen er karakteriseret ved, at bilisterne kollektivt set både er problemet og udsættes for generne. Den enkelte bilist tager ikke hensyn til, at det er en ulempe for de andre trafikanter, når man vælger at køre på tider og steder med trængsel. Den ekstra bil nedsætter de andres hastighed, så de hver især får en (lille) forøgelse af turens varighed. Alligevel er den samlede ekstra rejsetid for de alle øvrige trafikanter overraskende stor og kan være langt højere end den direkte rejsetid, som den ekstra bilist selv oplever. Det er ikke hensigtsmæssigt, idet den samlede samfundsmæssige nytte af vejsystemet ville være større, hvis nogen blev hjemme eller valgte en anden transportform, og derved skabte mere plads til de andre.

Et effektivt middel til at regulere trafikken er derfor at pålægge den enkelte bilist en kørselsafgift, som modsvarer den omkostning hver bilist påfører de andre bilister. Derfor er det hensigtsmæssigt, hvis afgiften kan målrettes mest muligt mod problemet, så afgiften er størst på de

veje og tidspunkter, hvor trængslen er størst²³. Herved opnås, at de bilture, som ikke er den fulde omkostning værd (dvs. ens egne omkostninger plus dem man påfører de andre), enten omlægges eller aflyses. Dette giver en samfundsmæssig nettogevinst, herunder afgiftsprovenu- uet, der kan anvendes til andre formål. Hvis man politisk ikke ønsker at øge den samlede bilbeskatning kan provenuet benyttes til at sænke registreringsafgiften. I så fald vil der være tale om en betydelig geografisk omfordelingseffekt fra befolkningen i hovedstadsområdet samt i og omkring de store byer til dem, der bor på landet. Uanset vil en effektiv trængselsafgift give anledning til intense fordelings-politiske diskussioner²⁴. I forbindelse hermed er det væsentligt at huske at afgiftsprovenuet er en meget stor del af benefit-siden, så en lønsom anvendelse heraf er afgørende for den samfundsøkonomiske rentabilitet af trængselsafgifterne.

Et ofte fremført argument er, at man jo kun kører det, man har "behov" for, og at en afgift derfor ikke mindsker trafikken, men blot er en skat på bilisterne. Men det er veldokumenteret i både danske og udenlandske undersøgelser, at det samlede transportomfang afhænger af prisen, som med alt andet forbrug. Nogle nedsætter ikke deres kørsel nævneværdigt, mens andre helt holder op med at have bil, enten fordi de i forvejen synes at det var vel dyrt, eller fordi de undlader at købe en ny, når den gamle skrottes.

Både udenlandske erfaringer og danske forsøg viser, at en trængselsafgift er et meget stærkt instrument til at regulere trafikken. Trafikkens omfang og fordeling vil i løbet af nogle år gradvist tilpasse sig: nye ruter, andre transportformer, ændrede rejsetidspunkter (uden for myldretiden) og nogle ture vil falde helt væk. Herved opnås en bedre fremkommelighed i vejnettet og en bedre udnyttelse af transportsystemets kapacitet over tid og sted.

Der er grundlæggende to typer af systemer der kan opkræve sted- og tidsafhængige vejbenyttelsesafgifter, som kan karakteriseres som henholdsvis det "avancerede" og det "simple" med de fordele og ulemper der typisk er knyttet hertil:

- *Strækningbaseret*, som oftest (og i det følgende) er det der forbindes med kørselsaf- gifter: Betalingen baseres på en GPS-modtager, der bestemmer kilometertaksten. Fordelen ved dette system er at det er muligt at målrette afgiften præcist mod der, hvor der er trængsel og dermed opnå den optimale incitamentstruktur og adfærdspå- virkning. Det er fleksibelt og kan gøres landsdækkende. Den væsentligste ulempe er, at systemet endnu ikke er implementeret noget sted og det derfor er meget usikkert, hvad omkostningerne vil blive.
- *Betalingsring*, hvor afgiften er knyttet til passering af en zonegrænse, typisk centrum i større byer. Betalingen kan for eksempel ske ved registrering via en "Brobizz". Fordelen er at teknologien er implementeret og dermed velkendt enkelt og formentlig billigere

²³ Kørselsafgifter bør principielt også inkludere trafikens andre eksternaliteter, (primært: støj, luftforurening, trafikuheld, vejslid, CO₂-udslip) og differentieres efter variationer i disse. Det vil i store træk kunne opnås ved en generel differentiering mellem kørsel i byen og på landet plus en trængselskomponent, som kun pålægges tidspunkter og veje med trængsel, men som på de mest belastede veje vil være den klart væsentligste del af afgiften. I dette afsnit ses der for enkelhedens skyld bort fra andre eksternaliteter end trængslen.

²⁴ En ofte overset fordel er derudover, at udenlandsk transit trafik betaler for benyttelsen af det danske vejnet, i højere grad end i dag.

end et GPS-baseret system, i hvert fald på kort sigt. Ulempen er omvendt at systemet kun er velegnet til København, evt. de større provinsbyer, og at det kan være vanskeligt at indrette takstsystemet tilstrækkeligt effektivt til opnå tilstrækkeligt store trafikale gevinster, som retfærdiggør systemet²⁵.

Betalingsringe til begrænsning af trængslen er blandt andet indført i London og Stockholm, og omfattende samfundsøkonomiske analyser er i begge tilfælde nået frem til klart positive nettonutidsværdier²⁶. For Danmark har IMV(2006) foretaget samfundsøkonomiske *ex ante* beregninger for både et kørselsafgiftssystem og en betalingsring for København. Resultaterne er meget usikre, men mere positive for et kørselsafgiftssystem end en betalingsring. Rapporten konkluderer at et kørselsafgiftssystem først er klart positiv om 5-10 år, når trængslen forventes at være steget yderligere og fordelene derfor større. DØRS(2006) konkluderer tilsvarende at usikkerheden er så stor, at en entydig anbefaling af et kørselsafgiftssystem eller en betalingsring ud fra dagens trafiksituation bør baseres på yderligere analyser²⁷. Nyere beregninger med to andre modeller viser at selv optimerede bompengesystemer har en negativ samfundsøkonomi (Larsen & Nielsen, 2008, COWI 2008).

Et kritisk punkt i forhold til samfundsøkonomien er usikkerheden omkring systemomkostningerne, som ikke er ubetydelige i forhold til de trafikale nettogevinster, som i øvrigt i høj grad afhænger af designet af afgiften (Teknologirådet, 2009).

De fleste eksperter vurderer, at et GPS-baseret system vil være betalingsringen overlegen på længere sigt, også med hensyn til driftsøkonomi. Det relevante spørgsmål er derfor hvorvidt man skal indføre en betalingsring (for København) i en overgangsperiode som forløber til et (landsdækkende) GPS-system eller om man skal afvente eller eventuelt deltage i udviklingen af det fremtidige system.

I Holland, hvor trængselsproblemerne er betydeligt mere omfattende end i Danmark, har man vedtaget at udvikle et fuldt GPS-baseret system, der skal træde i kraft for lastbiler i 2011 og for andre køretøjer i perioden 2012-2016. Analyserne forud for beslutningen viser et stort samfundsøkonomisk overskud (CBP, 2005) på trods af meget store investeringer i systemet. Der er budgetteret med investeringsomkostninger til udvikling og implementering på 3,64 mia. €, ca. 27 mia. DKK²⁸. Selv om antallet af køretøjer i Danmark kun er ca. en tredjedel af Hollands, indikerer dette, at der vil være tale om en meget omfattende investering, hvis et tilsvarende system skal indføres i Danmark. Det taler for at afvente hollændernes erfaringer, da omkostningerne må forventes at blive markant lavere for lande, der følger efter. Regeringens oplæg *Bæredygtig transport – bedre infrastruktur* fra december 2008 foreslår en omfattende omlægning af bilbeskatningen hvori indgår en ”ny grøn kørselsafgift”, der skal variere i forhold

²⁵ I Singapore har man udarbejdet betalingssystemer med flere bomme og differentierede takster, hvilket er dyrere at anlægge, men muliggør en mere raffineret prissætning

²⁶ Stockholm Stad (2006) og Transport for London (2007).

²⁷ DØRS(2006) medregner ikke effekterne for erhvervstransporten, hvilket er en klar undervurdering, idet ca. halvdelen af trængselsomkostningerne bæres af netop denne trafik, jf. COWI(2004c). DØRS når endvidere frem til mere positive resultater for betalingsringen. Det skyldes primært højere systemomkostninger for kørselsafgiftssystemet, og at den anvendte model har vanskeligt ved at opfange de trafikale fordele ved kørselsafgifterne frem for betalingsringen.

²⁸ Rijkswaterstaat (2008) s. 14.

til tid og sted mod en sænkning af registreringsafgiften fra 2015 og over en årrække. Et flertal i folketinget har i februar i år taget principbeslutning om en sådan omlægning.

A.3 Udbygning af vejnettets kapacitet

Men uanset behovet for at regulere trafikefterspørgslen gennem trængselsafgifter, vil udbygning af vejnettets kapacitet uundgåeligt også fortsat skulle være et element i transportpolitikken, hvis vi skal sikre en høj mobilitet for borgere og virksomheder i fremtiden. Nye veje giver endvidere generelt bedre fremkommelighed, også uden for tidspunkterne med trængsel, og oftest også bedre trafiksikkerhed. Derudover kan f.eks. omfartsveje og fjernelse af flaskehalse give lokale miljømæssige fordele i form af mindre luftforurening og støj m.v., mens CO₂-udledningen ofte stiger som følge af den ekstra trafik, som forbedret fremkommelighed skaber. Med de værdisætninger af effekterne som anvendes i de samfundsøkonomiske analyser er disse miljøeffekter imidlertid relativt små i forhold til værdien af rejsetidsbesparelser og færre trafikuheld for langt de fleste vejprojekter.

A.4 Det statslige vejnet

Lønsomme opgraderinger af vejstrækninger vil som oftest være stærkt trafikerede veje (fordi tidsbesparelserne er store) uden for de tæt bebyggede byområder (fordi det er dyrt, hvis der ikke er plads). Som fremhævet i Infrastrukturkommissionens rapport drejer det sig først og fremmest om en stor del af motorvejsnettet i Hovedstadsområdet uden for Motorring 3, samt dele af motorvejsnettet i Østjylland og nogle steder på det øvrige statslige vejnet.

Hvor mange og hvilke vejudbygninger, der bør prioriteres, bør vurderes ud fra grundige analyser af hvert enkelt projekts lønsomhed: Effekten på trængslen, dvs. hvor meget rejsetid der kan spares, i forhold til omkostningerne.

På trods af, at der stadig er plads til forbedringer er netop statslige vejinvesteringer formentlig det anlægsområde hvor der er den største tradition for at lave samfundsøkonomiske analyser af de trafikale gevinster (primært sparet rejsetid) i forhold til investeringsomkostningerne som del af beslutningsgrundlaget før iværksættelsen af et vejbygningsprojekt. Siden 1980'erne har man endvidere på systematisk vis medregnet væsentlige miljøeffekter (luftforening og støj) og trafiksikkerhed (dræbte, tilskadekomne mennesker og materielskader).

I Sverige har man en lang planlægningstradition, hvor B/C-ratio sammenlignes for en samlet pulje af infrastrukturprojekter som grundlag for politiske beslutning om en regelmæssigt opdateret statslig investeringsplan. I Danmark har de samfundsøkonomiske analyser imidlertid historisk set ikke været anvendt systematisk og i bedste fald kun som input til isolerede beslutninger om anlægslove for enkeltstående projekter.

I løbet af det seneste årti har der dog i stadig stigende grad været fokus på samfundsøkonomisk lønsomhed i den politiske beslutningsproces. I 2003 præsenterede Regeringen en samlet investeringsplan (Trafikministeriet, 2003a), hvor samfundsøkonomi fremhæves som et afgørende kriterium og med sammenligning af lønsomhedsberegninger for de fremlagte forslag. Samme år offentliggjorde trafikministeriet en ny og grundig manual for samfundsøkonomiske analyser (Trafikministeriet, 2003b), hvor metoderne siden løbende er

blevet opdateret. Senest er vigtigheden af samfundsøkonomisk beslutningsgrundlag for kommende prioriteringer infrastrukturinvesteringerne blevet politisk rodfastet i principperne for "Rullende planlægning" i Regeringens langsigtede transportplan *Bæredygtig transport – bedre infrastruktur* fra december 2008 og den efterfølgende politiske aftale om *En grøn transportpolitik*, januar 2009.

I det lys er det vanskeligt at komme med markante yderligere anbefalinger i forhold til behovet for udbygning af den overordnede vejkapacitet. Hvor meget trængsel vi må leve med, må så i sidste instans afhænge af de marginale omkostninger til yderligere vejudbygning. Et aspekt bør dog fremhæves:

En trængselsafgift vil mindske behovet for og dermed lønsomheden af vejudbygninger,

hvis den indføres som et landsdækkende system med tids- og stedsafhængige kørselsafgifter.

For det statslige net i Hovedstadsområdet indikerer beregninger i studenterprojekter fra DTU, at en projektpulje på 10-20 mia. kr. (ud over allerede besluttede projekter) vil kunne have en nutidsværdi på 20-75 mia. kr. set over en 30-årig periode. På baggrund heraf vurderes, at B/C ratio for disse projekter samlet set vil ligge på omkring 1,5-2 i et *scenario med de nuværende afgifter*. Mere skønsmæssigt vurderes tilsvarende, at motorvejsudbygninger i størrelsesordenen 3-5 mia. kr. i resten af landet vil være samfundsøkonomisk rentable med tilsvarende B/C forhold²⁹.

I et *scenario med en veludvalgt trængselsafgift* tyder analyserne for Hovedstadsområdet på, at der formentligt kun vil være positiv nutidsværdi i vejprojekter for motorvejsnettet i størrelsesordenen 0-10 mia. kr., mens kun få af motorvejsprojekterne udenfor Hovedstadsområdet vil få gevinster, der i så fald kan stå mål med investeringen³⁰.

Endelig skal det nævnes, at et billigere alternativ til motorveje men med mindre kapacitet er de såkaldte "2+1" landeveje, hvor der er et ekstra spor i skiftevis den ene og den anden kørselsretning. Sverige har siden 1998 gennemført en omfattende ombygning af landevejsnettet, hvor en række brede landeveje er ombygget til "2+1" veje med kabelautoværn i midten. Ifølge Carlsson(2009) har B/C forholdene været meget store for disse projekter – mellem 2,3 og 7,7. Effekten har først og fremmest været bedre trafiksikkerhed: Antallet af dødsfald på veje i puljen er faldet med 76% i forhold til tilsvarende veje, der ikke er ombygget, og over en 10-årig periode er dødsfald reelt faldet med 79% på de ombyggede veje. I Danmark må man imidlertid også forvente, at 2+1veje vil kunne give fremkommelighedsgevinster, idet de i Sverige i de fleste tilfælde tillader 90 eller 100 km/t hastighedsgrænser. Denne vejtype bør derfor indgå som et hovedalternativ i analyserne af projekter for de store dele af det statslige vejnet, hvor trafikomfanget ikke berettiger motorveje, men hvor der alligevel er så meget trafik, at man med fordel vil kunne opgradere vejene.

²⁹ Rasmussen & Jensen(2008), samt Lia & Hvid(2008).

³⁰ Til sammenligning kan nævnes, at den britiske Eddington-kommission (Eddington, 2006 s. 40) estimerer, at indførelse af et nationalt kørselsafgiftssystem vil kunne reducere behovet for udbygning af vejnettet uden for byerne med 80%.

A.5 Flaskehalse i det kommunale vejnet

En stor del af trængslen finder sted på de kommunale vejnet (ca. 80-85 % i Hovedstadsområdet, jf. Nielsen m.fl., 2004), og her vil der formentligt kunne identificeres et stort antal projekter, hvor der kunne opnås relativt store fremkommelighedsgevinster i forhold til relativt beskedne investeringer, jf. også redegørelsen i Infrastrukturkommissionen(2007) Afsnit 16.3.3. Eksempler på sådanne forbedringer er:

- ombygning af vejkryds,
- optimering af signalkryds,
- anlæg af rundkørsler,
- udvidelse af kortere vejstykker med flaskehalse, og
- anlæg af omfartsveje
- bedre tilkørselsforhold til motorvejsnettet.

Imidlertid er det et område, hvor der af pragmatiske grunde ikke har været den store tradition for at foretage egentlige samfundsøkonomiske analyser, der har kunnet dokumentere dette. Men Vejdirektoratet(2005) har foretaget samfundsøkonomiske vurderinger af fem typiske eksempler på mindre kapacitetsfremmende anlægsinvesteringer, der illustrerer, at der i alle fem tilfælde kan opnås meget høje B/C-ratio (to-cifrede!) ved valg af de rette løsninger. Den britiske *Eddington-kommission*³¹ konkluderer tilsvarende at mange mindre opgraderings- og flaskehalsprojekter har et betydeligt højere afkast.

Endvidere er det givetvis en barriere i forhold til realisering af denne type projekter, at der nemmere skabes politisk fokus på større og mere synlige projekter åbning af helt nye veje. Samme politologiske mekanismer bidrog i 1980'erne og 1990'erne til en høj grad af forsømmelse af det løbende vedligehold af anlægsmassen i specielt jernbanerne men også dele af vejnettet, som det i disse år kræver massive reinvesteringer at rette op på.

Den politiske vilje til at prioritere en samfundsøkonomisk lønsom investering i udbedring af en trafikal flaskehals på en kommunes hårdt trængte budget hæmmes yderligere af, at gevinsterne ofte kun delvist tilfalder den pågældende kommunes borgere. Det vil i særlig grad være tilfældet i Hovedstadsområdet og for tidligere amtsveje, hvor en større del af de trafikanter, der belastes af trængslen i dagens situation, kan være pendlere eller erhvervstrafik fra omkringliggende kommuner.

I forbindelse med trafikaftalen om *En grøn transportpolitik* (Transportministeriet, 2009 s. 23) er der afsat en pulje på 0,8 mia. DKK for 2009-2014 til bedre kapacitet og bekæmpelse af flaskehalse på centrale jernbane- og vejforbindelser til den overordnede infrastruktur. De ovennævnte typer af projekter kan fremmes ved at udvide denne pulje med et tilsvarende beløb til flaskehalsprojekter på det kommunale vejnet, der har en klart dokumenteret samfundsøkonomiske rentabilitet. For at undgå uklarhed om opgavefordelingen mellem staten og de kommunale vejmyndigheder kan man vælge at tilføje en betingelse om, at projekter også afhjælper problemer for den regionale trafik, jf. principperne for *Pulje til kapacitetsforbedringer og sikkerhed* i investeringsplanen fra 2003. (Trafikministeriet, 2003a s. 32-34)

³¹ Eddington(2006) s. 38

A.6 Intelligente trafiksystemer

Med Intelligente Transportsystemer (ITS) kan man øge kapaciteten af det eksisterende vejnet (Rørbech, m.fl. 2005). I mange tilfælde vil det være langt billigere end vejudbygning målt i effekt per investeret krone. Eksempler er intelligente trafikstyrede lyssignaler, rampedosering ved motorveje, trafikstyring på motorveje, brug af nødspor og fartkontrol (sikkerhed og fremkommelighed). Er trafikken brudt helt sammen i signalregulerede vejkryds vil ITS kunne give en betydelig fremkommelighedsgevinst ved en dynamisk samordnet intelligent styring af signalanlæggene.

Selvom ITS bestemt kan forbedre fremkommeligheden på motorvejsnettet, så ligger det største forbedringspotentiale det kommunale vejnet, hvor der er mange signalanlæg og stor trængsel, og på tilkørselsvejene til motorvejsnettet. Eksempler på små ændringer af vejkryds (intelligente signalanlæg, forlængelse af svingbaner, m.v.) har samfundsøkonomisk tilbagebetalingstider på under et år. Der ligger en udfordring i, hvordan kommunale myndigheder kan gives et incitament til at indføre ITS.

ITS løsninger af forskellig art har fungeret i udlandet i mange år³², men området har været forsømt i Danmark. Der er i *En grøn trafikpolitik* (Transportministeriet 2009) afsat en statslig pulje til ITS på 0,6 mia. kr. over seks år (2009-2014), så der kan opnås danske erfaringer med ITS. Det er naturligvis en start men der er et meget beskedent beløb i forhold til de samlede infrastrukturinvesteringer, derfor langt fra ambitiøst i forhold til potentialet i en udviklingsindsats i forhold til mere avancerede systemer. Baseret på erfaringerne fra ikke mindst Holland men også de få danske forsøg er det er formentlig realistisk, at investeringer i ITS kan have en særdeles gunstig samfundsøkonomisk rentabilitet, idet investeringerne er langt mindre end traditionelle investeringer i nye veje og jernbaner. Der er i Danmark ikke foretaget egentlige samfundsøkonomiske konsekvensberegninger af ITS (Rambøll, 2007).

A.7 Styrkelse af den kollektive trafik

En anden måde at mindske trængslen på vejnettet på, er hvis flere bilister valgte at bruge den kollektive trafik: Overflytning til tog vil fjerne trafikanter fra vejnettet, og buspassagerer optager ikke nær så meget kapacitet, - med mindre der sidder meget få i bussen.

Men erfaringerne har vist, at det er vanskeligt at få bilister til at skifte til den kollektive trafik ved at forbedre servicen. Med mindre bilernes fremkommelighed er voldsomt nedsat på grund af kraftig trængsel, vil bus eller tog alligevel i de fleste tilfælde ikke kunne konkurrere med bilen i rejsehastighed fra dør til dør. Når man har købt bilen, er de marginale omkostninger til brændstof og slid, som regel også mindre pr. kilometer end bus- og togbillettens pris. Derfor er der sund fornuft set fra den enkelte at vælge bilen, hvis man har mulighed for det.

³² Et meget effektivt tiltag er *rampedoseringsanlæg*. Det første blev taget i brug i 1963 på Eisenhower Expressway i Chicago http://en.wikipedia.org/wiki/Ramp_meter, og det er i dag benyttet i en lang række Amerikanske byer samt på det landsdækkende motorvejsnet i USA. I Minneapolis-St.Paul gennemførte man i 2000 et forsøg, hvor man afbrød de 433 rampedoseringsanlæg i 8 uger på baggrund af en politisk diskussion om anlæggenes effektivitet. Anlæggene blev genindført efter forsøget, da det viste sig, at de gennemsnitlige rejsetider i regionen steg med 22% og antallet af trafikuheld steg med 26%. I Europa er rampedoseringsanlæg også udbredt i bl.a. England, Tyskland og Holland.

De primære fordele ved investeringer i bedre kollektiv trafik er derfor oftest tidsgevinster for eksisterende brugere i den kollektive trafik, og langsigtede effekter, der er vanskelige at kvantificerede (f.eks. vedrørende bilejerskab). Gevinster vedrørende trafiksikkerhed, CO₂-udledning og nedsatte luftforurening og støj betyder relativt set lidt det samlede regnestykke, og da anlægsomkostningerne ofte er ganske store, har investeringer i kollektiv trafik i mange tilfælde en dårlig samfundsøkonomisk lønsomhed³³.

Potentialet for samfundsøkonomisk rentable investeringer er størst i de store befolkningskoncentrationer, hvor der er et tilstrækkeligt passagergrundlag til, at rejsetidsgevinster m.v. ved højklassede løsninger kan opveje investerings- og driftsomkostningerne. Det vil først og fremmest sige i Hovedstadsområdet og det Østjyske bybånd samt langdistancetrafikken mellem landsdelene, specielt til/fra København og Østjylland.³⁴ I tyndt befolkede områder er kollektiv trafik sjældent rentabelt mener begrundet i *public service*, dvs. samfundets forpligtelse til at sikre mobilitet for alle borgere, også for dem der ikke har bil til rådighed.

Af konkrete projektplaner, hvor Cost-benefit analyser har vist en samfundsøkonomisk lønsomhed kan nævnes København-Ringstedbanen over Køge (ca. 10 mia. kr.³⁵), samt S-tog til Roskilde og S-tog til Nivå eller Kokkedal³⁶.

En del potentielle nye jernbane- og letbaneprojekter har ikke været undersøgt til bunds, og endnu flere har slet ikke været analyseret samfundsøkonomisk. Der har også været rejst kritik af tidligere udredninger for at ud fra politiske ambitioner har valgt for "forkromede" løsninger, at drifts- og samfundsøkonomiske kriterier har haft lidt vægt i de politiske beslutninger, samt at man i analyserne ikke har tilpasset og optimeret det eksisterende kollektive trafikssystem til de nye projekter (Landex & Nielsen, 2005).

Mange af de mindre prestigefyldte kollektive anlæg, der fjerner lokale flaskehalse og kilder til regularitetsproblemer, vil formentligt have en ret fornuftig samfundsøkonomi parallelt til vurderingen på vejsiden, jf. ovenfor. Men der er i Danmark ikke tradition for at analysere sådanne projekter med samfundsøkonomiske metoder og finansieringsmulighederne er ofte dårlige, fordi politisk fokus ofte retter sig mod de større og mere synlige projekter.

Fremkommelighedstiltag for bustrafikken i Hovedstadsområdet har ofte en positiv driftsøkonomisk rentabilitet (HUR, 2002³⁷), men hindres af, at det er forskellige offentlige kasser, der betaler og opnår fordele (typisk at det er MOVIA, der får fordelene og kommunernes vejforvaltninger, der finansierer). Ifølge HUR(2002) er de samfundsøkonomiske fordele endnu

³³ Se Landex & Nielsen(2005), der baseret på 33 kilder (tidligere analyser) samt 22 studenterprojekter Bachelor- og Kandidatprojekter vurderer letbaneprojekter i København

³⁴ Generelt kan man sige at jo større befolkningsunderlag jo dyrere løsninger kan være lønsomme. Egentlige højhastighedstog (>250 km/t) ser man derfor også stort set kun mellem byer med mindst en million indbyggere, naturligvis med stop i mindre byer.

³⁵ København-Ringstedprojektet er analyseret i en række udredninger, senest af Trafikstyrelsen, hvor de mange dokumenter kan downloades fra <http://www.trafikstyrelsen.dk/sw105884.asp>

³⁶ <http://www.kollektivtrafik.dk/sider/0505nyhedsbrev.pdf>

³⁷ <http://www.moviatrafik.dk/KommuneRegion/Publikationer/Documents/bedrefremkommelighed2002.pdf>

større, idet man ud fra tallene kan skønne et B/C forhold på mellem 2 og 4 afhængig af antagelser om ændret transportmiddelvalg³⁸.

Endelig er der utvivlsomt et potentiale for forbedring af driften af den kollektive trafik. Eksempelvis viser beregninger på DTU Transport, at der er et stort potentiale for at optimere køreplanerne i den kollektive trafik (Feil, 2005 samt Jansen & Pedersen, 2002).

Som nævnt kommer investeringer i kollektiv trafik ofte dårligere ud end vejinvesteringer i forhold til dagens situation. Men hvis man indfører et kørselsafgiftssystem med det formål at reducere af trængslen, vil det trække i retning af bedre lønsomhed af kollektive trafikprojekter. Hvis man vil fjerne en del af (væksten i) trafikken, må man sikre at trafikanterne har realistiske alternativer. En styrkelse af den kollektive trafik både kapacitetsmæssigt og kvalitetsmæssigt vil være afgørende for hvor mange bilister, der kan overflyttes i morgen- og eftermiddagsmyldretiden, hvor belastningen og trængslen er størst. Forbedres fremkommeligheden her (samtidigt med at bussers fremkommelighed i sig selv jo også forbedres som følge af mindre biltrafik) vil flere få gavn af det, hvilket forbedrer samfundsøkonomien af investeringer i kollektiv trafik.

En trængselsafgift vil øge behovet for og dermed lønsomheden af investeringer i bedre kollektiv trafik,

Det er vanskeligt at vurdere hvor stor en mængde projekter, der vil være lønsomme, men det skønnes, at en pulje på 1 mia. DKK om året til først og fremmest bussernes fremkommelighed vil være samfundsøkonomisk lønsomme.

B) Drivhusgasudslippet

B.1 Den langsigtede udfordring

Transportsektorens klimaudfordring er karakteriseret af to grundlæggende forhold:

- Den globale opvarmning er en langsigtet problemstilling, som i praksis er umulig at løse på kort sigt, om end omstillingsprocessen, der skal "knække kurven" er foruroligende presserende.
- Den langsigtede udfordring er så omfattende, at den nødvendige nedbringelse af CO₂-udslippet vil indebære en radikal omlægning af hele vores energisystem, inklusiv transportsektoren.

Politiske tiltag med henblik på kortsigtede mål om en gradvis nedbringelse af CO₂-udslippet må derfor bidrage til den langsigtede løsning. Der er imidlertid en risiko for, at EU's og de enkelte landes bestræbelser for at opfylde deres internationale aftaleforpligtelser i 2020 i for høj grad fokuserer på effektiviseringer af eksisterende fossilt baserede teknologier, men som på lang sigt er teknologiske blindgyder.

³⁸ Det er dog i referencen uklart hvorvidt der er taget hensyn til ændret fremkommelighed for bilismen, og derved om fordelene reelt overvurderes.

Lad os indledningsvist beskrive det helt overordnede globale perspektiv for klimaudfordringen: Klimagasudslippet pr. borger ca. 4 gange højere pr. borger i de "rige" lande i forhold til resten af verden i 2000³⁹. Det er vanskeligt at forestille sig en international aftale, der fører til en radikal nedbringelse af det globale udslip, uden at denne vil indeholde et princip om de enkelte landes kvoter for CO₂-udslip på lang sigt skal svare til, at hver borger i verden har ret til samme CO₂-udslip. Lægges et sådant "konvergens"-kriterie til grund, indebærer en forudsætning om en (moderat) 50% reduktion af det globale klimagasudslip, at *de "rige" landes udslip pr. borger skal nedbringes til en femtedel af det nuværende*, selv hvis man ser bort fra en forventet forsat global befolkningsvækst⁴⁰.

Samtidig må vi forvente at den historiske trend mod stigende transportomfang, drevet af den økonomiske vækst og globaliseringen, vil fortsætte. En årlig vækstrate på 1,5% (der vil være moderat lavere end den historiske trend⁴¹) vil give omtrent en fordobling af det samlede transportomfang på i OECD-landene, hvilket at andet lige vil føre til en tilsvarende vækst i energiforbrug og CO₂-udslip.

Det kan diskuteres, jf. nedenfor, hvor meget af klimagasreduktionen, der hensigtsmæssigt skal ske i transport-sektoren. Men antager man for enkeltheds skyld, at reduktionen på lang sigt procentvis skal svare til den samlede reduktion på 50% (i 2050), vil den ovennævnte transportvækst på 1,5% pr. år sammen med ovennævnte konvergens-kriterium føre til, at transport-sektorens gennemsnitlige CO₂-intensitet (pr. person- og tonkm) skal reduceres med ca. 93% *svarende til en faktor 15(!)*.

Uanset de oplagte implicitte forbehold disse simple forholdstalsberegninger turde det ovenstående udsagn om, at en løsning af klimaudfordringen vil indebære en radikal omlægning af transportsektorens energiforbrug, være åbenbart:

De nødvendige langsigtede reduktioner af sektorens CO₂-udslip kan ikke opnås gennem realistiske begrænsninger af transportbehovet og løbende forbedringer af de konventionelle fossilt-baserede motorteknologiers energieffektivitet. Disse tiltag kan kun bidrage til at knække kurven på kort sigt.

Det er derfor afgørende, at tiltag på disse områder implementeres gennem politiske virkemidler med en hensigtsmæssig incitamentstruktur, der ikke forsinker men derimod *forcerer* den forskning og udvikling, der skal frembringe fremtidens fossilfrie teknologier.

Dette gælder i særlig grad for landtransporten, herunder den individuelle transport med personbiler som må bære en forholdsmæssigt stor andel af transportsektorens CO₂-reduktion,

³⁹ (IPCC, 2007) Figure 2.2. Med "rige" lande menes "Annex 1" landene (1998) i UNFCCC-regi, dvs. OECD-1990 plus Østeuropa.

⁴⁰ FN forventer at jordens befolkning vokser med 30-40% til 9,2 mia. mennesker i 2050 mod 6,7 mia. i dag.
<http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/English.pdf>

⁴¹ For den historiske udvikling i OECD-landene se:

<http://www.internationaltransportforum.org/statistics/trends/TotalFreight.xls> og

<http://www.internationaltransportforum.org/statistics/trends/PassengerTotal.xls>.

Det lavere indkomstniveau har betydet privatbilismen først nu er ved at blive udbredt i mange udviklingslande, må transportvæksten i disse lande forventes at blive højere over de næste årtier.

idet det i dag er vanskeligt at få øje på alternativerne til flydende fossile brændstoffer i den internationale luftfart, søtransport og til en vis grad også godstransporten på vej. Fokus vil derfor være på personbiltransporten i det følgende.

Samfundsøkonomiske lønsomhedsberegninger af konkrete klima-tiltag kompliceres af, at det i praksis er ekstremt vanskeligt at foretage brugbare kvantificeringer af fordelene ved at undgå skadeseffekterne af en øget global opvarmning. Der er foretaget beregninger med globale klimamodeller af konsekvenser og afledte skadeseffekter, men brugbarheden af resultaterne heraf stærkt diskutabel. Ikke alene må beregningerne baseres på en række meget usikre forudsætninger af stor betydning for resultaterne, men selv inden for modellernes præmisser varierer estimatet for skadesomkostningerne pr. ton med en skalaforskel afhængigt af forudsætningerne om den fremtidige basisfremskrivning af det samlede drivhusgasudslip⁴².

For en partiel analyse af CO₂-reduktionstiltag inden for transportsektoren kan dette problem omgås ved at antage en givet samlet reduktionsmålsætning og antage at reduktioner inden for transportsektoren således erstatter marginale reduktioner (de dyreste) i de øvrige sektorer. Samfundsøkonomisk vurdering af et tiltag kan derfor foretages ved at beregne dets omkostninger pr. ton CO₂-reduktion, som derefter kan sammenlignes med omkostningerne pr. ton CO₂-ækvivalenter ved de marginale tiltag i andre sektorer, som pragmatisk kan antages at svare til den forventede kvotepris (ca. 30 € = 230 DKK pr. ton fra 2013, baseret på EU's Assessment af klima- og energipakken) i EU's *Emission Trading Scheme*. En økonomisk efficient opnåelse af en given samlet reduktionsmålsætning ved at implementere de tiltag⁴³, der har de laveste omkostninger pr. ton CO₂.

En generel konklusion fra adskillige nationale og internationale analyser er, at CO₂-reduktionsomkostningerne i transportsektoren for de fleste tiltag er meget høje sammenlignet med andre sektorer i dagens situation⁴⁴. Det gælder, særligt hvis man fokuserer på de politiske virkemidler, der kan forventes at have et betydeligt reduktionspotentiale i forhold til transportens udledninger.

B.2 Konventionelle teknologiske energieffektiviseringer

Som det er tilfældet inden for mange andre sektorer, f.eks. boligopvarmning, findes der imidlertid også inden for transportsektoren en række investeringer i (mindre) energieffektiviseringer, som kan gennemføres med lave eller endog negative samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger. Det britiske studie *The King Review*⁴⁵ har identificeret en række sådanne velkendte teknologiske muligheder, som samlet set vurderes, at der vil kunne opnås en forøgelse af nye person- og varebilers energieffektivitet med ca. 30% på 5-10 års sigt⁴⁶ og anslået de samlede meromkostninger pr. bil til £1000-1500 pr. bil ved fuldskala implementering. Hvis disse vurderinger holder, og bilerne sælges med en tilsvarende merpris, konkluderes det, at

⁴² Stern-rapporten Box 13.3 refererer kilder for "Social Costs of Carbon" på fra 0 til 85\$/tCO₂. Herudover afhænger tallene voldsomt af hvilket fremtidigt forløb vi forudsætter og ikke alle effekter er medregnet.

⁴³ Eller mere præcist: den *pakke* af tiltag.

⁴⁴ Se for eksempel: Proost(2008) p. 17; (Stern(2006) p. 249; IPCC(2007) p. 59; Miljøstyrelsen, 2007.

⁴⁵ King(2007), Chapter 4. Se også TNO, IEEP and LAT (2006).

⁴⁶ Hertil kommer et skønnet potentiale på 10-15% gennem adfærdsændringer hos bilisterne gennem: a) valg af "bedst-i-klassen"-biler; b) energieffektiv køreteknik og c) Undladelse af de mindst "nødvendige" bilture, herunder alternative transportformer.

der vil være tale om en såkaldt "*no regrets*"-mulighed for bilkøberen (i UK), - dvs. at det godt nok gør købet af bilen dyrere, men merudgiften tjener sig ind igen i løbet af nogle (få) år inklusiv normal forrentning gennem lavere brændstofomkostninger. Det kan derfor umiddelbart undre at de ikke realiseres fuldt ud, og der er en del diskussion i litteraturen af årsagerne til dette og hvorvidt der er tale om en markedsimperfektion, som kræver politisk indgriben ud fra en økonomisk optimalitetsbetragtning⁴⁷.

Påvirkning af bilparkens energieffektivitet gennem afgiftsdifferentiering og -"rabat"

Den væsentligste forklaring, at ikke alle privatøkonomisk rentable investeringer i kendte teknologier til øget brændstofeffektivitet realiseres er formentlig en kombination af bilkøberens

- *usikkerhed* om dels om den reelle energieffektivitet, og dels om hvorvidt man faktisk vil kunne realisere besparelserne i hele bilens levetid, og
- *risikoaversion*, dvs. at bilkøberen foretrækker "én fugl i hånden frem for ti på taget" (med 10% chance for at "få de ti i hånden").

I Danmark har vi allerede indført en række konkrete tiltag for at få bilkøberne til at vælge mere brændstofeffektive biler, specielt den grønne ejerafgift fra 1997, et lovpligtigt energimærke med oplysning om bilernes brændstofklasse siden 2000 og senest differentieringen af registreringsafgiften fra 2008, som har vist sig at have en vis effekt på sammensætningen af nybilsalget.

En forbedring af bilparkens energieffektivitet på kort sigt kan derfor formentlig opnås effektivt ved at påvirke de danske nybilkøberes valg gennem økonomiske incitamenter ved en skærpelse af differentieringen, som der i øvrigt er planer om i forbindelse med en samlet omlægning af bilafgifterne, jf. Aftalen om En grøn transportpolitik fra januar 2009. Men isolerede danske tiltag vil kun have beskeden påvirkning på bilfabrikkernes generelle valg udstyr, der tilbydes i de enkelte modeller eller på udviklingen af nye bilmodeller. Det vil kræve EU-direktiver eller tiltag i nogle af de store lande⁴⁸.

En del af de omkostningseffektive kendte teknologiske løsninger vil ikke blive fremmet af afgiftsdifferentieringer. For eksempel øko-gearskifte indikator og teknik til overvågning af korrekt dæktryk, som bidrager til energieffektiv brug af køretøjet "on the road", men som ikke påvirker den laboratorie-testcyklus(direktiv 80/1268/EØF), der ligger til grund for det officielle tal for bilens energieffektivitet og dermed for en generel afgiftsdifferentiering baseret herpå. I stedet kan man give en *afgifts-"rabat"* for bestemt typer af udstyr med dokumenteret effekt, på samme måde som for visse trafiksikkerhedsfremmende udstyr, f.eks. blokeringsfrie bremses (ABS), airbags eller elektronisk stabiliseringsprogram (ESP).

⁴⁷ Greene et.al.(2009).

⁴⁸ For eksempel gennem skærpelse af de frivillige aftaler, som EU Kommissionen allerede har indgået med bilindustrien om at nye biler i 2020 i gennemsnit maksimalt må have en CO₂ udledning på 130 gram per km (EU Kommissionen KOM(2007) 856). Der forhandles endvidere om yderligere skærper til 120 g/km. EF Kommissionen KOM(2007) 856.

B.3 Afgiftsforhøjelser

Brændstofafgifter differentieret efter (fossile) brændstoffers kulstof-indhold er principielt meget tæt på en optimal økonomisk regulering, idet kulstof-indholdet ved forbrændingen omsættes til CO₂ og derfor meget tæt på en direkte (Pigou-)skat på eksternaliteten, da CO₂-udslippets skadesvirkning jo ikke afhænger af, hvor det sker ⁴⁹.

Men samfundsøkonomiske beregninger af afgiftsforhøjelser kommer oftest frem til reduktionsomkostninger på langt over 1000 DKK per ton for Danmark for en forøgelse af benzin- og dieselaftgifterne. Det skyldes først og fremmest, at danskernes kørselsomfang og bilvalg faktisk allerede i vid udstrækning er begrænset af et i forvejen højt afgiftstryk på privatbilisme. Endvidere øges de samfundsøkonomiske omkostninger (for danskerne) ved brændstofafgiftsforhøjelse, fordi en betydelig del af stigningen i afgiftsprovenuet forsvinder gennem øget grænsehandel⁵⁰ og reduceret bilkøb. Ved udformning som en energiklasse-afhængig kørselsafgift pr. kilometer kunne grænsehandelseffekten undgås, men selv hvis man sammenligner afgifterne på private biler med de samlede marginale eksterne omkostninger pr. km er der ikke klare indikationer af at afgifterne er for lave, bort set fra strækninger og perioder, hvor trængslen er høj^{51,52}. Samlet set taler dette for, at det ikke er lønsomt indføre en CO₂-baseret kørselsafgift på toppen af det eksisterende afgiftssystem, men snarere som en omlægning af bilafgifterne til et kørselsafgift, hvor afgiften er højest, hvor trængslen er højst. Men en sådan omlægning vil imidlertid kun kunne give en meget beskedne reduktion af CO₂-udslippet og måske endda en stigning samlet på grund af effekten fra flere biler.

B.4 Biobrændstoffer

Iblanding af biobrændstoffer, først og fremmest ethanol og biodiesel, i benzin og diesel er en anden mulighed for at reducere CO₂-udslippet. Selv om der også sker et udslip af CO₂ ved forbrændingen af biobrændstof, betragtes det en frigørelse af CO₂ som er optaget gennem planteproduktionen. Biobrændstoffer betragtes derfor som "CO₂-neutral" bortset fra udslippet fra den fossile energi der medgår i hele produktionsprocessen fra dyrkning til distribution.

Biobrændstoffer har i mange år været et centralt emne i debatten om CO₂-virkemidler. EU's biobrændstof-direktiv fra 2003 har til formål at fremme biobrændstoffer til fortrængning af forbruget af benzin og diesel og pålægger landene at fastsætte vejledende mål. For 2010 er referenceværdi for disse mål er 5,75 % af forbruget benzin og diesel til transport stigende til 10% i 2020.

Analyserapporter stiller i stigende grad spørgsmålstejn ved både bæredygtigheden og netto-CO₂-effekten af 1. generation biobrændstoffer. I tværgående analyser af forskellige virkemidler kommer biobrændstoffer i stor skala oftest langt nede på listen over de billigste tiltag målt som

⁴⁹

⁵⁰ Ifølge Skatteministeriet (2004) Kapitel X tabes en tredjedel af den umiddelbare provenustigning ved en forøgelse af benzinafgiften gennem øget grænsehandel. Hertil kommer andre adfærdseffekter, herunder faldende bilsalg, således at stigningen i nettoafgiftsprovenuet formentlig er under 20% af det umiddelbare merprovenu ved uændret adfærd.

⁵¹ DØRS (2006) Kapitel III; Proost(2008) s. 4.

⁵² Da transportefterspørgslen er forholdsvis uelastisk og ikke kan flyttes til andre lande kan der dog være et "2nd best" argument for at have en særligt høj beskatning af transport, f.eks. i form af registreringsafgiften, af provenuhensyn til finansiering af offentlige udgifter.

omkostninger pr. ton CO₂. Usikkerheden på disse omkostningseffektivitetsberegninger er dog om muligt endnu større end for mange andre tiltag og afhænger naturligvis meget af verdensmarkedsprisen på olie. Endvidere er brasiliansk bioethanol formentlig betydeligt billigere⁵³ og bæredygtigheden mere problematisk, hvilket fra en politisk betragtning ikke er en fordel. 2. generations biobrændstoffer⁵⁴ har formentlig en bedre bæredygtighedsprofil, men desværre dyrere, så der skal endnu en del forskning og udvikling til for at bringe omkostningseffektiviteten ned i et rimeligt niveau.

Ydermere er biomasse til energiformål formentlig en knap faktor på længere sigt. Omkostningseffektiviteten af biobrændstof som virkemiddel til CO₂-reduktioner i transportsektoren bør derfor ikke måles ved kun at beregne de forøgede produktionsomkostninger i forhold til den fortrængte benzin og diesel. Da konvertering af biomassen til flydende brændstof er forbundet med både energitab og omkostninger, er det relevante alternativ, hvorvidt den samme eller større CO₂-reduktion kan opnås til henholdsvis billigere eller til samme omkostninger ved, at uforarbejdet biomasse fortrænger kul som brændsel i kraftvarme-produktionen eller industriel procesenergi i stationære anlæg⁵⁵.

Men grundlæggende indikerer denne betragtning, at biobrændstoffer i bedste fald er attraktive i et langt tidsperspektiv, hvor kulbaseret kraftvarme-produktion er under udfasning. Til den tid finder biobrændstof formentlig bedst anvendelse inden for international vejgodstransport, fly og søfart, hvor vi på nuværende tidspunkt ikke har et bare nogenlunde klart teknologisk billede af realistiske alternativer til fossile flydende brændstoffer.

Udover høje reduktionsomkostningsproblemer og skepsisen vedrørende de nuværende biobrændstoffers miljømæssige bæredygtighed, kan en betydelig satsning på biobrændstoffer i vejtransporten på mellemlang sigt yderligere have det strategiske problem, at det kan medvirke til at udskyde udviklingen af de alternative teknologier, som under alle omstændigheder er nødvendig på lang sigt.

B.5 Forskning og udvikling i teknologiskift på lang sigt

Med henvisning til den indledende beskrivelse af behovet for en meget radikal nedbringelse af den individuelle persontransports CO₂-intensitet på lang sigt, er det nærliggende at konkludere, at en reel løsning må ske via en afgørende satsning på teknologisk udvikling i el-baserede fremdriftsteknologier. For det første har el-motorer en meget højere virkningsgrad energimæssigt end forbrændingsmotoren, der kun udnytter 20-30% af brændstoffets energi til fremdrift. For det andet ser vindbaseret el-produktion ud til at udgøre en meget væsentlig del af potentialet for udnyttelsen af vedvarende energi i Danmark⁵⁶.

⁵³ TNO, IEEP and LAT (2006)

⁵⁴ Der er ikke general enighed om definitionen på "2. generation" men hovedtanken er, at biomassen ikke kommer fra kulhydratindholdet af dyrkede afgrøder men fra lignocellulose-holdige planter, typisk restprodukter fra anden planteproduktion.

⁵⁵ See e.g. King(2007) Chapter 3.

⁵⁶ Ud over VE-baseret el er der også et potentiale for markant CO₂-reduktion gennem nedsættelse kulbaseret kraftvarme-produktion med *Carbon Capture and Storage*.

Den største udfordring ved el-biler er energilagringen, dvs. "tank"-kapaciteten. Der to typer løsninger, der på nuværende tidspunkt ser mest lovende ud, er:

- *Batterier*, som i dag er meget dyre og som giver en stærkt reduceret aktionsradius i forhold til benzin/diesel-biler, som følge af batteriets lave energi-intensitet, både i f. t. vægt og volumen.
- *Brint* med en *brændselscelle* til konvertering brinten til el. Ulempen er et dobbelt konverteringstab, idet brinten først skal produceres (f.eks. fra VE-el ved elektrolyse) og efterfølgende (tilbage-)konverteres til el i brændselscellen.

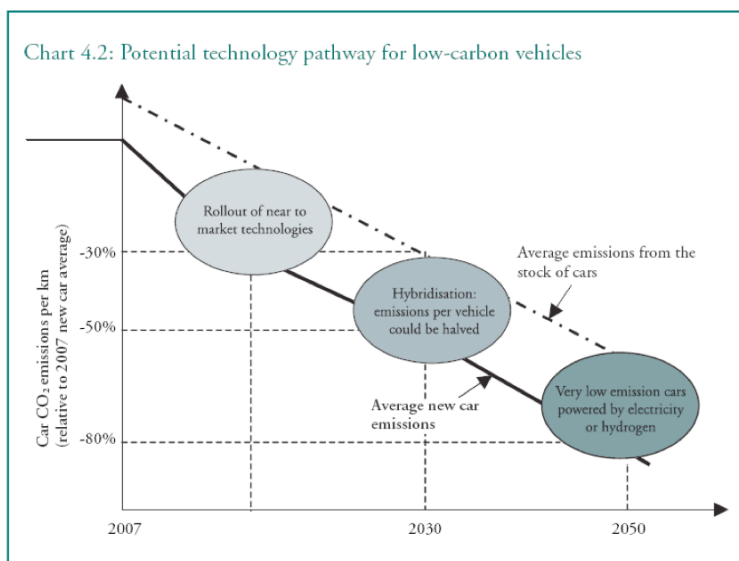
Disse teknologier er endnu så dyre eller uudviklede, at der skal meget forskning og udvikling til, før CO₂-reduktionsomkostningerne kommer ned i et niveau, der gør dem relevant i forhold til andre tiltag i transportsektoren og i særdeleshed i forhold til andre sektorer.

Uanset hvilken af disse teknologier, – eventuelt dem begge eller en helt tredje, der vil vise sig som mest favorable på sigt, er det i dansk sammenhæng naturligvis et problem, at udvikling og produktion af biler foregår uden for landets grænser og derfor i praksis er meget vanskelig at påvirke politisk med nationale virkemidler.

På Europæisk plan har man mulighed for at bane vejen for el-biler gennem påvirkning af forsknings- og udviklingsindsatsen samt fremskynde dennes gennemslag i de nye bilmodeller. Siden starten af 1990'erne er person- og lastbilernes luftforurening med sundhedsskadelige stoffer blevet nedbragt markant gennem løbende skærpelser af EU-normerne for NO_x, HC, CO og partikler. På samme måde kan man fremme udviklingen hen mod CO₂-frie biler gennem politisk vedtagelse af et langsigtet mål om 0 gram CO₂ per km. Troværdighed om målsætningen kan skabes gennem vedtagelse og gradvise sænkninger af EU normkrav til nye bilers (gennemsnitlige) CO₂-udslip ud fra ambitiøse, men realistiske forventninger, som er baseret på analyser af, hvad der er teknologisk muligt i løbet af nogle årtier. Det britiske *King-review* vurderede i 2007, at det i løbet af få år vil være muligt at reducere nye bilers CO₂ udslip med ca. 30% i forhold til i dag med 'tæt på'-implementerbare teknologier, med ca. 80% i 2050 med el- eller brint-biler, jf. nedenstående figur fra rapporten.

Lige som at man kan argumentere for at det reelt ikke har nogen virkning på klimaet, hvorvidt et lille land som Danmark sænker CO₂-udslippet, kan man hævde at Danmark uden bilproduktion ikke kan bidrage nævneværdigt til den teknologiske udvikling på området.

Men en væsentlig forudsætning for at biler baseret på VE kan få udbredelse er jo, at infrastrukturen til distribution af de alternative energibærere (el eller brint) udvikles. Her er en oplagt dansk rolle i kraft af de politisk vedtagne nationale planer om kraftig udbygning af vindenergien, idet den naturlige fluktuation i produktionen af vindbaseret el kombineret med transporten som en ny stor el-forbrugende sektor medfører særlige krav og muligheder for elforsyningen.



Kilde: King Review(2008) s. 53.

B.6 Konklusion

- Erfaringerne fra såvel danske som udenlandske tværsektorielle analyser viser, at betydelige GHG-reduktioner generelt er dyre i transportsektoren på kort sigt sammenlignet med andre sektorer.
- En vis reduktion kan opnås på kortere sigt ved en række omkostningseffektive teknologiske tiltag rettet mod køretøjernes energieffektivitet og førerens kørselsmønstre. En del af disse er endda formentlig samfundsøkonomisk lønsomme i sig selv uden hensyntagen til fordelene ved mindre CO₂-udslip. Men en langsigtet løsning vil kræve et teknologiskift til VE-baserede fremdriftssystemer.
- Derfor er det væsentligste tiltag på kort sigt at forcere den nødvendige teknologiudvikling kombineret med virkemidler, der giver bilfabrikanter og bilkøbere incitament til allerede nu at markedsføre og købe biler med højere energieffektivitet:
- *Markant forøgelse af de offentlige forskningsmidler, f.eks. via Højteknologifonden, til integration af transportsektoren i el-systemet.*
- *Skærpet CO₂-differentiering af registreringsafgiften.*

På europæisk niveau (ikke inddraget her):

- *EU-normer for personbilers CO₂-udslip pr. km, der gradvist skærpes mod et langsigtet mål på 0 gram per km.*

C) Dræbte og tilskadedekomne ved trafikuheld

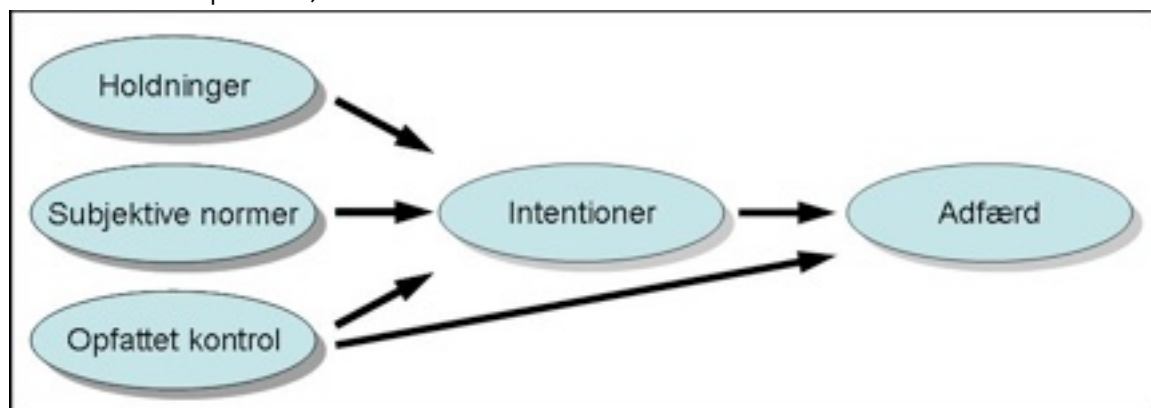
Trafiksikkerhed opfattes ofte som en funktion af samspillet mellem tre elementer: omgivelserne (infrastruktur, vejr m.v.), køretøjet og mennesket. Med de seneste årtiers udvikling er både infrastruktur og køretøjer blevet mere sikre, både ved at bidrage til at mindske uheldsrisikoen men også ved at minimere skaderne, når uheldet sker.

Men den menneskelige faktor har været sværere at gøre noget afgørende ved. Dels fordi mennesket har nogle biologisk bestemte basale kognitive forudsætninger, for eksempel reaktionstid og begrænsede opmærksomhedsressourcer, som altid kommer til at spille en rolle ved trafikulykker, og dels fordi det generelt er meget svært at ændre menneskenes adfærd. Meget tyder derfor på, at indsatsen over den menneskelige faktor, altså trafikadfærden, vil være den centrale udfordring.

Ajzens *Theory of planned behaviour* (TPB, 1988) er en model, der blandt andet er blevet brugt at forklare sundhedsadfærd, men også i trafiksikkerhedssammenhæng. Individets adfærd betragtes som baseret på intentioner, der igen er baseret på tre kognitive elementer:

- Holdninger
(Hvad sker der hvis jeg gør X og er det det jeg ønsker?)
- Subjektive normer
(Hvad synes de andre hvis jeg gør X?)
- Opfattet kontrol
(Kunne jeg gøre X uden at blive opdaget og uden for meget besvær?)

Kontrol kan i nogle tilfælde også påvirke adfærden direkte (for eksempel udstyr der forhindrer en i at køre med promille).



Det er gængs tilgang i trafiksikkerhedsarbejdet at sige at en aktiv regulering rettet mod trafikanterne består af tre elementer:

- Lovgivning,
- Håndhævelse og
- Oplysning,

som alle tre skal være effektive for at opnå den ønskede trafikale adfærd.

Mens kampagner og trafiksikkerhedsoplysning fokuserer på holdninger og subjektive normer, fokuserer håndhævelsen via overvågning og sanktioner på den

Indsatsområde i Handlingsplanen		Antal tiltag
Lovgivning og sanktioner	(Nr. 1-15)	15
Kontrol	(Nr. 16-22)	7
Kampagner og undervisning	(Nr. 44-63)	22
Infrastruktur og køretøjer	(Nr. 23-46; 66-76)	31
Videngrundlag m.v.	(Nr. 77-100)	24

subjektive opfattelse af kontrol. Tiltag relateret til kontrolindsatsen er ofte blevet prioriteret lavt. Blandt de 100 tiltag i Færdselssikkerhedskommissionens opdaterede handlingsplan er kun 7 rettet mod kontrolindsatsen⁵⁷, mens de øvrige trafikantrettede tiltag: lovgivning og sanktioner samt kampagner og undervisning udgør henholdsvis 15 og 22. Dette hænger blandt andet sammen med, at de direkte omkostninger ved at køre kampagner er billigere end ved at øge overvågning og kontrol i trafikken. En anden grund er, at kampagner og oplysning falder godt ind i vores samfundsfilosofi (folk får oplysning og kan selve vælge "det rigtige"). Socialpsykologien har også vist, at de mest langvarige adfærdsændringer kan opnås ved først at ændre holdninger. Kan man ændre holdninger, vil man ofte også opnå ændring i selve adfærden.

Et centralt problem ved oplysning er, at det ikke er vanskeligt at ændre holdninger. Holdningspåvirkning gennem kampagner, undervisning og lignende har derfor ofte begrænset eller kortvarig effekt på adfærden og dermed på trafiksikkerheden. Omvendt ved vi til gengæld, at tiltag der direkte ændrer adfærden er rimelig effektiv til også at påvirke holdninger. Det har vi set for eksempel set ved indførelsen af rygeforbud.

Hvis kampagner og oplysning kun i begrænset omfang giver den ønskede effekt på trafiksikkerheden, bliver deres omkostningseffektivitet lav, trods de lavere direkte omkostninger. På den samme måde vil en øget kontrolindsats, der markant nedbringer antallet af dræbte og tilskadekomne, være omkostningseffektiv, selv om de indirekte omkostninger er større. Derfor er der god grund til at se nærmere på om ikke en mere effektiv indsats kan opnås gennem større fokus på øget kontrol i trafikken, det vil sige påvirkning via *opfattet kontrol* af *intentioner* og/eller selve *adfærden*, jf. figuren ovenfor.

C.1 Øget politikontrol

I det følgende, vil de samfundsøkonomiske omkostninger ved øget kontrolindsats over for de tre indsatsområder, der blev fremhævet i Afsnit 1 som de centrale: Hastighedsoverskridelser, spirituskørsel og manglende selebrug.

C.2 Hastighedskontrol

At for høj hastighed fører til flere dræbte og tilskadekomne i trafikken er påvist gentagne gange i den videnskabelige litteratur. Derfor var indførelsen af generelle hastighedsgrænser efter vejtype i 1973 da også et af de tidligste og vigtigste trafikpolitiske tiltag i Danmark. Men effektiv håndhævelse af hastighedsgrænserne kræver, at trafikanterne opfatter en reel risiko for at blive opdaget og straffet for hastighedsforseelser. Der er løbende sket en udvikling i de målemetoder, der benyttes i hastighedskontrollen, hvor der overordnet kan skelnes mellem fire kategorier:

Manuel kontrol:

1. *Mobil manual kontrol*, som foregår med 'policepilot' i uniformerede eller civile patruljekøretøjer. En metaanalyse af fem videnskabelige evalueringsstudier i Danmark, Australien og USA (Erke m.fl. 2009) konkludere, at der ikke har kunnet påvises nogen

⁵⁷ Hver ulykke er én for meget trafiksikkerhed begynder med dig, Færdselssikkerhedskommissionen 2007.

signifikant effekt af mobil hastighedskontrol, hverken på antallet af tilskadekomne eller antallet af dræbte.

2. *Stationær manuel kontrol*, som foregår fra en varebil, typisk i vejkanten, efterfulgt af en synlig kontrolpost. I Danmark indførtes i 1999 et storskalaforsøg i seks udvalgte af de daværende 54 politikredse med det formål at nedbringe hastigheden i udvalgte områder. Efterfølgende blev kontrollen gjort landsdækkende. Et norsk studie⁵⁸ når frem til at en fordobling eller tredobling af denne indsats i Norge vil være lønsom med et B/C-ratio på ca. 2 hhv. 1,5. Men da den stationære manuelle kontrol ikke er permanent er den mindre effektiv end ATK med mindre den gøres meget omfattende og dermed dyr.

Automatisk Trafik-Kontrol (ATK)

3. *Punkt-ATK*, populært kaldet fotobokse eller "stærekasser", hvor en måling af for høj hastighed aktiverer et kamera, der fotograferer den pågældende bil. I januar 2009 indledtes et ét-årigt ATK-forsøg med ti fartkontrolstandere på faste lokaliteter på Sjælland. Den ovennævnte norske undersøgelse vurderer, at tiltaget via en gennemsnitlig hastighedsnedsættelse på ca. 5% giver et fald i trafikdræbte og -tilskadekomne på 10-15% på de pågældende strækninger. På den baggrund når man frem til at punkt-ATK er samfundsøkonomisk lønsomt for veje med en årsdøgntrafik (ÅDT) på over 5.000 køretøjer, og med en ÅDT på 10.000 køretøjer beregnes et Benefit/Cost-ratio på ca. 6.
4. *Strækings-ATK*: foregår som punkt-ATK, men hvor hastighedsmålingen foregår over en længere strækning med en kontrolpost i hver ende. Systemet er mere kompliceret og dyrere end punkt-ATK, men til gengæld undgår man, at trafikanter, der kender området, kun sænker hastigheden umiddelbart før kontrolposten. Effekten på personskadeuheld vurderes at være ca. dobbelt så stor som punkt-ATK, men på grund af de højere omkostninger kræver tiltaget et højere trafikniveau for at være lønsomt (7.000 ÅDT). For store trafikmængder når den norske undersøgelse frem til nogenlunde samme B/C-ratio som for punkt-ATK, men flere eksperter mener, at strækings-ATK vil være den foretrukne teknologi i fremtiden. Dette understøttes blandt andet af, at strækings-ATK er under kraftig udbredelse i foregangslandet Holland, hvor forsøg med denne teknologi startede allerede i 1997.

C.3 Spirituskontrol

Politiets spirituskontrol kan ligeledes foregå mobilt eller stationært. I det første tilfælde foretager patruljekøretøjer stikprøvevis stop af bilister, der testes. De stationære kontroller foretages større operationer, "razziaer", på et bestemt sted, hvor alle bilister stoppes og testes. Erke m.fl.(2009) konkluderer på baggrund af en metaanalyse af 40 evalueringsstudier, at den stationære kontrol er mest effektiv. Ifølge oversigten Erke og Elvik(2007) bruger politiet i Norge 130 mio. NOK om året på spirituskontroller. og de når frem til at en fordobling af indsatsen ville reducere personskaderne fra alkohol-relaterede ulykker med 18%. Yderligere styrkelse af indsatsen vil også have positiv men naturligt nok marginalt aftagende effekt, således at der skal en 10-dobling til for at reducere personskaderne med 50%. B/C-ratio falder tilsvarende fra ca. 3,5 til ca. 1.

⁵⁸ Erke og Elvik(2007).

C.4 Selektontrol

Brugen af sikkerhedssele i Danmark er høj i international sammenligning. Ifølge den seneste opgørelse bruger ca. 93% af personbilførerne sele, mens tallet er noget lavere for passagerer og for varebiler. Trods for dette er der et potentiale for, at øget selebrug vil kunne give en markant reduktion af personskaderne. Det skyldes, at trafikanter uden sele er overrepræsenteret i ulykkesstatistikken kombineret med, at "3 ud af 4 dræbte, der ikke anvendte sele, ville med stor sandsynlighed have overlevet, hvis selen havde været anvendt"⁵⁹. I den norske oversigt vurderes en fordobling af indsatsen, som i dag koster ca. 50 mill. NOK, vurderes at have et B/C-ratio på ca. 3,3. Det tilsvarende for Danmark vil antageligt være lidt lavere på grund af den i forvejen relativt høje brug af sikkerhedssele.

C.5 En samlet forøgelse af kontrolindsatsen

I Finansloven for 2009 §11.23 fremgår det af de opgaveopdelte udgifter til Politiet, at Færdselsloven lægger beslag på ca. 0,9 mia. DKK af en samlet bevilling på 8,3 mia. DKK. En forøgelse på 1 mia. DKK vil derfor kunne give en markant styrkelse af Færdselspolitiets samlede kontrolindsats inden for de tre ovennævnte indsatsområder: Hastighed, spiritus og selebrug. Den optimale fordeling på forskellige typer af kontrolindsatser må bero på konkrete detailanalyser, men foreliggende samfundsøkonomiske analyser indikerer, at alle en forøget indsats vil være lønsom inden for alle tre indsatsområder.

Udgiftsniveauet skal sammenholdes med, at et overslag over de totale samfundsøkonomiske omkostninger ved personskader i trafikken beløb sig til 8,5 mia. DKK i 2000⁶⁰, jf. Afsnit 1. hvortil skal lægges omkostningerne ved materielskaderne i forbindelse med de sparede uheld. En 20% reduktion i det samlede antal personskadeuheld, hvilket er plausibelt med en så markant forøgelse af indsatsen, vil derfor give et B/C-ratio omkring 2, hvilket understøtter de ovenfor refererede samfundsøkonomiske vurderinger af de enkelte kontroltiltag.

C.6 Trafiksikkerhedsudstyr i bilerne

Der foregår i disse år en rivende udvikling i avanceret sikkerhedsudstyr i bilerne, baseret på moderne sensor-teknik, trådløs kommunikation og computer-styret automatisering. Over de kommende årtier vil vi ganske givet komme til at se en omfattende udvidelse af udstyr, der assisterer og endda korrigerer førerens kørsel, startende i de dyreste biler, hvorfra de gradvist udbredes til de brede segmenter af bilmarkedet. Udviklingen vil altså i vid udstrækning komme "af sig selv", dvs. markedsført af bilfabrikkerne til bilkøbere, der er villige til at betale for den højere sikkerhed.

Men hidtil har der også været en vilje fra politisk hold til at fremme denne udvikling ved afgiftsnedsættelser for biler med konkrete typer af sikkerhedsudstyr monteret. Det har blandt andet drejet sig om airbags, blokeringsfrie bremses, Elektronisk Stabiliseringskontrol og selealarm. Ved løbende at udvide denne ordning med nye tiltag efterhånden som de udvikles, brugertestes og effektdokumenteres, kan der opnås en hurtigere udbredelse i bilparken med deraf sparede personskader i den mellemliggende periode.

⁵⁹ Havarikommissionen(2007) .s. 5.

⁶⁰ Antallet af personskadeuheld er faldet med knap 25% siden 2000. Til gengæld skal enhedsomkostningerne opjusteres med ca. 15%. Den store usikkerhed på værdisætningen taget i betragtning er størrelsesordenen derfor uændret i dagens situation.

Det vil blive for omfattende at gennemgå alle de muligheder man kan forestille sig på området, som udviklingsmæssigt kan inddeles i tre grupper med flydende overgang:

- Nogle findes allerede på dagens biler i større eller mindre omfang.
- Andre er tæt på at være klar til markedet eller kan kun fås som ekstraudstyr i de allerdyreste biler.
- Visse systemer findes endnu kun forsøgsstadier og hvor signalværdien af en øget politisk prioritet vil kunne fremme deres færdiggørelse.

Men for en række udstyr i de to første kategorier er en klar dokumentation for deres effekt og samfundsøkonomiske beregninger, der for de flestes vedkommende viser en høj lønsomhed. I det følgende fremhæves nogle eksempler på dette.

- **Elektronisk Stabilitetskontrol (ESC)**

ESC⁶¹ stabilisere bilens vejgreb ved skarpe drej gennem automatisk justering af bremsekraften individuelt på de fire hjul, så udskridning så vidt muligt undgås. Man har fundet, at ESC er særlig effektivt til at forhindre eneulykker og tab af styrekontrol i vådt eller glat føre. Analyser fra USA viser en 34% reduktion og analyser fra Sverige viser en 22% reduktion af alle dødsuheld (Vaa, 2006) ved 100% implementering. ESC giver allerede i dag afgiftsnedsættelse på 2.500 kr. og blandt andet af den grund har langt de fleste nye biler ESC i Danmark ligesom i Sverige og Tyskland men i modsætning til mange andre europæiske lande.

- **Intelligent hastighedstilpasning (ISA)**

ISA er et elektronisk system, der monitorer bilens hastighed og informerer føreren hvis hastighedsgrænsen på den givne vejstrækning overskrides. Systemet kan få information enten via GPS og et digitalt vejkort eller fra sendere i færdselstavler. De forskellige typer af ISA kan karakteriseres efter

- Hvorvidt føreren har frihed til at bestemme indstillingerne i systemet;
- Hvor "aggressivt" systemet reagerer: en advarsel eller automatisk hastighedssænkning;
- Hvor dynamisk systemet reagerer på skiftende hastighedsgrænser.

Systemer der kun giver advarsel har mindre effekt på farten og antal uheld. En britisk undersøgelse (Carsten & Tate, 2005) estimerer effekten til 2-13% reduktion i uheld for advarselssystemer der kun advarer føreren. For systemer der aktivt begrænser farten, var effekten 11-20% for simple systemer (faste hastighedsgrænser) og 19-36% for de mere avancerede systemer. Undersøgelsen peger endvidere på, at ISA vil være særlig effektiv i forhold til de alvorlige uheld. Den britiske *Commission for Integrated Transport*" (2009) har beregnet, at et omfattende landsdækkende ISA system i UK ville have en samfundsøkonomisk tilbagebetalingstid på mindre end 15 år.

- **Alkolås**

Alkolås er en af de relativt nye sikkerhedsteknologier som primært er rettet mod personer med dom for spirituskørsel med henblik på at forhindre sandsynligheden for

⁶¹ Ofte bruges betegnelsen ESP (Electronic Stability Program) som et registreret varemærke for Bosch' system.

recidiv, dvs. tilbagefald til gentagen spirituskørsel, som er meget høj. En svensk rapport (Vägverket, 2003) konkluderer på baggrund af et svensk forsøg, at alkohol reducerede recidiv med 40-95%. Dette tyder på, at alkohol kunne være en effektiv måde at forebygge recidiv som har vist sig vanskelig at bekæmpe. Norske analyser har vist, at alkohol i de tunge køretøj næppe kan betale sig da kun en meget lille andel af kilometre i disse køretøj er kørt under påvirkning af alkohol (Erke, 2009). Det samme argument taler imod en generel indførelse af alkohol på samtlige personbiler.

- **Selealarm**

Selealarmer advarer føreren, hvis en eller flere passagerer ikke har spændt sikkerhedssele. En svensk undersøgelse (Bylund & Björnstig, 2001)⁶² har vist, at selealarm øgede selebrug signifikant. Det samme konstateredes i en amerikansk (Williams & Farmer, 2002, refereret af Regan et al, 2006) og en australsk undersøgelse (Regan et al., 2006). En rapport fra Rådet for Større Færdselssikkerhed (Behrendorff, 2008) konkluderer, at selealarmen er en væsentlig faktor for varebilføreres selebrug i Danmark. En australsk analyse nåede endvidere frem til, at det kunne betale sig at installere selealarm ikke kun i nye biler men også ved "retrofit" i op til 10 år gamle biler (Fildes et al., 2004). Selealarmer giver nedslag i registreringsafgiften med 200 DKK pr. sæde, højst 600 DKK i alt, og findes på næsten alle nye biler. Et problem i forhold til 100% brug af sikkerhedssele er, at en del af de få, der i dag ikke bruger sikkerhedssele, udgøres af den såkaldte "hårde kerne", som er vanskeligt påvirkelig. En mere radikalt skridt kunne derfor være at indføre selealarmer, der blokerer for start af bilen. Denne type er i dag ikke på markedet, men der er ikke nogen tekniske problemer ved denne stramning. Det er en dog en risiko for at dele af den forventede effekt af 100% selebrug ikke vil blive realiseret fuldt ud i praksis, da det er vanskeligt at sikre systemet mod omgåelse.

Som eksemplerne ovenfor viser, har avanceret sikkerhedsudstyr et stort potentiale til at reducere såvel antallet af trafikuheld som skadesomfanget af uheldene. Samtidig viser et overvældende antal analyser, at den samfundsøkonomiske lønsomhed af denne type tiltag typisk er meget høj. COWI lavede i 2006 en rapport der vurderede den samfundsøkonomiske lønsomhed for en lang række sikkerhedsteknologier til bilerne. Som det fremgår af nedenstående figur nåede rapporten frem til et B/C-ratio på over 2 for langt de flestes vedkommende ved en generel EU-implementering. Tilsvarende resultater findes i et norsk oversigtsstudie (Erke og Elvik, 2007), jf. oversigtstabellen i Bilag 2. For Danmark alene er sikkerhedseffekten formentlig mindre end i COWI-studiet som følge af et relativt lavere antal personskader i trafikken og en i forvejen høj udbredelse af visse sikkerhedssystemer. På den anden side er værdisætningen af personskaderne i Danmark (ca. 12 mio. DKK i 2008⁶³) ca. 50% højere end den i studiet anvendte for EU som helhed (1 mio. € = ca. 7,5 mio. DKK). Omvendt er de norske tal noget højere end de danske (26,5 mio. NOK = ca. 20 mio. DKK), hvilket taler for en forsigtig vurdering af de norske B/C-ratio ved overførsel til Danmark.

⁶² Refereret af Regan et al(2006).

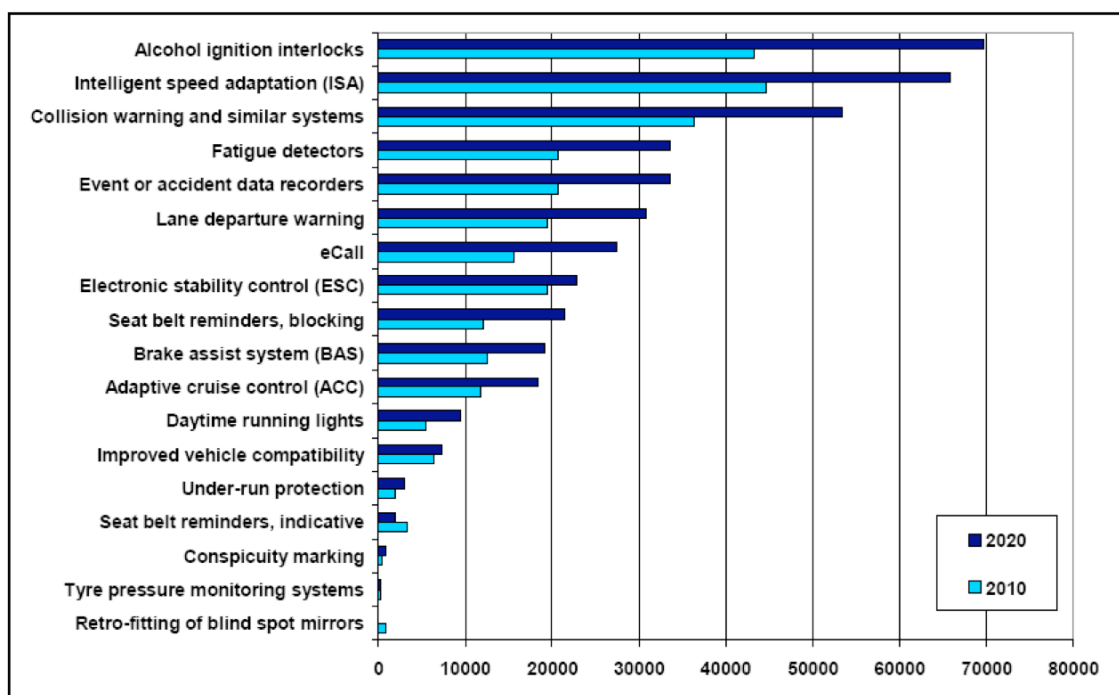
⁶³ Se DTU Transport(2008) siden: Katalog – enhedspriser.

Det springende punkt i den fremtidige udvikling bliver, når teknologien på sikker vis bliver i stand til at gribe ind i førerens kørsel, f.eks.:

- begrænser hastigheden til det tilladte eller rapporterer til politiet hvis man gør det;
- bremses, hvis en kollision ikke kan undgås;
- forhindrer hasarderede vognbaneskift; eller
- blokerer for start af bilen under alkoholpåvirkning, manglende kørekort eller selebrug el. lign.

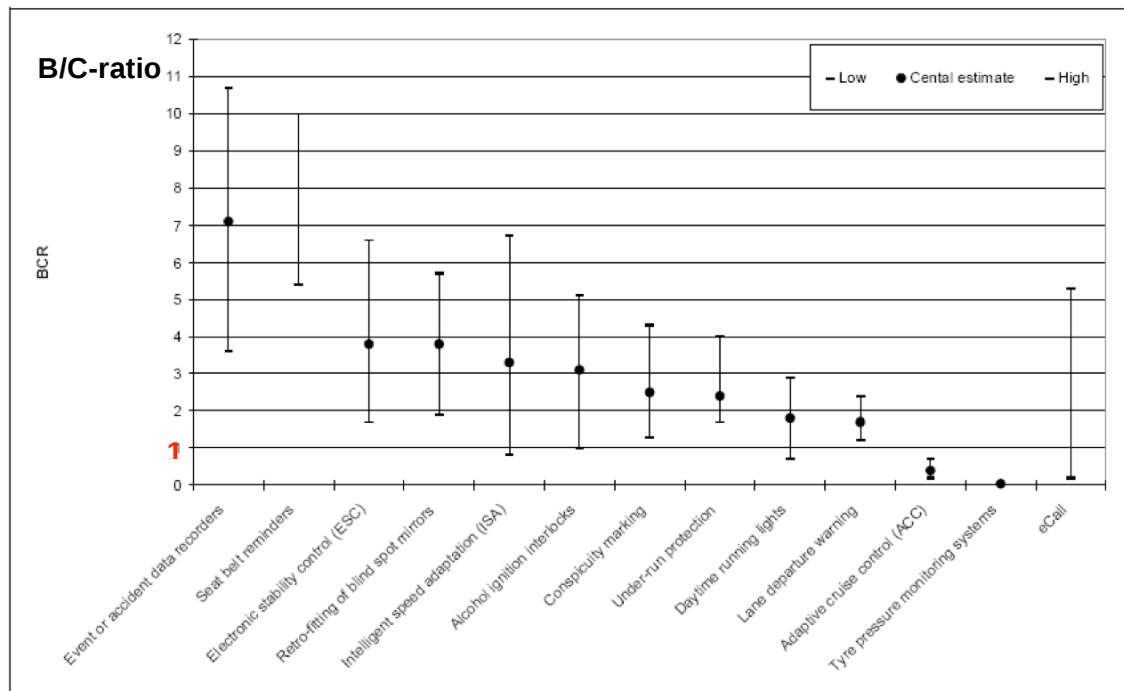
På et tidspunkt vil sådanne og endnu mere indgribende udstyr ganske givet være realiserbare, herunder en del som begrænser eller forhindrer høj-risikoadfærd (eksempelvis alvorlige hastighedsoverskridelser og spiritus-kørsel). Men nogle af disse vil af gode grunde ikke efterspørges af bilkøberne⁶⁴. Det bliver da et spørgsmål om politisk vilje: En afvejning mellem markant færre trafikdræbte og -tilskadekomne over for den individuelle frihed og de negative aspekter af overvågning.

Figure 3 Reduction in the number of severe injuries in EU-25 in 2010 and 2020



⁶⁴ Forsikringsselskaberne ville have et incitament til at fremme nogle af de begrænsende/kontrollerende former for sikkerhedsudstyr, hvis de blev pålagt et større *individuel* omkostningsansvar for de samfundsmæssige omkostninger, deres bilejere forårsager. Det kunne føre til, at forsikringsselskaberne differentierede præmien for ansvarsforsikringen efter om bilen havde det pågældende udstyr.

Figure 5 Range of BCR for each technology based on sensitivity analyses



Kilde: Cost-benefit assessment and prioritisation of vehicle safety technologies, COWI for EU-Kommissionen, 2006.

3 SAMMENFATNING

Afslutningsvist vil vi prøve at sammenfatte konklusionerne fra gennemgangen af de tre udfordringer i en vurdering af størrelsesordenen af Benefit-Cost(B/C)-ratio for de foreslåede løsningsforslag. I de foregående afsnit har vi refereret B/C-ratio for en række forskellige analyser uden nærmere definition eller diskussion heraf. I nogen tilfælde er det ret oplagt: For eksempel når merudgiften til lovpligtigt sikkerhedsudstyr i nye biler alene giver et fald i anal dræbte og tilskadekomne, som er målet for tiltaget. Men tingene bliver mere komplicerede, når der som i de fleste tilfælde er der mange forskellige effekter i spil, som kan variere over tiden.

Grundlæggende set er formålet med et B/C-ratio jo at sammenligne "value-for-money" af forskellige lønsomme tiltag med henblik på prioritering inden for knappe midler. Derfor bør nævneren afspejle de omkostninger, hvis værdi man er interesseret i at sammenligne på tværs af tiltag:

$$B/C = (NPV + C)/C,$$

hvor NPV er den samfundsøkonomiske nettonutidsværdi. Når der er tale om offentlige investeringer benytter man ofte en definition af "money", som er afgrænset til den tilbagediskonterede værdi af tiltagets samlede nettoudgifter for de offentlige budgetter. Begrundelsen er at man er interesseret i at prioritere inden for et begrænset offentligt budget. Her vil vi anvende et bredere begreb for omkostningerne, idet vi her ikke ser på en offentlig budgetbegrænsning, men på den begrænsning der ligger i samfundets samlede produktionsressourcer:

C_{market} = Den tilbagediskonterede værdi af de markedsøkonomiske omkostninger,
dvs. værdien af de ressourcer, der indgår i den samlede indkomst (BFI).

så:

$$B/C_{\text{market}} = (NPV + C_{\text{market}})/C_{\text{market}}$$

Benefit-siden udgøres derved per definition af alle øvrige effekter uanset deres fortegn. Det vil sige de hovedsagligt ikke-markedsøkonomiske gevinster, som er tiltagets primære formål, men også øvrige ikke-markedsøkonomiske effekter, typisk miljøeffekter, i det omfang disse er værdisat.

Den primære fordel ved de tre udfordringer er altså samfundets værdi af henholdsvis:

- A: kortere og mere pålidelige rejsetider,
- B: mindre drivhusgasudslip og
- C: færre dræbte og tilskadede i trafikken,

I nedenstående tabel er præsenteret det bedste bud på B/C-ratio for hvert af de udvalgte tiltag i den pakke, der er vurderet som den bedste for hver af de tre udfordringer. Vurderingen er foretaget på basis af eksisterende analyser, jf. Afsnit 2, dvs. at der ikke er foretaget nye beregninger i forbindelse med udarbejdelsen af dette papir. De refererede beregninger er hentet fra mange forskellige kilder, hvilket giver anledning til række betydelige usikkerheder i B/C-ratio, såvel med hensyn til den absolutte værdi i forhold til ovennævnte definition som for sammenligningen på tværs af udfordringer:

- For det *første* er der alene inden for de konkrete undersøgelsers præmisser meget store usikkerheder forbundet med effektopgørelser og omkostningsestimater for denne type af tiltag.
- For det *andet* er der fleres vedkommende tale om udenlandske analyser, som ikke nødvendigvis giver samme konklusioner ved overførsel af resultaterne til Danmark, hvor udgangspunktet naturligvis er anderledes.
- For det *tredje* er der som det ofte er tilfældet betydelige forskelle i beregningsmetoderne for de samfundsøkonomiske nøgletal, herunder ikke mindst diskonteringsfaktoren og beregningspriser samt definitionen af B/C-ratio, jf. diskussionen i Bilag 2. Alene forskellene i diskonteringsfaktoren kan give anledning til betydelige forskelle i nutidsværdien af fordelssiden.

Der er ikke forsøgt at korrigere de refererede talværdier for disse forskelle, men de er inddraget i vurderingen af det bedste bud for B/C-ratio for det pågældende tiltag med henblik på at den *relative* størrelse er nogenlunde retvisende ud fra en samlet vurdering. Konklusionen for hvert tiltag er opført som et interval, som gælder for hele tiltaget, ikke variationen mellem f.eks. de enkelte vejinfrastrukturprojekter eller de forskellige teknologiske muligheder inden for trafikikkerhedsudfordringen.

Med hensyn til de angivne B/C-ratios for de udvalgte konkrete løsningsforslag skal endvidere bemærkes følgende:

- For *udvidelser af vejkapaciteten* der jo er tale om en lang liste af forskellige investeringsmuligheder med varierende B/C-ratio. Dermed vil B/C-ratio for det samlede tiltag afhænge af det samlede beløb, man har til rådighed, dvs. hvor langt ned på listen man medtager. Det samme gør sig til dels gældende for de øvrige tiltag, bort set fra kørselsafgifterne. Der er her ikke foretaget en optimering af den samlede investerings størrelse for hvert tiltag.
- For *trafiksikkerhedsløsningen* er der kun skønsmæssigt taget højde for, at de forskellige tiltag er overlappende på effekt-siden, så effekten af pakken er mindre end summen af de enkelte tiltag. B/C-ratio er baseret på internationale studier, hvor der er i vurderingen af værdien for Danmark er inddraget forskelle i de anvendte værdisætninger og forventelige effekter på trafiksikkerheden.
- For *klimaudfordringen* fremgår af nedenstående oversigt, at B/C-ratio ikke er angivet for investeringen i forskning og udvikling af integrering af bilerne i el-forsyningssystemet. Der eksisterer ikke analyser, der kan danne grundlag for en sådan vurdering. Når dette tiltag alligevel er medtaget, er det for at understrege, at transportsektorens klimaudfordring på sigt er af meget afgørende betydning, - samtidig med, at der er få tiltag som i dag er omkostningseffektive sammenlignet med omkostningerne i andre sektorer, her repræsenteret ved den forventede ETS-kvotepris over de kommende år. En langsigtet løsning af transportsektorens udslip, som anses for afgørende for den samlede globale klimaudfordring, kræver derfor at der udvikles nye fremdriftsteknologier til erstatning for de nuværende fossile baserede motorer.

	Omkostninger (C)	Fordele (B)	B/C-ratio	
(A) Trængsel				
Landsdækkende kørselsafgiftssystem GPS-baseret	5 mia. DKK samlet i perioden 2010 – 2015 til udvikling og driftsklar implementering i 2016. En del af provenuet fra afgiften bruges til sænkning af registreringsafgiften, jf. B) og C). Hertil kommer omkostninger til drift og vedligehold på ½ mia. DKK årligt.	Bedre trafikal fremkommelighed: 1 mia. DKK per år plus Mindre støj, luftforurening og trafikuheld: 1 mia. DKK per år	1 – 2	1 – 2
Udvidet vejkapacitet, hvor trængslen er størst - øget fokus på flaskehalse i det kommunale vejnet og ITS	1 mia. DKK pr. år i statslig pulje til ITS og til medfinansiering af kommunale vejprojekter med regionalt betingede trafikproblemer.	Bedre trafikal fremkommelighed i spidsbelastningstiden og færre trafikuheld.	1½ – 3	
Bedre kollektiv trafik med fokus på pendlertrafikken	1 mia. DKK pr. år i investeringer i højere kvalitet og kapacitet i den kollektive trafik med fokus på overflytning af pendlertrafikken.	Aflastning af vejnettets kapacitetsbelastning i spidsbelastningsperioderne. Bedre service for især pendlere i den kollektive trafik.	1 – 1½	
(B) Drivhusgasudslip				
Øget forskning og udvikling i el-bilers integration i el-forsyningssystemet	½ mia. DKK per år til F&U-samarbejde mellem forsyningssektor, erhvervsliv og universiteter.	Muliggøre 80-100% reduktion af CO ₂ -udslippet fra personbiltransport ved fuld overgang til VE-baseret el-drift i 2050.	n.a.	–
Skærpet CO ₂ -differentiering af registreringsafgiften på biler og lastbiler	Ubetydelige omkostninger, da der findes en række uudnyttede teknologiske “no-regrets” muligheder, hvor investeringen på 5-10.000 DKK pr. bil betales hjem af sparet brændstofforbrug, så bilistens samlede årlige omkostninger ikke vokser.	30% reduktion af nye personbilers CO ₂ -udslip pr. km i 2015-20. Væsentligt mindre for lastbilerne.	DKK per ton CO ₂ : -200 - +200 (≈ ∞ > B/C >1)	
(C) Dræbte og tilskadekomne i trafikken				
Øget politikontrol af hastighed, spritkørsel og selebrug	1 mia. DKK pr. år svarende til en fordobling af færdselspolitiets ressourcer. Fordeling af indsatsen på automatiske hastighedskontrol og manual kontrol af hastighed, spiritus og selebrug ud fra nye CBA.	Mindst 20% færre personskader.	2 – 3	2½ – 3½
Trafiksikkerhedsudstyr i bilerne via differentiering af registreringsafgiften på personbiler og lastbiler	1 mia. DKK pr. år, svarende til ca. 5.000 DKK ekstra i sikkerhedsudstyr pr. nyregistreret køretøj.	Mindst 20% færre personskader.	2½ – 4	

REFERENCER

Ajzen, I. (1988): Theory of Planned Behaviour.

Behrendorff, I. (2008): Hvad kan få varebilsførere til at bruge sele? – interview med førere, der kørte uden sele. Rådet for Større Færdselssikkerhed. 61 pp.
http://www.sikkertrafik.dk/db/files/seleinterview_varebil_2008.pdf

Brems, C. & Munch, K. (2008): Risiko i trafikken 2000-2007, DTU Transport Rapport 2:2008.
<http://www.transport.dtu.dk/upload/institutter/dtu%20transport/rapporter/risiko%20i%20trafikken%202000-2007.pdf>

Calsson, A. (2009): Evaluation of 2+1 roads with cable barrier. VTI rapport 636A.

Carsten, O. & Tate, F.N. (2005): Intelligent speed adaptation: accident savings and cost-benefit analysis. Accident Analysis and Prevention, Vol. 37 p. 407-416.

COWI (2008): Trængselsafgifter – samfundsøkonomisk analyse af en betalingsring, "NY takststruktur". for Københavns Kommune, Teknik og Miljøforvaltningen.

COWI (2004a): External Costs of Transport 2nd Report.
<http://www.trm.dk/graphics/Synkron-Library/trafikministeriet/Publikationer/pdf/2ndReport.pdf>

COWI (2004b): External Costs of Transport 2nd Report.
<http://www.trm.dk/graphics/Synkron-Library/trafikministeriet/Publikationer/pdf/3rdReport.pdf>

COWI (2004c) : Projekt Trængsel – Resumé. <http://www.trm.dk/sw17092.asp>

COWI (2006): Cost-benefit assessment and prioritisation of vehicle safety technologies, for Europa - Kommissionen.
http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/vehicle_safety_technologies_final_report.pdf.

CPB (2005): Ex ante economic assessment of various road pricing schemes ,
http://www.verkeerenwaterstaat.nl/english/Images/CPB%20economic%20assessment%20various%20road%20pricing%20schemes_tcm249-213008.pdf

Danmarks Miljøundersøgelser (2008): Danish emission inventories for road transport and other mobile sources, Technical Report No. 686. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR686.pdf>

Danmarks Statistik (2008): Nyt fra Danmarks Statistik – Transport nr. 356,
<http://www.dst.dk/pukora/epub/Nyt/2008/NR356.pdf>

Departement for Transport: WebTAG Unit 3.5.4,
http://www.dft.gov.uk/webtag/webdocuments/3_Expert/5_Economy_Objective/3.5.4.htm#o6

Det Økonomiske Råd (2006): Dansk Økonomi, forår 2006. <http://www.dors.dk/sw3279.asp>.

DTU Transport(2008): Transportøkonomiske Enhedspriser, (regneark)
<http://www.dtu.dk/upload/institutter/dtu%20transport/modelcenter/transportoekonomiske%20enhedspriser/transportoekonomiske%20enhedspriser%20overs%201%200%20febo8.xls>

Eddington, R. (2006): The Eddington Transport Study, Executive Summary,
<http://www.dft.gov.uk/adobepdf/187604/206711/volume3.pdf>

Elvik, R. og Vaa, T. (2004): The Handbook of Road Safety Measures. Elsevier. 1078 pp.

Erke, A.; Goldenbeld, C.; Vaa, T. (2009): Good practice in the selected key areas: Speeding, drink driving and seat belt wearing: Results from meta-analysis. PEPPER (Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads) Deliverable 9. (in press).

Erke, A. og Elvik, R. (2007): Nyttekostnadsanalyse av skadeforebyggende tiltak, TØI rapport 933/2007.
<http://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%D8I%20rapporter/2007/933-2007/933-2007-nett.pdf>

Feil, M. (2008): Optimisation of public transport timetables with respect to passenger transfers. M.Sc.-thesis, DTU Transport.

Fildes, B, Fitzharris, M, Vulcan, P. & Koppel, S. (2004): Benefits of retrofitting seatbelt reminder systems to Australian passenger vehicles. CR 215. Australian Transport Safety Bureau, Canberra, ACT.

Fosgerau, M.; Hjorth, K.; Brems, C.; & Fukuda, D.: Travel time variability Definition and valuation, DTU Transport 2008.
http://www.transport.dtu.dk/upload/institutter/dtu%20transport/rapporter/rap1_2008_travel%20time%20variability%20-%20report_v5.pdf

Færdelssikkerhedskommissionen (2007) Hver ulykke er én for meget trafiksikkerhed begynder med dig.
<http://www.faelrdelssikkerhedskommissionen.dk/imageblob/image.asp?type=image&objno=77277>

Greene, D.L.; German, J. & Delucchi, M.A. (2009): Fuel Economy: The Case for Market Failure, Chapter 11 in Reducing Climate Impacts in the Transportation Sector, Springer Verlag.

Hardin, G. (1961): The Tragedy of the Commons, Science Vol. 162 pp. 1243 – 1248.
<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/162/3859/1243>

Havarikommissionen (2007): Brug og effekt af sikkerhedssele.
<http://www.vejsektoren.dk/imageblob/image.asp?objno=200899.pdf>

Hels, T., Meng, A., Troland, N. & Sørensen, P.L. (2007): Lygteføring samt brug af sikkerhedssele og styrthjelm i Danmark i 2006. Danmarks Transportforskning, DTF notat nr. 1, 2007. 61 pp.

Hels, T. og Orozova-Bekkevold, I.: Mere trafik – færre ulykker, Aalborg Trafikdage 2006.
<http://www.trafikdage.dk/td/papers/papers06/Trafikdage-2006-532.pdf>

Hovedstadens Udviklingsråd (2002): Bedre fremkommelighed for busserne betaler sig – eksempler og erfaringer.
<http://www.moviatrafik.dk/KommuneRegion/Publikationer/Documents/bedrefremkommelighed2002.pdf>

Jasen, L.N. & Pedersen, M.P. (2002): Optimisation methods for timetables considering passengers route choices. M.Sc.-thesis, DTU Transport.

Infrastrukturkommissionen (2008): Danmarks Transportinfrastruktur 2030, Betænkning 1492.
<http://www.infrastrukturkommissionen.dk/sw164034.asp>

Institut for Miljøvurdering (2006): Kørselsafgifter I København – en samfundsøkonomisk analyse,
http://www.imv.dk/files/Filer/IMV/Publikationer/Rapporter/2006/krseksafgift_samfundsanalyse.pdf

IPCC (2007): Climate Change 2007 Synthesis Report. 4th Assessment Report.
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>

King, J. et.al. (2007): King Review of low-carbon cars - Part I: the potential for CO₂ reductions,
http://www.hm-treasury.gov.uk/bud_budo8_king_review.htm

King, J. et.al. (2008): King Review of low-carbon cars - Part II: recommendations for action,
http://www.hm-treasury.gov.uk/bud_budo8_king_review.htm

Landex, Alex & Nielsen, Otto Anker (2005): Vurdering af letbaneprojekter i Hovedstadsområdet. Trafikdage på AUC. <http://www.trafikdage.dk/td/papers/papers05/Trafikdage-2005-494.pdf>.

Larsen, M.K. & Nielsen, Otto Anker (2008). Improving and optimising road pricing in Copenhagen. ICE Transport, Special Issue August 2008 – Road User Charging, Volume 161, issue TR2, pp. 123-134. The Institution of Civil Engineers, London. ISSN 0965-092x

Lia, A.C.L & Hvid, I (2008): Evaluering af vejprojektpuljer i Hovedstadsområdet. Bachelorprojekt ved DTU Transport.

Miljøstyrelsen (2003): Renere luft – den danske indsats.
<http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7972-388-8/pdf/87-7972-389-6.pdf>.

Miljøstyrelsen (2003): Forslag til strategi for begrænsning af vejtrafikstøj.
<http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7614-072-5/pdf/87-7972-073-3.pdf>

Miljøstyrelsen (2007): Omkostningseffektive tiltag i de ikke-kvotebelagte sektorer, Arbejdsrapport 22-2007. <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2007/978-87-7052-490-2/pdf/978-87-7052-491-9.pdf>

Nielsen, O.A. (2004a): Trængselsprojektet – Modellering af trængsel. Rapport 2004-3, Center for Trafik og Transport (CTT). DTU. <http://www1.ctt.dtu.dk/downloads/pdfs/Rapport%202004-3.pdf>

Nielsen, O.A. (2004b): Behavioural responses to pricing schemes: Description of the Danish AKTA experiment. Journal of Intelligent Transportation Systems. Vol. 8(4). Pp. 233-251. Taylor & Francis.

Nielsen, O.A, Hansen, C.O., Landex, A. & Würtz, C. (2004): Trængselsprojektet – Oversigt og vurdering af AKTA hastighedsmålinger. Rapport 2004-4, Center for Trafik og Transport (CTT). DTU.

Nielsen, O.A. & Fosgerau, M. (2005): Overvurderes tidsbenefiits af vejprojekter? Trafikdage på AUC. <http://www.trafikdage.dk/td/papers/papers05/Trafikdage-2005-481.pdf>.

Proost, S. (2008): Full Account of the Costs and Benefits of Reducing CO₂ Emissions in Transport, JTRC Discussion Paper 3:2008.
<http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP200803.pdf>.

Rambøll Management (2007). De samfundsøkonomiske gevinster ved indførelse af ITS i Hovedstads-området, for Ingeniøreforeningen i Danmark.
http://ida.dk/News/Documents/2007_10_12_Effekten_af_ITS_i_Hovedstadsomraadetv3.pdf

Rasmussen, T.K. & Jensen, A.F. (2008): Evaluering og sammeligning af vejprojektpuljer og road pricing scenarier i Hovedstadsområdet. Bachelorprojekt ved DTU Transport.

Regan, M. A., Triggs, T.J., Young, K.L., Tomasevic, N., Mitsopoulos, E., Stephan, K., & Tingvall, C. (2006): On-road evaluation of Intelligent Speed Adaptation, Following Distance Warning and Seatbelt Reminder Systems: final results of the TAC SafeCar project. Monash University Accident Research Centre - Report No. 253. <http://www.monash.edu.au/muarc/reports/muarc253.pdf>

Regeringen(2008): Bæredygtig transport – bedre infrastruktur, <http://www.trm.dk/sw220245.asp>.

Rijkswaterstaat (2008): Implementation of road pricing system, http://www.verkeerenwaterstaat.nl/english/Images/Implementation%20of%20road%20pricing%20system_tcm249-232468.pdf

Rørbech, J. & ITS Danmark (2005). ITS i Danmark – Mål, Muligheder, Barrierer og Vejen frem. <http://www.cits.aau.dk/download/Publikationer/ITS%20i%20Danmark170805.pdf>.

Skatteministeriet (2004): Rapport om grænsehandel 2004. <http://www.skm.dk/publikationer/udgivelser/rapportomgraensehandel2004/>

Stefan, C. & Winkelbauer, M. (2005): Section control – Automatic speed enforcement in the Kaisemühlen Tunnel (Vienna, A22, motorway). Kuratorium für Verkehrssicherheit.

Stockholm Stad (2006): Fakta och resultat från Stockholmsförsöket, Andra versionen, augusti 2006. <http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Rapporter/Fakta%20och%20resultat%20stockholmsforsoket%20aug%2006.pdf>

Sørensen, M. (2008): Hastighedsdæmpende vejtekniske tiltag – Muligheder og effekter. Via Nordica 2008. http://vianordica2008.vegagerdin.is/vetenskapligt_webb/Tisdag/Session3_sal5/Sorensen.pdf

Teknologirådet (2009). Høringsrapport om trængsels og kørselsafgifter. 26 jan-09, Landstingssalen, Christiansborg. <http://www.tekno.dk/pdf/Hoeringsrapport.pdf>.

The commission for integrated transport (2009): Speed limit adherence and its effect on road safety and climate change – A joint report by the commission for integrated transport and the motorists' forum. <http://www.cfit.gov.uk/>.

TNO, IEEP, LAT (2006): Review and analysis of the reduction potential and costs of technologies and other measures to reduce CO₂-emissions from passenger cars, for the European Commission. http://ec.europa.eu/enterprise/automotive/projects/report_co2_reduction.pdf.

Trafikministeriet (2003a): Grundlag for investeringsplan for Trafikministeriets område. <http://www.trm.dk/sw1111.asp>.

Trafikministeriet(2003b): Samfundsøkonomisk manual, <http://www.trm.dk/sw1391.asp>

Transport for London (2007): Central London Congestion Charging Scheme: ex-post evaluation of the quantified impacts of the original scheme, <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/Ex-post-evaluation-of-quantified-impacts-of-original-scheme-07-June.pdf>.

Transportministeriet(2008): Bæredygtig transport – bedre infrastruktur, <http://www.trm.dk/sw220245.asp>.

Transportministeriet (2009): Aftale mellem regeringen (Venstre og De Konservative), Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre og Liberal Alliance: En grøn transportpolitik, http://www.trm.dk/graphics/Synkron-Library/trafikministeriet/Publikationer/2009/En_groen_%20transportpolitik.pdf.

Transport- og Energiministeriet (2006): Nøgletalskatalog – til brug for samfundsøkonomiske analyser på transportområdet. Transport- og Energiministeriet. <http://www.trm.dk/sw78715.asp>.

United Nations (2006): World Population Prospects - The 2006 Revision, ST/ESA/SER.A/261/ES.
http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/WPP2006_Highlights_rev.pdf

Vaa, T. (2008): Intelligente transportsystemer (ITS): En oversikt over effekter på atferd og ulykker. TØI rapport 845/2006. <http://www.toi.no/article19341-8.html>

Vejdirektoratet(2005): Samfundsøkonomisk vurdering af kapacitetsfremmende mindre anlægsinvesteringer, -Eksempelsamling af 5 typiske pilotprojekter, VD-Notat 105.
<http://www.vejdirektoratet.dk/imageblob/image.asp?objno=83514>

Vejdirektoratet (2007): Scenarier for trafikledelse. VD-rapport nr. 323.
<http://www.vejdirektoratet.dk/publikationer/VDrap323/pdf/rap323.pdf>

Værø, H. (2002): Effekt af øget selebrug – 2002. Vejdirektoratet, Eksternt notat nr. 95.

Værø, H. og Gaardbo, A. (2001): Beregninger bag national trafiksikkerhedshandlingsplan. Vejdirektoratet 2001.

Bilag 1

Tabell 7.2: Oversikt over lønnsomme trafiksikkerhetstiltak i Norge. Kilde: Elvik, 2007.

Tiltak	NK-brøk	Reduksjon av ulykkeskostnader (mill. NOK)	
<u>Kjøretøytiltak</u>			
▪ Skrenskontroll: Electronic Stability Control, ESC	4.8	26,650	18 år (alle nye biler)
▪ Intelligent Speed Adaptation, ISA	2	25,240	18 år (alle nye biler)
▪ Beltepåminner	16.2	14,868	18 år (alle nye biler)
▪ Kjøredataregistrator	2	14,116	18 år (alle nye biler)
▪ Forebygging av nakkeslengskader	14.7	8,100	18 år (alle nye biler)
▪ Forebygging av skader blant fotgjengere i kollisjoner med personbiler	4.2	1,527	18 år (alle nye biler)
<u>Vegtiltak</u>			
▪ Vegbelysning	1.9	8,481	per år (5,940 km)
▪ Oppgradering av fotgjengerovergang	2.4	3,968	per år (1,643 overganger)
▪ Rundkjøringer (X-kryss)	2.6	3,930	per år (325 kryss)
▪ Planskilt kryssingssted for fotgjengere og syklister	1.4	3,091	per år (442 kryssingssteder)
▪ Rundkjøringer (T-kryss)	1.9	2,130	per år (504 kryss)
▪ Siderekkeverk	2.5	1,472	per år (920 km)
▪ Skulderrumlefelt	2.9	1,177	per år (920 km)
▪ Tiltak etter trafiksikkerhetsinspeksjon	2.5	1,102	per år (345 km)
▪ Midtrekkeverk og økning av antall kjørefelt fra 2 til 3	1.4	936	per år (52 km)
▪ Utbedring av vegers sideterreng	2.8	598	per år (600 km)
▪ Tiltak i horisontalkurver	2.4	571	per år (1,750 kurver)
▪ Midtfelt med profilert midtlinje	2.4	188	per år (433 km)
<u>Politikkontroll</u>			
▪ Alkolås	8.8	6,633	per år (4,000 promilledømte)
▪ Promillekontroll	1.1	1,518	per år (10-dobling)
▪ Streknings-ATK	2.3	1,465	per år (245 km)
▪ Automatisk fartskontroll, punkt-ATK	2.1	631	per år (280 stk.)
▪ Tilbakemelding av fart	2.4	494	per år (550 tavler)
▪ Stasjonær fartskontroll	1.5	464	per år (3-dobling)
▪ Bilbeltekontroll	2.4	316	per år (tre-dobling)
▪ Obligatorisk bruk av fotgjengerrefleks	3.5	272	per år (alle fotgjengere)

Kilde: Erke, A & Elvik, R.: *Nyttekostnadsanalyser av skadeforebyggende tiltak*, TØI rapport 933/2007 s. 93.

Bilag 2

I Afsnit 2 har vi refereret B/C-ratio for en række forskellige analyser uden nærmere definition heraf. I nogen tilfælde er det oplagt: For eksempel når en investering i sikkerhedsudstyr alene giver et fald i anal dræbte og tilskadekomne, som er målet for tiltaget. Men tingene bliver mere komplicerede, når der som i de fleste tilfælde er der mange forskellige effekter i spil, som kan variere over tiden. En umiddelbart intuitiv definition ville være at sige, at alle negative effekter bør regnes som "C", dvs. i nævneren og alle fordele i "tælleren":

$$B/C_{\text{negative}} = (NPV + C_{\text{negative}}) / C_{\text{negative}}$$

Men det rejser en række principielle spørgsmål, som må besvares. Her illustreret ved et konkret eksempel:

- Hvis vi skifter benzinbiler ud med dieslbiler som del af løsningen vedrørende klimaudfordringen, skal vi så sætte den sparede personbil i tælleren og omkostningen til diesel-bilen i nævneren? Eller blot merudgiften til en diesel-motor i nævneren?
- I det sidste tilfælde (som nok forekommer mest naturligt), kan man også skelne mellem om det er hele merudgiften til dieselmotoren der er omkostningen og brændstofbesparelsen dermed som en gevinst, *eller* om man kun skal medregne i annuiserede meromkostninger i nævneren, så dieselmotorens lavere brændstofforbrug modregnes.
- Hvis luftforureningen med partikler stiger men den falder for kulbrinter ved dieseldrift, skal værdien af de sparede partikeludslip så med i nævneren og kulbrinterne i tælleren eller skal vi regne nettoværdien for luftforureningen for alle stoffer? Og afhænger placeringen i tæller eller nævner så af om der er tale om en nettogevinst eller en nettoomkostning?
- Hvis luftforureningseffekten er negativ i starten, men mere end opvejes af en positiv effekt i de efterfølgende, år, skal de så henholdsvis i tælleren og nævneren eller skal vi sætte nettofordelen i tælleren?

Under alle omstændigheder vil definitionen indebære at tælleren $B/C > 1$, men den størrelsen vil afhænge af i hvilket omfang vi regner netto (og typisk tættere på 1 jo mere vi regner brutto)¹. Hvis ikke definitionen er stringent bliver det vanskeligt at forholde sig til størrelsen og B/C bliver ubrugelig til prioritering af (lønsomme) tiltag.

Grundlæggende set er formålet med et B/C-ratio jo at sammenligne "value-for-money" af forskellige lønsomme tiltag med henblik på prioritering inden for knappe midler. Derfor bør nævneren afspejle de omkostninger man er interesseret i at sammenligne værdien af på tværs af tiltag.

Når der er tale om offentlige investeringer benytter man derfor ofte en snæver definition af "money" som afgrænset til den tilbagediskonterede værdi af de samlede udgifter for de offentlige budgetter, C_{Public} ²:

¹ Billedligt talt svarer det lidt til det klassiske (fraktal-)problem med at beregne længden af Danmarks kystlinie.

² jf. for eksempel de danske og engelske manualer for samfundsøkonomisk analyse af trafikinvesteringer. For en uddybning se Trafikministeriet(2003) s. 36 og Departement for Transport *WebTAG*.

$$B/C_{\text{public}} = (NPV + C_{\text{public}}) / C_{\text{public}}$$

hvor NPV er den samfundsøkonomiske nettonutidsværdi.

Her vil vi anvende et bredere begreb for omkostningerne:

$$C_{\text{market}} = \text{Den tilbagediskonterede værdi af de markedsøkonomiske omkostninger, dvs. værdien af de ressourcer der netto indgår i bruttofaktorindkomsten.}$$

Denne definition forholder sig til alle de fire ovennævnte spørgsmål i det konkrete eksempel: At ressourceomkostningen defineres som "netto" betyder at en besparelse i driftsomkostninger ved et investeringstiltag ikke regnes med i B men modregnes i C, mens benefit-siden udgøres af alle ikke-markedsøkonomiske effekter uanset deres fortegn. Det vil sige hovedsagligt de gevinster, som er tiltagets primære formål, men også øvrige ikke-markedsøkonomiske effekter, typisk miljøeffekter, i det omfang disse i praksis er værdisat. Det indebærer, at

$$B/C_{\text{market}} = (NPV + C_{\text{market}}) / C_{\text{market}}$$

Den primære effekt er altså værdien af henholdsvis:

- A: kortere og mere pålidelige rejsetider,
- B: mindre drivhusgasudslip og
- C: færre dræbte og tilskadedekomne i trafikken,

I forhold til de usikkerheder der vil være involveret i denne type opgørelser spiller det i de fleste tilfælde ikke den store rolle om de sekundære effekter er med i tælleren.

Men definitionen af B/C-ratio spiller derimod en betydelig rolle for det tiltag, der går på investering mere energieffektive biler. Anvendes i stedet B/C_{negative} svarer det til at det sparede brændstofforbrug skal lægges til i både tæller og nævner, idet vi her for enkeltheds skyld ser bort fra øvrige ikke-markedsøkonomiske effekter. Normaliserer vi tæller og nævner til at udtrykke benefits og costs pr. ton CO_2 fås:

$$B/C_{\text{market}} = p_{\text{CO}_2} / c_{\text{CO}_2}$$

$$B/C_{\text{negative}} = (p_{\text{CO}_2} + p_{\text{fuel}}) / (c_{\text{CO}_2} + p_{\text{fuel}})$$

hvor

c_{CO_2} = Tiltagets reduktionsomkostninger pr. ton jf. Afsnit 2B)

p_{CO_2} = Værdien af CO_2 -reduktioner, som partielt for transportsektoren kan opgøres som den forventede skyggepris på det Europæiske kvote-marked, ca. 200 DKK/ton CO_2 .

p_{fuel} = Brændstofomkostningerne (samfundsøkonomiske) pr. ton CO_2 som er ca. 1600 DKK/ton CO_2

Problemet med "market" tilgangen er, at c_{CO_2} kan være meget (tæt på) 0 eller negativ, hvorved B/C_{market} ikke giver mening, hvilket imidlertid blot er essensen af "No regret"-begrebet.

Problemet med "negative" tilgangen er at det er problematisk om det giver den rette mening at sige, at omkostningerne øges ved en omlægning fra driftsomkostninger (brændstof) til investering (meromkostning på bilen). I den engelske og danske manual for samfundsøkonomiske analyser af infrastrukturinvesteringerne har man valgt at sige, at det gør det *ikke*.

Generelt er der rimelig enighed om at det mest relevante samfundsøkonomiske nøgletal for CO₂-tiltag er reduktionsomkostningen per ton med henblik på at opnå en omkostningseffektiv opnåelse af en given reduktionsmålsætning.