

Transportministeriet

**Værdisætning af
transportens eksterne
omkostninger**

Rapport

Juni 2010

COWI A/S

Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Transportministeriet

Værdisætning af transportens eksterne omkostninger

Rapport

Juni 2010

Dokumentnr. P-71886-1
Version 3
Udgivelsesdato 01.06.10

Udarbejdet JOHR, MARB, MPN, EWI
Kontrolleret EWI, MPN
Godkendt EWI

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	3
1.1	Baggrund	3
1.2	Formål	4
1.3	Organisation og proces	5
1.4	Indhold	5
2	Metode	6
2.1	Tilgang	6
2.2	Finansministeriets vejledning	8
2.3	Diskussion og definition af omkostningsbegreber	9
2.4	Dimensioner i opgørelserne	12
3	Luftforurening og klimaeffekt	19
3.1	Baggrund og forudsætninger	19
3.2	Oversigt over opdateringen	25
3.3	Metode og tilgang	26
3.4	Resultater for luftforurening og klima	36
4	Støj	45
4.1	Baggrund og forudsætninger	45
4.2	Oversigt over opdateringen	46
4.3	Metode og tilgang for geneomkostninger	47
4.4	Metode og tilgang for sundhedsomkostninger	55
4.5	Resultater for støj	60
5	Uheld	63
5.1	Baggrund og forudsætninger	63
5.2	Oversigt over opdateringen	63
5.3	Metode og tilgang for uheld på vej	64
5.4	Metode og tilgang for uheld på bane	70
5.5	Resultater for uheld	72

6	Øvrige eksternaliteter	76
6.1	Trængsel	76
6.2	Infrastrukturelid	81
7	Fremtidige opdateringer af de eksterne omkostninger	84
8	Litteraturliste	88

1 Indledning

1.1 Baggrund

Transportministeriet har gennem en årrække udgivet Transportøkonomiske Enhedspriser, som omfatter en række anbefalede værdier til brug for analyser på transportområdet. En del heraf er værdier for eksterne omkostninger fra transport, dvs. luftforurening, klimabelastning, uheld, støj, trængsel og infrastruktur-slid.

De seneste værdier for de eksterne omkostninger (som findes i Transportøkonomiske Enhedspriser for 2009) er baseret på en række forskellige kilder, hvor de vigtigste er:

- Trafikøkonomiske Enhedspriser (Vejdirektoratet)
- Uheldsomkostninger (Vejdirektoratet)
- External Costs of Transport (Transportministeriet, 2004)
- TRIP (www.akf.dk/trip)

Værdierne i de Transportøkonomiske Enhedspriser er løbende blevet fremskrevet til årets priser og i mindre omfang opdateret.

I 2007 gennemførte DTF og COWI et projekt, som havde til formål at samle alle de Transportøkonomiske Enhedspriser inkl. de eksterne omkostninger i et samlet regneark. I regnearket indgår priserne på et niveau, der gør det muligt at foretage simple årlige opdateringer i forhold til udviklingen i bl.a. priser og BNP.

I forbindelse med projektet blev der desuden udarbejdet et notat, som kort gennemgik de forskellige værdier samt anbefalinger til forbedringer af udvalgte enhedspriser. Endelig blev der givet anbefalinger og prioritering af revision og opdatering af priserne på baggrund af vurderinger af, om de bagvedliggende metoder og forudsætninger lever op til den ønskede kvalitet. Anbefalingerne inkluderede revision og opdatering af udvalgte eksterne omkostninger bl.a. for at sikre en højere grad af konsistens i beregningsgrundlaget for enhedspriserne og for at sikre overensstemmelse mellem metoderne.

Generelle forudsætninger om bl.a. diskonteringsrente, nettoafgiftsfaktor, værdien af at forlænge eller forkorte menneskers levetid og CO₂-kvotepriisen har di-

rette effekt på resultatet af værdisætningen af transportens eksterne omkostninger. Ud fra hensyn til konsistens er det ønskeligt, at der anvendes identiske forudsætninger på tværs af sektorer. Der pågår pt. i staten en revision af de fælles forudsætninger til brug for samfundsøkonomiske beregninger, og det er valgt i opdateringen af de eksterne omkostninger at indarbejde nye forudsætninger..

Med henblik på at skabe overensstemmelse mellem Danmarks Miljøundersøgelses¹ værdisætning af luftforurening fra såkaldte stationære kilder, som anvendes af bl.a. Energistyrelsen, og Transportministeriets værdisætning af luftforurening fra trafikken på vej- og banenettet blev der i foråret 2006 nedsat en arbejdsgruppe. Denne arbejdsgruppe nåede frem til, at begge værdisætninger grundlæggende er baseret på den samme tilgang, nemlig årsagskædetilgangen, som blev udviklet i EU's ExternE-projekt. Arbejdsgruppen identificerede dog samtidig forskelle i opgørelsesmetoder i de to tilgange, herunder særligt anvendelsen af metode til at værdisætte ændringer i menneskers levetid som følge af forurening og opgørelsen af eksponeringsfaktorer.

Endelig har Transportministeriet netop fået udviklet en ny version af TEMA-emissionsmodellen, TEMA2010. Denne model indeholder de nyeste anbefalinger til opgørelse af emissionsfaktorer fra transport i Danmark og er derfor et vigtigt grundlag for de kilometerbaserede eksterne omkostninger for luftforurening og klima.

På baggrund af overstående ønsker Transportministeriet at opdatere de eksisterende enhedsværdier for de eksterne omkostninger, så de afspejler de seneste faglige anbefalinger og udviklingen på området i øvrigt.

1.2 Formål

Det overordnede formål med projektet er at opdatere enhedsværdierne for transportens eksterne omkostninger fra Transportøkonomiske Enhedspriser. Projektet skal fremkomme med opdaterede enhedspriser, som er konsistente på tværs og så vidt muligt i forhold til andre officielle enhedspriser (f.eks. luftforurening fra energiproduktion) og i overensstemmelse med de seneste metodiske anbefalinger.

Projektet har samtidig til formål at gennemføre nogle af de forbedringer for udvalgte eksterne omkostninger, som blev anbefalet i det seneste projekt, der havde til formål at samle alle de Transportøkonomiske Enhedspriser i et samlet regneark.

Resultaterne er opdaterede enhedsværdier og opdaterede km-værdier. Fokus for projektet er at sikre en større grad af konsistens i forhold til metoder og beregningsgrundlag. Dette vedrører i særlig grad værdien af liv og diskonteringsfak-

¹ Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) udarbejder værdisætning af luftforurening fra stationære kilder (eksempelvis kraftværker), som beregnes med den dertil udviklede beregningsmodel, EVA (Economic Valuation of Air pollution). Modellen omfatter forurening med PM_{2,5}, NO_x, SO₂, bly og kviksølv.

toren, men også metodiske forhold som for eksempel sammenhæng mellem km-værdi og enhedspris.

Formålet med denne rapport er at dokumentere opdateringen og præsentere de beregnede værdier. Rapporten suppleres af et regneark, som samler de forskellige resultater i form af km- og enhedsværdier. Regnearket er opbygget, så værdierne enkelt kan integreres i det eksisterende Transportøkonomiske Enhedspris-regneark, hvorfra der kan foretages enkle opdateringer på baggrund af opdatering af prisudvikling, BNP mm.

1.3 Organisation og proces

Projektet er gennemført af COWI i perioden september 2009 til marts 2010. Projektet har været fulgt af en følgegruppe ledet af Transportministeriet og med medlemmer fra DTU Transport, Trafikstyrelsen, Vejdirektoratet, Energistyrelsen og Miljøstyrelsen. Følgegruppen har kommenteret tilgang, leveret udvalgte data og kommenteret resultaterne.

1.4 Indhold

Indholdet af denne rapport er som følger:

Kapitel 2 beskriver tværgående metodiske spørgsmål, dvs. den anvendte tilgang, omkostningsbegreber og hvilke dimensioner de eksterne omkostninger er opgjort for.

Kapitel 3-6 omhandler hver af de eksterne omkostninger, således beskrives luftforurening og klima i kapitel 3, støj i kapitel 4, uheld i kapitel 5 og trængsel og infrastrukturslid i kapitel 6. Hvert af disse kapitler har samme struktur, så kapitlet indledes med en beskrivelse af baggrunden og forudsætningerne for opgørelsen, dvs. hvilket udgangspunkt de er eksterne omkostninger opgjort på basis af. Dernæst beskrives metode og tilgang i opdateringen af omkostningerne og endelig beskrives de fremkomne resultater.

2 Metode

I dette kapitel beskrives væsentligste metodiske forudsætninger anvendt i opdateringen af de eksterne omkostninger. Først beskrives den overordnede tilgang og de relevante dele af det igangværende arbejde med en revision af statens generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, dernæst konkretiseres omkostningsbegreberne og endelig beskrives de dimensioner, som er anvendt i opgørelsen.

2.1 Tilgang

Projektets overordnede tilgang er baseret på videreudvikling/opdatering af de eksisterende eksterne enhedsværdier. Der er således taget udgangspunkt i de nuværende modeller, grundlag og dokumentation for de respektive eksterne enhedsværdier, og de relevante ændringer er gennemført ved revision/opdatering heraf.

Målet har været at frembringe et opdateret sæt af eksterne enhedsværdier, som kan integreres i Modelcenterets regneark med de Transportøkonomiske Enhedspriser. Dette indebærer, at man ved at opdatere et sæt af observerede data fra transportsektoren (relevante prisindeks m.m.) kan beregne konsistente og opdaterede enhedspriser for transportsektoren.

Der er allerede defineret en grænseflade mellem enhedsprisregnearket og de underliggende studier/metoder, som indeholder de detaljerede beregninger og data. Det betyder at værdierne indgår på et passende disaggregeret niveau i enhedsprisregnearket, hvor aggregeringen gennemføres ud fra centrale forudsætninger. Denne grænseflade er som udgangspunkt bibeholdt. I projektet er der imidlertid identificeres enkelte forhold, som har medført mindre justeringer på dette område.

Fokus for projektet er luftforurening, støj og uheld, mens der er mindre fokus på klima (CO₂) og trængsel og infrastruktur.

Opdateringen af enhedsomkostningerne kan opsplittes på fire typer af opgaver:

- 1 **Opdatering af udvalgte baggrundsdata** i de bagvedliggende beregningsmodeller, f.eks. fysiske effekter. Denne type opdatering sigter på at opdatere centrale data, så året for opgørelsen af enhedsprisen bliver mere aktuel, idet fremskrivningen med prisindeks blot er en approksimation.

Opdateringen ændrer ikke på struktur og definition på de baggrundsdata som indgår i beregningsmodellen.

- 2 **Revision af metoderne** der ligger til grund for beregningen for at sikre at den nyeste viden er afspejlet. Denne type revisionen medfører behov for at ændre struktur og definitioner på baggrundsdata der indgår i beregningsmodellen og dermed også på de enhedspriser som beregnes.
- 3 **Konsekvensrettelser af data og forudsætninger** (og evt. metode) som følge af den igangværende revision af statens generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger. Konsekvensrettelserne påvirker basisforudsætninger i beregningsmodellerne og dermed de resulterede enhedspriser.
- 4 **Supplerende enhedspriser** for udvalgte eksterne omkostninger. Denne opdatering imødekommer ønske om, at de eksterne omkostninger per km opgøres for flere transportmidler eller suppleres med nye enhedsværdier.

Afgrænsning og forbehold

De Transportøkonomiske Enhedspriser har gennem de seneste år udviklet sig markant i takt med den øgede fokus på brug af samfundsøkonomiske analyser i transportsektoren. Dette betyder at de i dag er meget omfattende. De dækker alle de vigtigste interne og eksterne omkostninger og omfatter vejtransport (biler, lastbiler, busser), jernbanetransport (person og gods) samt til dels luft- og færgetransport.

Enhedspriserne er opstillet i en række forskellige sammenhænge og baggrundsdata og metoder er dokumenteret i et stort antal regneark og rapporter, som rækker mange år tilbage i tiden. Det er et meget omfattende baggrundsmateriale. Selvom alle revisioner og opdateringer er solidt dokumenteret er det alene på grund af omfanget ressourcekrævende at danne sig et fuldstændigt overblik. Opdateringerne er ikke altid sket i de oprindeligt udviklede beregningsmodeller, fordi der er lavet pragmatiske og simple opdateringer (af f.eks. prisudvikling). Dette har kompliceret denne revision og opdatering og har skabt udfordringer i forhold til dokumentationen heraf.

En komplet revision af alle metoder og opdatering af alle enhedspriser vil være en meget stor og omfattende opgave, og det har ikke været målet med dette projekt. Arbejdet har haft til opgave at skabe konsistens, udrede og forbedre udvalgte metodiske forhold samt opdatere udvalgte data for udvalgte eksterne omkostninger. Der er således ikke tale om en fuldstændig revision eller opdatering af samtlige eksterne omkostninger. Det har heller ikke været målet at lave en minutiøs dokumentation af årsagen til evt. ændringer i enhedspriserne, men det har været målet at tilvejebringe det opdaterede beregningsgrundlag og dokumentation og rationaler for de anvendte metoder. Der er samtidig redegjort for større ændringers (i metode eller data) betydning for resultaterne.

2.2 Revision af statens generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger

Der pågår et arbejde i Finansministeriet med at revidere Finansministeriets vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. Arbejdet er endnu ikke afsluttet. Det er imidlertid aftalt med Finansministeriet, at Transportministeriet kan operere med nedenstående beregningsforudsætninger, indtil Finansministeriets endelige vejledning er klar.

Den anvendte diskonteringsrente fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 2.1 Anvendt kalkulationsrente

	Per år
Anvendt kalkulationsrente	5%

Kilde: Jf. ovenfor.

Den anvendte værdi af et statistisk liv til brug for værdisætning af dødsfald som følge af trafikuheld fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 2.2 Anvendt værdi af et statistisk liv

2007-priser	DKK
Anvendt værdi af et statistisk liv	15.000.000

Kilde: Jf. ovenfor.

For værdisætning af dødsfald som følge af luftforurening og støj er det aftalt med Finansministeriet at anvende en leveårstilgang. Det betyder, at der tages højde for hvor lang levetid, der mistes som følge af luftforurening og støj. Her skelnes mellem, om effekten er umiddelbar (akut), dvs. om man dør umiddelbart efter at være blevet eksponeret for f.eks. luftforurening, eller om man dør efter en latensperiode, dvs. mister leveår i fremtiden. De anvendte værdier fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 2.3 Anvendt værdi af tabte leveår

2007-priser	DKK
Værdi af tabte leveår, akutte effekter	900.000
Værdi af tabte leveår, "kroniske" effekter (dvs. efter latensperiode)	450.000

Kilde: Jf. ovenfor.

For så vidt angår CO₂ er det aftalt med Finansministeriet at anvende en alternativomkostningsbetragtning. Det betyder, at CO₂-kvoteprisen anvendes som beregningsværdi.

2.3 Diskussion og definition af omkostningsbegreber

Enhedspriserne, som indgår i de Transportøkonomiske Enhedspriser, indeholder forskellige værdier for effekterne (enhedsværdier og km-værdier). Værdierne anvendes til forskellige formål, hvor de primære formål vurderes at være:

- Grundlag for samfundsøkonomiske beregninger.
- Basis for opgørelse af omkostningerne ved infrastrukturanvendelse.

Nedenfor følger definitioner på anvendte omkostningsbegreber i forbindelse med enhedspriserne for de afledte effekter samt diskussioner af omkostningernes afgrænsninger, sammenhænge og anvendelser.

Marginale omkostninger

En *marginal* omkostning er defineret til at omfatte den omkostning der fremkommer ved en ekstra enheds produktion/anvendelse. I forbindelse med transport defineres den ekstra enhed som en ekstra kilometer tilbagelagt. I princippet kan omkostningen variere ift. tid, sted, køretøj mm, og dette er afspejlet i de forskellige dimensioner for km-værdierne.

De marginale omkostninger afspejler de *kortsigtede* marginale omkostninger, hvorfor faste investeringsomkostninger i princippet ikke bør være indeholdt i omkostningerne. Dette er primært relevant i forhold til infrastrukturslid, hvor selve infrastrukturkapaciteten betragtes som fast. Men i praksis er der imidlertid anvendt en grad af approksimation på dette område idet omkostningerne ofte er opgjort på basis af *gennemsnitlige* omkostninger (et eksempel er behandlingsomkostninger i forbindelse med luftforurening, støj og uheld hvor det vurderes at være de gennemsnitlige omkostninger ved de forskellige sygdomme som danner grundlag for opgørelsen)².

Eksterne omkostninger

Særligt i forhold til km-værdierne er begrebet *eksterne* omkostninger relevant, idet værdierne eksempelvis anvendes som grundlag for beslutninger om pris-sætning for benyttelse af infrastruktur. En *ekstern* omkostning er defineret som en omkostning der påføres andre fra en ekstra kilometer tilbagelagt, og som der ikke betales for. Hvis der betales for en del af omkostningerne som brugen af infrastrukturen medfører, eller omkostningen påføres trafikanten selv, siges det at denne del af omkostningen er *internaliseret*. Disse omkostninger bør ikke være afspejlet i en marginal ekstern omkostning.

Ved denne opdatering er den eksterne omkostning for infrastruktur anvendelse på jernbanen udgået. Dette skal ses i lyset af, at det vurderes at denne eksterne omkostning er (eller kan) internaliseres via en afgift for anvendelse af infrastrukturen. Komponenten indgår nu i stedet alene i de Transportøkonomiske Enhedspriser under Infrastrukturuomkostninger for forvaltere/operatører.

² Dette er konsistent med Transportministeriet (2004): External Costs of Transport

Samfundsøkonomisk beregningspris

Enhedsværdier som eksempelvis kr. per kg emission og kr. pr. uheld udtrykker samfundsøkonomiske beregningspriser og er ofte de relevante værdier at anvende i forbindelse med prioriteringer og samfundsøkonomiske analyser. I værdierne er der som udgangspunkt ikke taget stilling til hvem omkostningerne påføres.

Sammenhængen mellem enhedsværdier og km-værdier

For de forskellige afledte effekter fra trafikken (luftforurening, klimaforandringer, støj, uheld, trængsel og slid på infrastrukturen) er der fastlagt en *pris per enhed* eksempelvis per kg emission, per SBT eller per uheld (*enhedsværdi*). Der er desuden fastsat marginale eksterne omkostninger *per km* for de enkelte effekter (*km-værdi*). Ideelt set bør der være en konsistent og entydig sammenhæng mellem de to værdier. Der er imidlertid et par forhold som gør at dette ikke altid er tilfældet for alle de afledte effekter.

Det ene forhold omhandler hvorvidt enhedsværdien (og den tilhørende km-værdi) er opgjort marginalt eller gennemsnitligt og hvorvidt der evt. er forskel på værdien ved disse to tilgange. Det andet forhold omhandler om enhedsværdien alene omfatter de *eksterne* omkostninger eller om den tillige indeholder *interne* omkostninger, dvs. omkostningskomponenter som er internaliserede.

Der synes ikke at være nogen særlige problemer i forhold til ovenstående for luftforurening, klima, støj, trængsel og infrastruktur. Enhedsværdier kan siges at udtrykke de marginale omkostninger og i øvrigt alene udtrykke eksterne omkostninger. Der eksisterer desuden en konsistent metode, som gør det muligt at omregne enhedsværdi til en km-værdi.

Omvendt er der en særlig problemstilling for uheld. Enhedsværdien for uheld afspejler den *samfundsøkonomiske omkostning* ved et uheld og er således det rigtige udgangspunkt til brug for en samfundsøkonomisk analyse af et projekt som medfører en forskel i uheld. Den indeholder både interne og eksterne omkostninger - og der er tale om en *gennemsnitlig* omkostning.

Interne og eksterne omkostninger

De samfundsøkonomiske uheldsomkostninger består både af de *interne* og *eksterne* omkostninger. Det er kun en del, der er *eksterne* omkostninger - som trafikanter påfører deres medtrafikanter og øvrige samfundsborgere. Risikoen for selv at komme til skade er derimod en intern omkostning som trafikanten accepterer. Der er ikke skelnet mellem de *interne* og *eksterne* omkostninger for enhedsprisen per uheld. Der er i stedet tale om en *samfundsøkonomisk beregningspris*, som beskrevet ovenfor.

I modsætning til de øvrige afledte effekter er der for uheld ikke en umiddelbar enkel og entydig måde at omregne enhedsværdien for uheld til en enhedsværdi pr. kørt km. For at udlede de eksterne omkostninger er der således behov for at vurdere om de forskellige elementer i uheldsomkostninger er interne eller eksterne omkostninger. Eksempelvis bør materielskadeomkostningerne ikke medtages i en opgørelse af de eksterne omkostninger, da de må betragtes som internaliseret via forsikringspræmier. Men der er ligeledes behov for at opgøre uheldsrisici mellem forskellige køretøjstyper for at kunne fastlægge risikoen for

selv at komme til skade i trafikken og dermed den interne del af omkostningerne.

I denne forbindelse er det værd at bemærke, at der eksisterer en interessant metodisk problemstilling i forbindelse med de samfundsøkonomiske analyser som gennemføres i dag, hvor uheldsomkostninger opgøres på basis af enhedsværdien for uheld og et estimat for ændringen i antal uheld.

Opgørelsen af de samfundsøkonomiske omkostninger ved uheld er for så vidt korrekt, men der sker sandsynligvis en form for dobbeltregning idet man (normalt) ikke korrigerer for at trafikanten allerede har indregnet sin egen øgede risiko for at blive slået ihjel i trafikken (fordi han kører flere kilometer). Denne må formodes at være en del af trafikantens *generaliserede rejseomkostning*. Ved en konstant uheldsrisiko vil en ændring i kørte kilometer ikke medføre ændrede *interne* uheldsomkostninger for eksisterende trafikanter men alene ændrede *eksterne* uheldsomkostninger.

Gennemsnitlige vs. marginale omkostninger

Som beskrevet ovenfor skal de eksterne omkostninger per km udtrykkes som *marginale* omkostninger. Umiddelbart kunne dette antyde at der er en inkonsistens mellem de to værdier for uheld (hvor enhedsværdien er opgjort som en gennemsnitlig omkostning). Imidlertid beregnes ændringen i antal uheld som den *marginale* ændring. Når man efterfølgende beregner uheldsomkostningerne som enhedspris gange ændringen i uheld fås den *marginale* ændring. Dette er parallelt med det resultat man opnår hvis konsekvenserne beregnes som *km* gange med den marginale omkostning i *kr. per km*.

Markedspriser og prisniveau

Alle priser er søgt opgjort i 2009-markedspriser med opdatering af baggrundsdata til dette år. Dog har det for nogle komponenter kun været muligt at opdatere grundlaget til tidligere år (dette gælder eksempelvis for uheld, hvor grundlaget kun har kunnet opdateres til år 2008). Opgørelse i 2009-niveau refererer både til prisniveau og til referenceår for øvrige dele af opgørelsen. Det første betyder, at inputpriser mv. er anført i 2009-prisniveau (evt. korrigeret med inflationsudviklingen og - hvor relevant - udviklingen i BNP). Den anden del af fremskrivningen refererer til, at opgørelsen af f.eks. køretøjsparkens sammensætning og trafikmængder er opgjort i 2009-niveau. Dette er for eksempel relevant for luftforurening, fordi skærpede EURO-normer over tid betyder, at de eksterne omkostninger per km alt andet lige reduceres, når køretøjsparken fornyes.

I det omfang at inputpriser og lignende foreligger i faktorpriser, er disse opregnet til markedspriser. Dette er som udgangspunkt gjort med brug af de afgifter som er forbundet med varen/serviceydelsen (moms og punktafgifter) ud fra en antagelse om privat anvendelse. Hvis det ikke er muligt at fastsætte gældende afgifter er en faktorpris opregnet til markedspris vha. nettoafgiftsfaktoren.

Den anvendte nettoafgiftsfaktor fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 2.4 Anvendt nettoafgiftsfaktor (NAF)

	Per år
Anvendt nettoafgiftsfaktor	17%

Kilde: Finansministeriet (1999): Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger.

2.4 Dimensioner i opgørelserne

Priser for de afledte effekter består som nævnt helt overordnet af både en *enhedsværdi* (dvs. kr. per kg emission, kr. per SBT osv.) og *kilometerværdi* (dvs. kr. per bilkm, varebilkm osv.). Der er taget udgangspunkt i de eksisterende dimensioner for værdierne i Transportøkonomiske Enhedspriser, men der er gennemført nogle udvalgte ændringer, som beskrives nedenfor.

Luftforurening og klima

For luftforurening og klima er det muligt at opgøre kilometerværdierne for de eksterne omkostninger på et mere detaljeret niveau.

I den nuværende version af Transportøkonomiske Enhedspriser er der én lastbil. *Lastbiler* er udbygget med flere kategorier, der tilsammen repræsenterer de sololastbiler og sættevognstog, som kører i Danmark. Der er desuden beregnet værdier for en gennemsnitlig lastbil.

For *persontog* er der i den nuværende version af Transportøkonomiske Enhedspriser ét gennemsnitligt elektrisk drevet tog (som består af en sammenvejning af S-tog og fjerntog) og et gennemsnitligt dieseldrevet tog (som består af en sammenvejning af forskellige typer fjerntog). I opdateringen er tog opdelt på S-tog og metro, mens øvrige tog er opdelt på el og diesel med et antal undergrupper.

Under *søtransport* er konventionelle og hurtigfærger tilføjet.

Samlet set er de opdaterede værdier for luftforurening og klima opdelt på transportmidler og typer som vist i nedenstående tabeller.

Tabel 2.5 Transportmidler for vej, anvendt opdeling for luftforurening og klima

Transportmiddel	Drivmiddel	Type	Kapacitet
Personbil	Benzin	-	4 pers
	Diesel	-	4 pers
	Elektricitet	-	4 pers
Varebil	Benzin	-	1,5 t
	Diesel	-	1,5 t
Lastbil	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	23,2 t
	Diesel	Solo, <7,5 brt	3,5 t
	Diesel	Solo, 7,5-12 brt	5,7 t
	Diesel	Solo, 12-14 brt	6,6 t
	Diesel	Solo, 14-20 brt	10 t
	Diesel	Solo, 20-26 brt	14 t
	Diesel	Solo, 26-28 brt	16 t
	Diesel	Solo, 28-32 brt	18 t
	Diesel	Solo, >32 brt	20 t
	Diesel	Vogntog, 14-20 brt	12 t
	Diesel	Vogntog, 20-28 brt	16 t
	Diesel	Vogntog, 28-34 brt	20 t
	Diesel	Vogntog, 34-40 brt	26,5 t
	Diesel	Vogntog, 40-50 brt	33 t
	Diesel	Vogntog, 50-60 brt	36 t
Bus	Diesel		46 pers

Tabel 2.6 *Transportmidler for bane, luft og sø, anvendt opdeling for luftforurening og klima*

Transportmiddel	Drivmiddel	Type	Kapacitet
Passagertog	Elektricitet	S-tog	318 pers
	Elektricitet	Metro	300 pers
	<i>Elektricitet</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>481 pers</i>
	Elektricitet	Fjerntog, IR4 160 km/t	466 pers
	Elektricitet	Regionaltog, OR, 160 km/t	506 pers
	Elektricitet	Lokomotiv+vogne, EA, 160 km/t	680 pers
	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>270 pers</i>
	Diesel	Fjerntog, IC4, 200 km/t	203 pers
	Diesel	Fjerntog, IC3, 160 km/t	288 pers
	Diesel	Regionaltog, IC3, 160 km/t	144 pers
	Diesel	Regionaltog, MQ, 120 km/t	114 pers
	Diesel	Lokomotiv+vogne, ME, 160 km/t	360 pers
	Godstog	<i>Elektricitet</i>	<i>Gennemsnit</i>
Elektricitet		500 brt	290 t
Elektricitet		1000 brt	580 t
Elektricitet		1500 brt	870 t
<i>Diesel</i>		<i>Gennemsnit</i>	<i>496 t</i>
Diesel		500 brt	290 t
Diesel		1000 brt	580 t
Diesel		1500 brt	870 t
Passagerfly	Jet		120 pers
	Turboprop		62 pers
Færge		Konventionel	328 pers
		Hurtig	664 pers
Kystfartøj			2000 t
Container			3500 t

Uheld på bane

Uheld på bane er udvidet med en enhedsværdi for uheld per overkørsel.

Uheldsomkostningen i kr. per km er opgjort konsistent med den nye enhedsværdi.

Trængsel

Der har været udtrykt ønske om, at Transportøkonomiske Enhedspriser inkluderer en opdeling af trængselsomkostningerne på motorvej og landeveje, hvorfor sættet af marginale eksterne omkostninger for trængsel ved denne opdatering er udvidet til at omfatte disse værdier.

Infrastrukturslid

Omkostninger for infrastrukturslid på bane udgår af de eksterne omkostninger og flyttes til driftsomkostninger i Transportøkonomiske Enhedspriser. Begrundelsen er at omkostningen ikke er ekstern idet den er/kan *internaliseres* via en afgift for banebenyttelse. Den indgår i øvrigt i Transportøkonomiske Enhedspriser under "Omkostninger til fornyelse og vedligehold af jernbane".

Opdeling på by og land

For de opgjorte km-værdier er der generelt differentieret på "by" og "land", hvilket skal ses i lyset af at der kan være stor forskel i den marginale eksterne omkostning i forhold til om trafikken foregår det ene eller det andet sted. Eksempelvis for luftforurening vil både selve køremønstret og dermed emissionsfaktoren variere mellem "by" og "land" og enhedsomkostningen (per kg) variere, fordi der i "by" bl.a. vil være mange flere mennesker der eksponeres for luftforureningen.

Helt overordnet må det konstateres at der ikke anvendes en helt entydig og konsistent definition på by/land for de forskellige afledte effekter. De definitioner som anvendes i Transportøkonomiske Enhedspriser stammer implicit fra External Costs of Transport projektet, idet km-værdierne stammer fra dette projekt. For luftforurening og støj er "land" i de Transportøkonomiske Enhedspriser defineret ud fra urbaniseringsgrader i TU-data. Den anvendte afgrænsning er "*områder med under 200 indbyggere*" (det tyndest befolkede område i Danmark). For luftforurening er "by" defineret som København (det tættest befolkede område i Danmark), hvorfor by og land i virkeligheden repræsenterer yderværdierne, så f.eks. områder med en befolkningstæthed midt i mellem disse punkter vil have en ekstern omkostning, som en vægtning af to kategoriers eksterne omkostninger.

For uheld og trængsel er de anvendte definitioner af by og land hentet fra udenlandske kilder uden nogen præcis definition eller angivelse af afgrænsningen.

Endelig er der ved den hidtidige beregning af de aggregerede enhedspriser (på basis af enhedspriser for by og land) anvendt en kategorisering af trafikarbejdet fordelt efter oplysninger i TU-data om, hvorvidt en tur foregår "helt i byområde", "helt i landområde", "ligeligt i by- og landområde", "mest i byområde" eller "mest i landområde". På denne baggrund er der pragmatisk estimeret en fordeling mellem by og land.

Det er naturligvis problematisk at der ikke eksisterer en entydig og konsistent definition af by/land. Dette gør sammenvejning problematisk, ligesom der er vanskeligt at anvende km-værdierne konsistent i analyser. Når km-værdierne anvendes i analyser er det imidlertid ofte således at der alligevel anlægges pragmatiske betragtninger på hvornår "by" og "land" estimaterne anvendes. I

praksis er problemet med den manglende konsistens i definitionerne derfor ikke kritisk.

Ved sammenvejningen anvendes den hidtidige fordeling af trafikarbejde på by/land for de forskellige køretøjskategorier. Fordelen fremgår af tabellen nedenfor.

Table 2.7 Trafikarbejdet fordeling på by/land

Andele af trafik	Vej				Bane	
	Lastbil	Varebil	Personbil	Bus	Gods	Pass.
By	11%	36%	41%	57%	10%	10%
Land	89%	64%	59%	43%	90%	90%
heraf motorveje	37%	38%	39%	20%	-	-
heraf landeveje	52%	26%	20%	23%	-	-
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Kilde: Transport- og Energiministeriet (2004).

Fordeling af omkostningerne på velfærd, budget og afgifter

I Transportøkonomiske Enhedspriser angives der for hver af enhedspriserne for de eksterne omkostninger, hvor stor en del af prisen, der er velfærd, budget og afgifter. Summen af andelen er 100%. "Velfærd" dækker over det velfærdstab, som f.eks. en sygdomsramt person oplever. Der er således ikke tale om en direkte monetær omkostning, men derimod en værdisætning af et velfærdstab opgjort i markedspriser. Kategorien "budget" dækker over de direkte omkostninger fratrukket afgiftsandelen, mens afgifter dækker over moms og øvrige afgifter (evt. opgjort ud fra NAF).

Opdelingen er oprindeligt lavet for at kunne bruges til beregning af omkostninger, som er transfereringer (afgifter) og for at kunne lave en afgiftskorrektion når ressourceanvendelsen forskydes i samfundet. Estimerne anvendes således i TERESA.

De direkte omkostninger omfatter f.eks. hospitalsudgifter, medicin, sundhedspleje, politi og redningsomkostninger osv. Der er tale om monetære transaktioner, som derfor skal afgiftskorrigeres pga. det ændrede forbrug.

Afgifterne skal modregnes i det offentlige omkostninger, da de er en transferering mellem agenter i økonomien. Der skal desuden beregnes en afgiftskorrektion idet ændringen i udgiftsniveauet vil fortrænge andre varer fra forbrugsporteføljen - og dermed ændre afgiftsprovenuet.

Opdelingen er efterfølgende også blevet anvendt til fremskrivninger af enhedspriserne, hvor man udover fremskrivning med prisudvikling korrigerer de dele af priserne som vurderes at stige med velstandsudviklingen med BNP. Velfærdsdelen har hidtil været anvendt som estimatet for den del der skal fremskrives med BNP. I forbindelse med denne opdatering er det blevet klart at dette ikke altid er korrekt. Ved sygdom er produktionstab "budget", da det reducerer forbrugsmulighederne (oftest det offentlige eller virksomhedens forbrug,

men også det personlige forbrug for f.eks. uforsikrede selvstændige). Men det skal stadig fremskrives med BNP, fordi det i virkeligheden er løn, hvor man forventer en real lønfremgang.

For at tage højde for dette er tabellen, som angiver fordelingen af omkostningerne på de forskellige kategorier, udvidet til også at differentiere i forhold til BNP/ej BNP for at angive, hvor meget der skal fremskrives med BNP. Tabellen nedenfor viser den opdeling der er lavet for de forskellige komponenter.

Tablet 2.8 Anvendt format for fordeling af omkostninger komponenter til brug for korrektioner og fremskrivninger

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP	%	%	%	%
Ej BNP	%	%	%	%
I alt	%	%	%	100%

Af hensyn til overskuelighed og operationalitet er der som udgangspunkt blot frembragt én tabel for hver af de afledte effekter, hvorfor der er anvendt gennemsnitsbetragtninger hvor tabellen anvendes for flere enhedsværdier, hvor der evt. er mindre forskelle i fordelingen.

Afgiftsandelen for eksterne omkostninger

Afgiftsandelen af de eksterne omkostninger har tidligere været angivet til 0% for alle eksterne omkostninger, hvilket ikke er korrekt. Dette er revideret i forbindelse med denne opdatering.

For de komponenter hvor afgifterne har kunnet fastlægges direkte er disse anvendt. Dette gælder eksempelvis materielomkostningerne ved uheld. For de øvrige komponenter er NAF anvendt. Det betyder eksempelvis, at når der opgjort en behandlingsomkostning som en markedspris, så er afgifterne heraf beregnet som $NAF/(1+NAF) \times$ omkostningen, svarende til at nettobudgetudgifterne er tillagt et gennemsnitligt afgiftsniveau svarende til NAF^3 .

Af rapportering i regneark

Som beskrevet i afsnit 3 er enhedspriserne oprindeligt opstillet i en række forskellige sammenhænge og baggrundsdata og metoder er dokumenteret i et betydeligt antal regneark og rapporter. Det er tale om et omfattende baggrundsmateriale. I forbindelse med denne opdatering er der taget udgangspunkt i dette materiale. I nogle tilfælde er eksisterende regneark opdateret, revideret og evt. udvidet og i andre tilfælde er der lavet nye/supplerende beregning i nye regneark.

³ Her er der en problemstilling knyttet til forskelle mellem erhverv og ej erhverv, som i princippet bør behandles forskelligt, men det vurderes, at dette detaljeringniveau ikke er operationelt og alt antages således som ej erhverv.

Der er i projektet opbygget ét regneark, som samler de forskellige resultater i form af enhedsværdier. Regnearket er opbygget, så enhedspriserne enkelt kan integreres i det eksisterende Transportøkonomiske Enhedspris-regneark, hvorfra der kan foretages enkle opdateringer på baggrund af opdatering af prisudvikling, BNP mv.

Angivet præcision

Da enhedspriserne ikke i sig selv er et resultat, men input til samfundsøkonomiske beregninger, er de ikke afrundet, men præsenteres med alle betydende decimaler, da afrundinger ellers ville blive skaleret i de videre beregninger.

3 Luftforurening og klimaeffekt

I dette kapitel præsenteres de opdaterede enhedspriser for luftforurening og klima. Kapitlet indledes med en beskrivelse af baggrunden og forudsætningerne for opgørelsen. Dernæst beskrives metoden og tilgangen for den gennemførte opdatering. Til slut vises de beregnede eksterne omkostninger. Desuden sammenlignes med de tidligere værdier og der gives en begrundelse for de væsentligste forskelle i resultaterne.

3.1 Baggrund og forudsætninger

For luftforurening opgøres der i dag et sæt enhedsværdier udtrykt som kr. per kg emission ($PM_{2,5}$, NO_x , SO_2 , HC og CO) samt marginale eksterne omkostninger for vej (personbiler, varebiler, lastbiler og busser), bane (passager- og godstog), lufttransport (jet og turboprop) og søtransport (kystfartøj og container). I resten af dette afsnit beskrives den metode, som de eksisterende enhedsværdierne er opgjort efter.

Når man skal opgøre de samfundsøkonomiske omkostninger ved de negative eksternaliteter fra den trafikskabte luftforurening, kan man metodisk inddele de samlede effekter i en kæde af kausaliteter, som hver især principielt kan bestemmes uafhængigt af hinanden. Formålet er at kortlægge 'exposure-response' sammenhænge, dvs. kvantificering af skader på helbred mv. af givne koncentrationer af luftforurening.

Overordnet set benyttes en forståelsesramme, der er bygget op omkring to nøgletal:

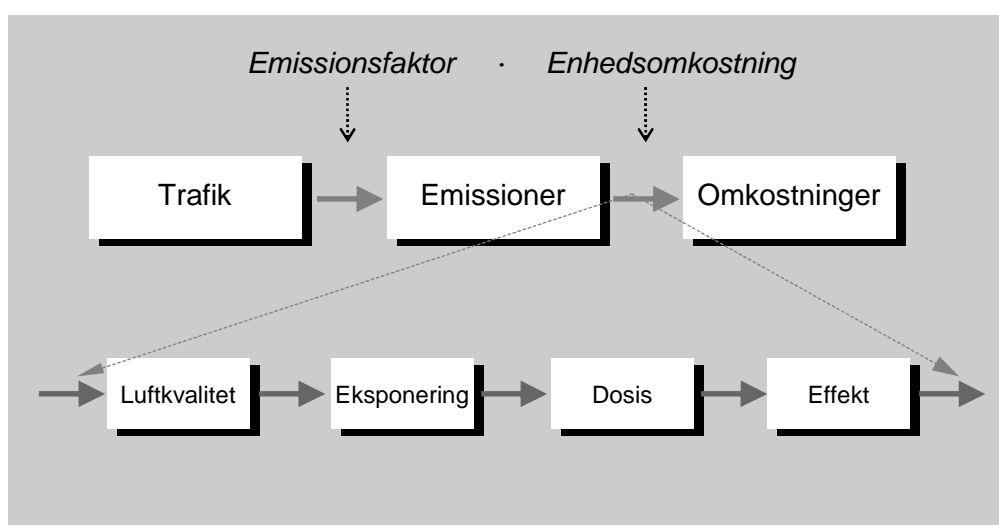
- *Emissionsfaktorer*, målt i gram pr. (transportmiddel-)kilometer
- *Enhedsomkostninger*, målt i kroner pr. kilogram udslip

I princippet kan man på basis af ovenstående faktorer og viden om trafikomfanget beregne de samlede luftforureningsomkostninger, som en given trafikændring giver anledning til. I praksis er sammenhængene imidlertid uhyre komplekse, og emissionsfaktorer og enhedsomkostninger vil udvise meget stor variation, afhængigt af de konkrete forhold som f.eks. transportmiddel-teknologi, klimatiske forhold og befolkningstæthed, for blot at nævne tre.

Den principielle årsagssammenhæng, som danner basis for opstilling af omkostningsestimaterne er illustreret i figuren nedenfor. Emissionerne omfatter

partikler, NO_x (nitrogenoxider), SO₂ (svovldioxid), CO (kulilte) og HC (kulbrinter inkl. metan). Klimaeffekten fra CO₂ (kuldioxid) behandles særskilt og omtales til slut i afsnittet.

Figur 3-1 Principielle årsagssammenhænge mellem trafik og omkostninger



Der opstilles gennemsnitssammenhænge for årsagskæden. Årsagskæden er således aggregeret til fire faktorer, som multipliceres for at få den endelige omkostning:

Emissionfi Luftkvalitet

Emissionen af et stof giver via spredning i luften anledning til forringet *luftkvalitet* via øget koncentration af stoffet, målt som mg/m³. Luftkvaliteten vil i praksis være stærkt varierende med typen af lokaliteten (mikromiljøet). Højeste værdier fås sædvanligvis i lukkede gademiljøer og tættest på trafikken.

Luftkvalitetfi Eksposering

Skadernes omfang vil afhænge af, hvor længe vi udsættes for høje og lave koncentrationer. En persons samlede *eksposering* over en given tidsperiode fås ved at integrere koncentrationsniveauerne over tid og kan udtrykkes som den gennemsnitlige eksposering over det pågældende tidsrum.

Eksposeringfi Dosis, Dosisfi Effekt

Den sundhedsskadelige *effekt* fra luftforureningen, f.eks. forøget risiko for lungekræft, afhænger imidlertid mere direkte af den modtagne *dosis*, dvs. den mængde af stoffet, der er tilgængelig for optagelse i lungerne, og som opgøres som indåndet mængde luft gange stofkoncentrationen.

Effektfi Omkostninger

Endelig skal der til brug for den samfundsøkonomiske opgørelse af skadesomkostningerne ved luftforureningen foretages en *værdisætning* af effekterne. Denne værdisætning kan efterfølgende anvendes til opstilling af enhedsomkostninger pr. kg udslip.

Operationel anvendelse

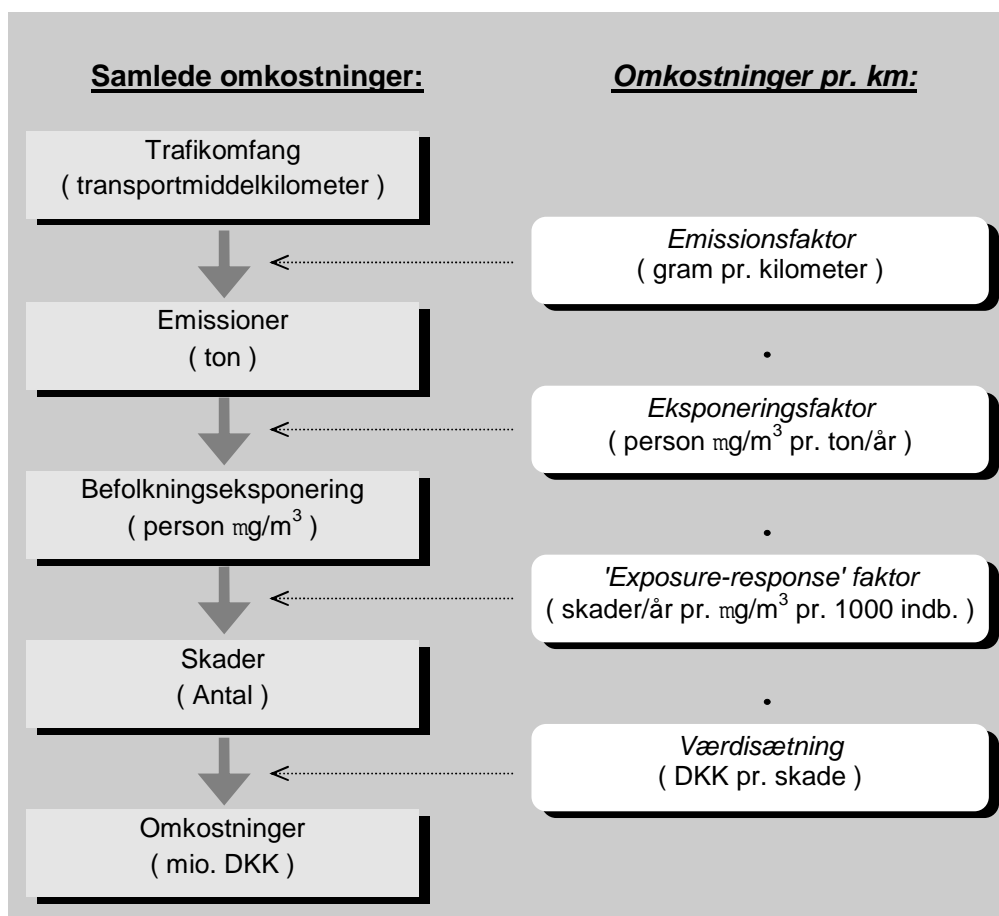
Til brug for en kvantificering af luftforureningens samlede konsekvenser er det uoverkommeligt at kortlægge den ovenfor beskrevne årsagskæde for hvert individ, der udsættes for forureningseksponering, og for hver emissionskilde.

Det er nødvendigt at operationalisere ovenstående principielle forståelse af årsagskæden på basis af foreliggende data og den stærkt ufuldstændige viden om de kvantitative sammenhænge. Det kræver en pragmatisk tilgang, hvor man er villig til at gøre en række antagelser for at nå frem til mere generelle og forsimplede sammenhænge om de gennemsnitlige effekter for hver emissionstype.

I praksis er det ikke muligt at kvantificere skadesomfanget ud fra en kortlægning af de enkelte individers eksponering. I stedet betragtes befolkningen som helhed. Befolkningseksponeringen kan enten baseres på en generalisering af individbaserede eksponeringsundersøgelser, eller vurderes ud fra en sammenstilling af luftforureningsmålinger med befolkningsdata. Fra befolkningseksponeringen vil man derefter direkte beregne den samlede sundhedsskadelige effekt ud fra en epidemiologisk 'dosis-respons' sammenhæng.

På lignende måde må man operere med tilsvarende gennemsnitlige sammenhænge mellem kørsel og emissioner, og mellem emissioner og befolkningseksponering.

Figur 3-2 Operationelle årsagssammenhænge mellem trafik og omkostninger



Den operationelle version af hele sammenhængen er illustreret i venstre halvdel af Figur 3-2, hvor leddene i årsagskæden altså er aggregeret til de fire:

- Trafikfi Emissioner (*Emissionsfaktor*)
- Emissionerfi Befolkningseksponering (*Eksponeringsfaktor*)
- Befolkningseksponeringfi Skader (*Exposure-response faktor*)
- Skaderfi Omkostninger (*Værdisætning*)

Sidste del af operationaliseringen består i at beregne de samlede omkostninger ved en given trafikændring ved hjælp af fire faktorer svarende til hvert led i årsagskæden, hvilket er illustreret i figurens højre halvdel: *Emissionsfaktor* · *Eksponeringsfaktor* · *Exposure-response faktor* · *Værdisætning*.

Overgangen fra venstre sides årsagssammenhænge til højre sides faktorer indebærer implicit nogle temmelig restriktive antagelser om de kvantitative sammenhænge i hvert led: *Linearitet, ingen interaktions-effekter, konstante 'flows', og langsigtsligevægt*. Antagelser som er forsimplede, men afspejler den opera-

tionelle nødvendighed. For yderligere beskrivelse af tilgangen henvises til TRIP-projektet, COWI (2005).

En begrænsning i antallet af dimensioner i de enkelte led i årsagssammenhængen er påkrævet, for at sikre klarhed og samtidig gøre metoden operationel. Nødvendigheden heraf afspejler kompleksiteten i årsagssammenhængskæden. F.eks. giver forskellige typer af luftforurening anledning til en bred vifte af forskellige skadeseffekter.

Opdateringen af værdier for transportens eksterne omkostninger inkluderer ændringer i dimensionerne i årsagskæden. De oprindelige dimensioner for hvert af de fire led, fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 3.1 Dimensioner for hvert led i årsagssammenhængen

Trafik	Personbil (benzin)	Passagertog (elektrisk)
	Personbil (diesel)	Fly (jet)
	Bus (diesel)	Fly (turboprop.)
	Varebil (benzin)	Godstog (diesel)
	Varebil (diesel)	Kystskib
	Lastbil (diesel)	Containerskib
	Passagertog (diesel)	
Emissioner	PM _{2,5} (partikler)	CO (carbon monoxider)
	NO _x (nitrogen oxider)	HC (hydrocarbonater)
	SO ₂ (sulfur dioxide)	CO ₂ (carbon dioxide)
Eksposering	PM _{2,5} (samt SO ₄ sulfater og NO ₃ nitrater)	O ₃ (ozoner)
	NO ₂ (nitrogen dioxide)	CO (carbon monoxider), Carcinogens
	SO ₂ (sulfur dioxide)	Drivhusgasser (CO ₂ , CH ₄)
Skade	Dødelighed	Lavere afkast fra skovbrug
	Sygelighed	Tilsmudsning
	Lavere afkast fra landbrug	Klimaeffekt
Monetær værdisætning	Samme som for skade	

Sygelighed er yderligere underopdelt på nedenstående kategorier.

Tabel 2 Sygdomme og oversigt over årsager (stoffer)

Eksponeringsstof Sygdomstype	PM _{2,5} / SO ₄ /NO ₃	NO ₂	SO ₂	O ₃	Carcinogener ^{a)}	CO
Brug af astmamedicin	+					
Hoste	+					
Symptomer på nedre luftvejssygdomme	+					
Astmaanfald				+		
Hospitalsindlæggelser som følge af luftvejslidelser	+	(s)	+	+		
Hospitalsindlæggelser som følge af hjertekar- sygdomme	+					
Symptomdage				+		
Dage med begrænset aktivitet (RAD)	+					
Dage med mindre be- grænset aktivitet				+		
Kronisk bronchitis	+					
Hospitalsindlæggelser som følge af overbelastet hjerte	+					(+)
Kronisk hoste	+					
Besøg på skadestue	(s)			(s)		
Iskæmisk hjertesygdom	(s)					
+ Effekt inkluderet (+) Effekt delvis inkluderet (s) Usikker effekt, inkluderet som højt skøn (?) Usikker effekt, ikke inkluderet , Vigtig effekt, ikke inkluderet (,) Mindre effekt, ikke inkluderet () Ikke vigtig effekt, ikke inkluderet 'blank' Ingen effekt						

Klimaeffekt fra CO₂

Klimaeffekten fra CO₂ behandles ikke efter principperne udstukket i den principielle årsagssammenhæng. Det skyldes problemstillingerne vedrørende estimering af CO₂-udledningens effekt på klimaet og værdisætningen af klimaforandringerne.

I stedet baseres værdisætningen af omkostningen ved udledning på EU's CO₂-kvotesystemet. I kvotesystemet handles kvoterne frit mellem Europas virksomheder. De virksomheder som skaber mest værdi per udledt ton CO₂, vil have størst betalingsvillighed, hvorved en omkostningseffektiv reduktion af CO₂-udledningen opnås.

Både virksomheder og privat personer har mulighed for at købe kvoter. Et opkøb kan på den ene side afspejle et behov for en given udledning. Omvendt kan køberen undlade at anvende kvoten - købet vil da være udtryk for et ønske om at reducere antallet af kvoter og dermed den samlede udledning. Tilsvarende kan en ejer at en kvote vælge at sælge den til markedsprisen.

Prisen på en CO₂-kvote afspejler betalingsvilligheden for udledning, og dermed den pris man kan opnå ved at sælge en kvote - men samtidig også den pris der skal betales givet man ønsker at reducere udledningen. På den baggrund er prisen på en CO₂-kvote velegnet som indikator for den totale omkostning forbundet med udledningen af CO₂.

I Danmark administreres CO₂ kvotesystemet af Energistyrelsen, hvis data danner fundament for den transportøkonomiske enhedspris for udledning af CO₂. Den transportøkonomiske enhedspris er opgjort som DKK per ton CO₂ emission. Klimaeffekten har global karakter, så enhedsprisen er uafhængig af det geografiske udledningssted.

3.2 Oversigt over opdateringen

Opdateringen af de eksterne omkostninger for luftforurening og klimaeffekt omhandler opdatering af baggrundsdata i beregningsmodellen, tilpasning af metoden, konsekvensrettelser af data og forudsætninger samt tilføjelse af nye kilometerværdier for flere transportmidler.

Helt konkrete har der været fokus på følgende forhold til opdatering af enhedsværdierne for luftforurening:

- Opdatering af eksponeringsfaktorerne ved luftforurening med nye modelleringsresultater fra DMU.
- Mindre justeringer i exposure-response faktorerne for at afspejle ny viden.
- Opdatering af enhedsværdi for værdi af liv samt konsekvensrettelser som følge af nye anbefalinger fra Finansministeriet
- Samlet enhedspris og fastsættelse af fordeling på velfærdseffekt, offentlig udgift (budget) og afgiftsandel samt fordeling af disse på BNP/ikke-BNP-afhængige andele.

Der har derudover været fokus på følgende forhold til opdatering af km-værdierne:

- Opdatering af eksisterende emissionsfaktorer
- Tilføjelse af nye emissionsfaktorer.
- Opdatering af km-værdi for at sikre konsistens til enhedsværdierne og emissionsfaktorerne.

I det følgende afsnit gennemgås opdateringen af de eksterne omkostninger.

3.3 Metode og tilgang

Dette afsnit indeholder en beskrivelse af den metodiske tilgang anvendt til opdateringen af værdisætningen af udledning af emissioner og en redegørelse for opdateringen i dimensionerne af leddene i den principielle årsagssammenhæng.

Afsnittet er opdelt i et indledende afsnit, som beskriver de dimensioner, der indgår i hvert af de fire led i årsagssammenhængen nævnt ovenfor. Derefter indeholder hvert af de efterfølgende fire afsnit en beskrivelse af de opdateringer, der er foretaget for at beregne nye enhedsværdier per kg emission og per kørt km.

Dimensioner

Som nævnt i afsnit 2.4 er antallet af transportmidler øget i opgørelsen af de eksterne omkostninger. De konkrete transportmidler, som der skelnes imellem i opgørelsen er vist i Tabel 2.5 og Tabel 2.6.

Dimensionerne i kategorierne emissioner, eksponering og skade er hensigtsmæssige og fyldestgørende, så der foretages ikke ændringer.

Nedenstående tabel viser de anvendte dimensioner.

Tabel 3.3 Dimensioner for hvert led i årsagssammenhængskæden

Trafik	Som i Tabel 2.5 og Tabel 2.6.	
Emissioner	PM _{2.5} (partikler)	CO (carbon monoxider)
	NO _x (nitrogen oxider)	HC (hydrocarbonater)
	SO ₂ (sulfur dioxider)	CO ₂ (carbon dioxider)
Eksposering	PM _{2.5} (samt SO ₄ sulfater og NO ₃ nitrater)	O ₃ (ozoner)
	NO ₂ (nitrogen dioxider)	CO (carbon monoxider), Carcinogens
	SO ₂ (sulfur dioxider)	Drivhusgasser (CO ₂ , CH ₄)
Skade	Dødelighed	Lavere afkast fra skovbrug
	Sygelighed	Tilsmudsning
	Lavere afkast fra landbrug	Klimaeffekt
Monetær værdisætning	Samme som for skade	

Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorerne angiver udledningen af de relevante emissionstyper opgjort i g/km. Emissionsfaktorerne varierer for by/land for alle vejtransportmidler pga. forskellige kørehastigheder. I disse tilfælde er der regnet emissionsfaktorer for både by og land. For bane-, sø- og lufttransport er der ikke differentieret mellem land og by.

Emissionsniveauet varierer endvidere med transportmidlets alder, vægt, drivmiddel mv., så emissionsfaktorerne knytter sig direkte til sammensætning af transportmidlerne. Opdateringen består i, at beregne emissionsfaktorer til den aktuelle transportmiddelpark med udgangspunkt i dens sammensætning. Alle emissionsfaktorer stammer fra TEMA2010, som er Transportministeriets netop offentliggjorte og seneste officielle beregningsmodel for emissioner fra transportmidler. I tilfælde hvor der kan vælges forskellige indstillinger af modellen, er dens standardindstillinger valgt. Det gælder for eksempel kørehastighed på forskellige vejtyper.

Opgørelsen omfatter dannelse af gennemsnitstransportmidler for bil (diesel), bil (benzin), bus (diesel), lastbil (diesel), persontog (elektrisk), persontog (diesel), hurtig færge, konventionel færge, fly (jet), fly (turbopropel). Derved identificeres et gennemsnitligt udledningsniveau for hver køretøjstype - målt som g/km. Hver gennemsnitstransportmiddelstype er dannet på baggrund af et sæt vægte. Vægtene er baseret på følgende antagelser:

- Bilparken opdeles i aldersgrupper efter de europæiske emissionsnormer, også kaldet Euronormer. Euronormerne angiver den acceptable grænse for udledning for nye køretøjer. Der er opgjort emissionsfaktorer for pre-EURO, EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV og EURO V.

- Personbilerne underopdeles yderligere på motorstørrelser, dvs. <1,4 liter, 1,4-2 liter og >2 liter.
- Trafikarbejdets fordeling på alder og motorstørrelse for personbiler er anvendt som nøgle for alle køretøjstyper.
- Bestand af køretøjer er baseret på data fra Danmarks Statistik.
- For personbiler anvendes en gennemsnitlig tur længde på 15,5 km. En tur er defineret til at inkludere en koldstart. Turlængden differentieres ikke på land og by.
- For varevogne, busser og lastbiler korrigeres der ikke for koldstart, dvs. der opereres ikke med en gennemsnitlig turlængde.
- Gennemsnitsbil, bus og lastbil er dannet på tværs af alder (Euronorm), vægt, drivmiddel på baggrund af trafikarbejdet. Busser er endvidere en vægtning af turist- og rutebusser, og lastbiler er en vægtning af sololastbiler og vognvog - herunder sættevogne og sættevognstrækkere.
- Både konventionel og hurtig gennemsnitsfærge er dannet af færgerne i TEMA på baggrund af personkm korrigeret med kapacitetsbegrænsning.
- Gennemsnitsjet- og turbopropelfly er dannet af en vægtning af de mest udbredte flytyper vægtet med passagerkm korrigeret med kapacitetsbegrænsning.
- Gennemsnitligt persontog (elektrisk) og gennemsnitligt tog (diesel) er dannet af trafikarbejdet.

Bag gennemsnitsemissionsfaktorerne ligger der således et stort datamateriale af detaljerede emissionsfaktorer for hver af de ovenfor beskrevne typer transportmidler. Til brug for de Transportøkonomiske Enhedspriser afrapporteres disse på et niveau som passer med det viste i Tabel 2.5 og Tabel 2.6.

Eksponeringsfaktorer

Til brug for opgørelsen af eksponeringsfaktorer har DMU-AU leveret aggregerede data for eksponering og population relateret til vejtrafikken. Eksponeringsfaktorerne er baseret på DMUs beregningsmodel, EVA. DMUs dokumentation er vist i sin fulde længde i Bilag 2. I det følgende beskrives opgørelsen af eksponeringsfaktorerne fra DMU.

De følgende primære emissioner er omfattet: SO₂, NO_x, CO samt PM_{2,5}. De afledte kemiske omdannelser til SO₄, NO_x og O₃ er også inkluderet.

Modelleringen for de danske emissioner fra vejsektoren er sket med DEHM i én integreret modellering for alle relevante emissioner, transporter og omdannelser. Derved undgås de komplikationer der følger af at samle særskilte modelleringer i lokalskala og regionalskala. EVA's modeloutput er eksterne omkostninger, men gennem division med de i EVA anvendte enhedspriser og eks-

ponerings-respons funktioner, samt med vejsektorens emissioner, fremkommer de bagvedliggende populations-eksponeringsdata i den ønskede enhed: Population*ug/m³ per ton.

De fremkomne populationseksponeringsdata er vist i tabellen nedenfor. Der henvises til referaterne fra den tværministerielle møderække i 2005 for angivelse af nogle konkrete forklaringer på afvigelser til tidligere anvendte data. Det bemærkes at NO_x i et tidligere datasæt var skønnet ud fra PM₁₀, hvilket må betegnes som meget usikkert givet de ikke-lineariteter der kendetegner transporten og omdannelsen, jf. ovenfor.

For at komme frem til et estimat for de eksterne omkostninger for primære partikler (PM_{2.5}) der passer specifikt til TU1 og befolkningstætheden i København, skal der opgøres et tillæg for den personeksponering, der svarer til forskellen på befolkningstætheden i København og befolkningstætheden i modelleringen. Dette er gjort på følgende måde ud fra tidligere beregninger i forbindelse med vurdering af betydningen af miljøzoner for luftkvaliteten:

Koncentrationsbidraget fra et ton PM_{2.5} til luftkvaliteten i bybaggrund er opgjort på grundlag af UBM-modelleringen i (Palmgren et al., 2005:52). I et lokalskala gitterfelt på 16,6 km x 16,6 km omkring Københavns centrum udgør koncentrationsbidraget i gennemsnit 2,004E-3 µg/m³ per ton PM_{2.5}. Emissionsreduktionen er beregnet ud fra emissionsfaktorerne for trafikken for PM_{2.5} udstødning i Palmgren et al. (2005) og trafikarbejdet i København (s. 21 i Thomsen, 2004), og der er antaget en partikelfiltereffektivitet på 80%. Reduktionen i PM_{2.5} emissionen på 41,5 ton er fordelt på gennemsnittet for den opnåede luftkvalitetsforbedring for PM_{2.5} på 0,083068 µg/m³.

Ud fra koncentrationsbidraget beregnes de eksterne omkostninger på grundlag af impact pathway metoden i EVA-systemet for København per person. Det lokale tillæg er forskellen mellem befolkningstætheden i Danmark på 128/km² og i København på 6325/km².

Populationseksponeringen i lokalskala i et 16,6 x 16,6 km felt for PM_{2.5} med UBM-scenariets befolkningstæthed på 4424 indb./ km² kan opgøres til 1575 person_ug/m³ per ton. Dette resultat kan skaleres med den aktuelle befolkningstæthed, hvorved der fremkommer en korrektionsfaktor til DEHM's overordnede modellering som er baseret på landsgennemsnittets befolkningstæthed på 128 indb./km². Korrektionsfaktoren fremkommer ved at fratække basisresultatet for 128 indb./km² i det med befolkningstætheden skalerede resultat, hvilket er vist i det medfølgende excel regneark (eksponeringsfaktorer_final.xls).

På dette grundlag kan populationseksponeringen differentieres mellem by og land til brug for den sædvanlige opdeling af de trafikøkonomiske enhedspriser efter TU-klasserne 1 og 7. Som grundlag for kategorien by er anvendt befolkningstætheden i København-Frederiksberg på 6325 indb./km². Som grundlag for kategorien land er anvendt en befolkningstæthed på 18 indb./km² (beregnet for landdistrikter jf. Danmarks Statistik).

Ved skalering til anvendelse i mindre udstrakte byområder vil anvendelse af befolkningstætheden i den egentlige byzone ofte føre til en overvurdering af populationseksponeringen. Man bør anvende et mål for befolkningstætheden i et felt med byzonen på 16,6 km x 16,6 km, svarende til de felter der anvendes i den atmosfæriske modellering.

Der beregnes ikke noget tillæg for sekundære partikler. Beregningen for SO₂-korrektionen i lokalskala følger samme principper som for PM_{2.5}. De beregnede eksponeringsfaktorer er vist nedenfor.

*Tabel 4 Eksponeringsfaktorer for PM_{2,5}, SO₂, NO_x og CO, population*ug per m³ per ton*

Eksponeringstype	LAND (TU7)			BY (TU1)		
	Lokal	Regional	SUM	Lokal	Regional	SUM
PM _{2.5} /PM _{2.5}	-39 ⁴	403	364	2.208	403	2.611
SO ₂ /SO ₂	-39 ⁵	645	606	2.206	645	2.851
SO ₄ /SO ₂	-	297	297	-	297	297
NO ₃ /NO _x	-	130	130	-	130	130
O ₃ /NO _x	-	-22	-22	-	-22	-22
CO/CO	-	1.573	1.573	2.824 ⁶	1.573	4.397

Kilde: CEEH og DMU-AU, jf. bilag 2.

DMU modellerer ikke stofferne NO₂ fra NO_x samt O₃, C₆H₆ og 1-3 butadien fra HC. Disse eksponeringsfaktorer benyttes derfor uændret fra den eksisterende opgørelse og er vist i nedenstående tabel.

⁴ Korrektion fra eksponering i CEEH-lokalskala med 128 indb./km² til 18 indb./km² i TU7-lokalskala.

⁵ Korrektion fra eksponering i CEEH-lokalskala med 128 indb./km² til 18 indb./km² i TU7-lokalskala.

⁶ Fra TRIP projektet, jf. Jensen et. al., 2008. Tillægget fremkommer som forskellen mellem TU1 og TU7 i lokalskala.

Tabel 5 Eksponeringsfaktorer for NO₂ og O₃, C₆H₆ og 1-3 butadien fra HC, population*ug per m³ per ton

Eksponeringstype	LAND (TU7)			BY (TU1)		
	Lokal	Regional	SUM	Lokal	Regional	SUM
NO ₂ / NO _x	194	123	317	1.442	123	1.565
O ₃ /HC	0	131	131	0	130	130
C ₆ H ₆ /HC	339	579	918	3.165	591	3.756
1-3 butadien/HC	714	499	1.213	722	3.228	3.950

Kilde: TRIP-projektet, COWI (2005).

Exposure-response (dosis-respons)-faktorer

Årsagssammenhænge mellem eksponering og sygdom mv. (dosis-responsfaktorerne) er i udgangspunktet fastholdt i forhold til den eksisterende opgørelse.

Skadelighed af partikler

Det betyder bl.a., at skadeligheden som følge af sekundære partikler (NO₃ og SO₄) og primære partikler (PM_{2,5}) fastholdes. Dvs. at forholdet med lavere skadelighed for nitrater (NO₃) end sulfater (SO₄) og PM_{2,5} fastholdes jf. nedenstående citat fra TRIP-projektet, COWI (2005):

Evidence to date on these issues is far from conclusive. However, they suggest that, per mg/m³ increment in ambient concentrations, the most severe health effects are associated with primary particulate emission, and the least severe with nitrates being relatively highly soluble. It may be the case that health effects associated with nitrates are negligible, but many epidemiological studies have shown associations of sulphates with adverse health.

The present report therefore adopts the convention of both Externe Transport and Friedrich and Bickel that:

- *Each incremental mg/m³ of primary particles emitted during transport is treated as if it had the toxicity of PM_{2,5}*
- *Each incremental mg/m³ of sulphates is also treated as if it had the toxicity of PM_{2,5}*
- *Each incremental mg/m³ of nitrates is treated as if it had the toxicity of PM₁₀*

Det anbefales, at denne tilgang undersøges yderligere i en senere opdatering af luftforureningsomkostningerne.

Forskel i dosis-responssammenhænge mellem Europa og USA

I TRIP-projektet, COWI (2005) blev dosis-responsfunktionerne for begrænset aktivitetsdage (RAD), kronisk bronkitis og hoste fra astmatikerbørn nedskaleret

som følge af en formodning om anderledes (lavere) effekt i Europa i forhold til USA, som funktionerne stammede fra. Der er stillet spørgsmålstejn ved, om denne nedskalering kan begrundes fagligt. Dette er bl.a. gjort i CAFE-projektet⁷ for RAD og af Andersen m.fl. samt senest DMU for alle tre sundhedseffekter⁸. Desuden har DMU ikke symptomdage som følge af ozoneksponering med som sygdomseffekt og CAFE inkluderer det kun i det høje skøn. Som det fremgår er der således ikke konsistens mellem, hvordan disse effekter opgøres. Det er valgt ud fra et "dansk" konsistenshensyn at anvende samme tilgang som DMU og dermed er nedenstående antagelser anvendt.

Tabel 6 Ændring i dosis-responsfaktorer i opgørelsen, antal tilfælde per 100.000 voksne per år per person-ug/m³

Sundhedseffekt	Problemstilling	DMU	CAFE	Opr.d-r fkt	Anvendt d-r fkt i opgørelsen
Dage med begrænset aktivitet (RAD) fra PM _{2,5}	Skalering	Fjerner faktor 2-skalering	Fjerner faktor 2-skalering	4,2 * 10 ⁻⁴	8,4 * 10 ⁻⁴
Kronisk bronkitis fra PM _{2,5}	Skalering	Fjerner faktor 2-skalering	Anden d-r svarer til at bibeholde skalering	3,9 * 10 ⁻⁵	8,2 * 10 ⁻⁵
Hoste fra astmatikerbørn fra PM _{2,5}	Skalering	Fjerner faktor 2-skalering	Udelader effekt	0,223	0,446
Symptomdage fra O ₃	Uklarhed om effekt	Medtager ikke	Kun som højt skøn	0,033	Udelader

Kilde: DMU (2008), AEA Technology (2005).

Det skal påpeges, at der inden for rammerne af opdateringen af de eksterne omkostninger for luftforurening i dette projekt ikke har været mulighed for at gå i dybden med denne problemstilling. Derfor kan det anbefales, at der i en senere opdatering gås mere i dybden med denne problemstilling.

Værdisætning

Værdisætning er det sidste led i den principielle årsagssammenhæng. Her værdisættes skaderne forårsaget af emissioner.

Porteføljen af skader, som indgår i opgørelsen, er fortsat dødelighed, sygelighed, landbrug, skovbrug, tilsmudsning og klimaeffekt. Klimaeffekten værdisættes som tidligere nævnt med udgangspunkt i EU's CO₂ kvotemarked. Værdisætningen af de øvrige skadestyper vil blive beskrevet enkeltvis.

Dødelighed

Dødelighed udgør suverænt den største andel af skadesomkostningerne. Ikke desto mindre er opgørelsen behæftet med stor usikkerhed. Dødelighed værdisættes ud fra princippet om værdisætning af et tabt leveår (VLYL), som beror på værdisætning af et statistisk liv (VSL). Udgangspunktet er definitionen

⁷ AEA Technology (2005)

⁸ Andersen, Mikael Skou m.fl. (2008)

af sammenhængen mellem VSL og VLYL; værdien af et statistisk liv er lig den tilbagediskonterede værdi af værdien alle forventede fremtidige leveår.

Ved spørgeskemaundersøgelser estimeres VSL, af den værdi samt den matematiske sammenhæng mellem VSL og VLYL, kan VLYL beregnes ud fra en opgørelse af overlevelsessandsynligheder. Ved denne fremgangsmåde findes VLYL-værdien for umiddelbare risici, også kaldet akutte dødsfald. Det skal ses i modsætning til VLYL-værdien for fremtidige dødsfald, også kaldet kroniske dødsfald.

Af VLYL-værdien for akut tabt leveår kan udregnes VLYL-værdien af et kronisk tabt leveår; begge værdier er opgjort per år. Det gøres ved at vægte værdien af et tabt leveår med den tilbagediskonterede værdi af de fremtidige mistede leveårs fordeling over tid. Metoden beror på information om latenstid, befolkningsdata og overlevelsessandsynligheder.

Med den fremgangsmåde opnår man, jf. afsnit 2.2, udgangspunktet for resultaterne præsenteret i nedenstående tabel. Bemærk at værdierne er fremskrevet til 2009-priser med BNP per capita og med nettoprisindekset.

Tabel 3.7 Anbefalede værdier for tabte umiddelbare og fremtidige leveår

<i>2009-priser</i>	Anbefalet beregningspris
Værdi pr. tabt umiddelbar (akut) leveår	952.363
Værdi pr. tabt fremtidig (kronisk) leveår	476.182

Anm.: Det er antaget, at VSL gælder for gennemsnittet af 35 år og 45 år. Værdierne for fremtidige VLYL er beregnet for en latenstid på 10 år. Ved kortere latenstid vil værdierne stige (eksempelvis med 9 procent ved 6 års latenstid og 19 procent ved 3 års latenstid), ved længere latenstid vil værdierne falde.

Anm.: Værdierne er proportionale med VSL-værdien.

Kilde: Se afsnit 2.2.

Den underliggende estimation af VSL, på baggrund af spørgeskemaer, er behæftet med stor usikkerhed, og Finansministeriet anbefaler derfor følsomhedsanalyser med faktor 1/3 og 3 som lavt og højt skøn.

Sygelighed

Sygelighed er den næstmest omkostningstunge skadesvirkning efter dødelighed. I modsætning til dødelighed er sygelighed ikke så klart defineret - effekten kan gradueres og omfanget er svært at opgøre, hvilket gør værdisætning vanskelig og medfører stor usikkerhed.

Omkostningerne består af direkte omkostninger, såsom hospitalsindlæggelse og medicin, og af indirekte omkostninger i form af produktions og velfærdstab for individet. Koblingen mellem sygelighed og det tilhørende omkostningsniveau kompliceres af, at sygelighed omfatter en lang række forskellige sygdomme.

For at simplificere beregningsprocessen grupperes sammenlignelige sygdomme, og hver gruppe af sygdomme værdisættes på baggrund af WTP undersøgelser. Opdateringen lægger sig i forlængelse af de tidligere estimerede WTP værdier, som fremskrives til 2009 priser med BNP per capita og nettoprisindekset. Værdierne fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 8 Værdisætning af sygdomme, 2009-prisniveau

Sygdomstype	DKK per tilfælde
Kronisk bronkitis	1.589.729
Hospitalsindlæggelser som følge af hjertekarsygdomme	96.328
Hospitalsindlæggelser som følge af luftvejslidelser	38.353
Hospitalsindlæggelser som følge af overbelastet hjerte	58.465
Kronisk hoste (børn)	2.355
Dage med begrænset aktivitet (RAD)	747
Astmaanfald	2.499
Hoste	521
Dage med mindre begrænset aktivitet	521
Symptomidage	521
Brug af astmamedicin	138
Symptomer på nedre luftvejssygdomme	79
Besøg på skadestue	6.351

Kilde: Opdaterede værdier fra TRIP-projektet, COWI (2005).

Landbrug

Emissioner har en negativ effekt på udbyttet for landbruget. På baggrund af en estimeret sammenhæng mellem udledning og fald i udbytte, opgøres værdien af den skadelige effekt ved hjælp af prisen på afgrøder. Opdateringen følger denne tilgang. Priserne på afgrøde fremskrives med nettoprisindekset og er vist nedenfor.

Tabel 9 Værdisætning af land- og skovbrug, 2009-prisniveau

Effekt	DKK
Landbrug, kr/ton afgrøde	706
Skovbrug, kr/ton tømmer	626

Kilde: Opdaterede værdier fra TRIP-projektet, COWI (2005).

Skovbrug

Metodisk er værdisætningen af den negative effekt af emissioner for skovbrug parallel til værdisætningen af den negative effekt for landbrug. Faldet i udbytte forårsaget af emissioner værdisættes ved hjælp af prisen på udbytte. Prisen på

udbytte fremskrives med nettoprisindekset - den metodiske tilgang er uændret. Prisen er vist ovenfor.

Tilsmudsning

Emissioner forårsager tilsmudsning af bygninger. Værdisætningen af skaderne baseres på omkostningen ved at fjerne tilsmudsningen. Opdateringen tager udgangspunkt i tidligere estimater, som, grundet den store lønandel i omkostningen, fremskrives med både BNP per capita og nettoprisindekset.

Tabel 10 Værdisætning af tilsmudsning af bygninger, 2009-prisniveau

Effekt	DKK
Tilsmudsning, lavt skøn, kr/ton SO ₂	1.504
Tilsmudsning, centralt skøn, kr/ton SO ₂	4.343
Tilsmudsning, højt skøn, kr/ton SO ₂	12.503

Kilde: Opdaterede værdier fra TRIP-projektet, COWI (2005).

Fordeling på budget, velfærd og afgift

Udgifter i forbindelse med luftemissioner klassificeres i direkte omkostninger, produktionstab og velfærdstab. De tre poster underopdeles yderligere i andele, der fremskrives med BNP, og andele hvor den reale pris er konstant. Velfærd er baseret på WTP-analyser og er derfor 100% BNP afhængigt. Produktiviteten og dermed produktionstabet knytter sig ligeledes 100% til BNP. De direkte omkostninger dækker både over en lønandel, f.eks. til læger og sygeplejersker, og over materieludgifter så som f.eks. medicin - en andel er således BNP afhængig og en andel uafhængig.

Der foretages ikke en relativ opdeling af de direkte omkostninger i en BNP-afhængig og en BNP-uafhængig andel. De enkelte skadestyper defineres diskret til enten det ene eller det andet baseret på den dominerende omkostningstype. Landbrug og skovbrug klassificeres som BNP-uafhængigt, mens tilsmudsning klassificeres som BNP-afhængigt. I forbindelse med sygelighed kategoriseres hver enkelt sygdom.

De tre omkostningsgrupper omregnes til budget, velfærd og afgifter - her er kategorien budget defineret som produktionstab og de direkte omkostninger fratrukket afgifter. Kategorien afgifter dækker over afgifterne på de direkte omkostninger, mens velfærd følger direkte.

Fordeling på velfærd, budget og afgiftsandel samt anbefalinger til andele, der skal fremskrives med BNP, er vurderet for hver enkelt post. Afgiftsandelen for materielskadeomkostninger er estimeret på baggrund af den vurderede afgiftsandel for skadesomkostninger. For øvrige er den estimeret på baggrund af nettoafgiftsfaktoren på 17%.

CO₂

Som nævnt ovenfor følger prisen på Energistyrelsens værdier. I skrivende stund (marts 2010) kendes de seneste værdier ikke. Det vil være disse værdier som vil

blive anvendt i den opdaterede version af Transportøkonomiske Enhedspriser. Nedenfor fremgår de tidligere anvendte CO₂-værdier fremskrevet til 2009-prisniveau.

Tabel 11 Enhedsværdier for CO₂

2009-priser	DKK/ton
Lavt skøn	67
Centralt skøn	100
Højt skøn	200

Kilde: Energistyrelsen/ Transportøkonomiske Enhedspriser (2009).

Note: Bemærk at værdien er opskrevet med NAF.

Fordelingen af enhedsprisen på velfærd, budget og afgifter fremgår af nedenstående tabel. Fordelingen er baseret på, at kvoteprisen er en markedspris som skal korrigeres med NAF.

Tabel 3.12 Fordeling af luftforureningsomkostninger på velfærd, budget og afgifter

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP	0,0%	0,0%	%	99,8%
Ej BNP	0,0%	85,5%	14,5,0%	0,0%
I alt	0,0%	85,5%	14,5,0%	100,0%

3.4 Resultater for luftforurening og klima

Nedenfor præsenteres resultaterne af de opdaterede værdier på luftforurening og klima.

Enhedsværdier

På baggrund af de opdaterede eksponeringsfaktorer, dosis-responsfunktioner og værdisætning er der beregnet et sæt enhedsværdier for luftforurening, som er vist i tabellen nedenfor.

Tabel 3.13 Enhedspriser for luftforurening, kr/kg

Emissionstype	By			Land		
	Lav	Middel	Høj	Lav	Middel	Høj
PM _{2,5}	219	1.528	10.321	31	213	1.439
NO _x	4	47	357	0	47	328
SO ₂	50	211	1.002	9	182	1.101
CO	0,004	0,021	2,708	0,000	0,008	0,969
HC	0,5	2,6	14,6	5,0	2,2	12,7

Note: Usikkerhedsintervallerne er baseret på COWI (2005).

I forhold til enhedsværdierne fra Transportøkonomiske Enhedspriser 2009 er der sket følgende ændringer:

- Værdierne for PM_{2,5} er lidt lavere end tidligere for by, men næsten halveret for land. Ændringen skyldes primært nye eksponeringsfaktorer, men også de øvrige ændringer i eksponeringsfaktorer og værdisætning.
- Værdierne for NO_x er steget med en faktor 2,5. Det skyldes primært de væsentligt højere eksponeringsfaktorer for nitrater (NO₃) i forhold til de tidligere værdier.
- Værdierne for SO₂ er steget med faktor 3-5, hvilket primært skyldes højere eksponeringsfaktorer for sulfater (SO₄).
- Værdierne for CO er stadig lave men stiger relativt meget for land, hvilket primært skyldes de nye højere eksponeringsfaktorer for land.
- Værdien for HC er ca. halveret, hvilket skyldes bortfald af effekten "symptomdage".

Hver af enhedsværdierne fordeling er opgjort på velfærd, budget og afgifter og hhv. BNP/ikke-BNP-afhængige andele. Ud fra en betragtning om præcisionen og anvendelsen af denne opdeling er det valgt at angive en samlet fordeling på disse kategorier for alle enhedspriser. Den samlede opgørelse er fremkommet som gennemsnittet af fordelingen for de fem enhedsværdier. Det skal bemærkes, at der ikke er stor variation på fordelingen omkostningerne imellem. Opdelingen ses nedenfor.

Tabel 3.14 Fordeling af luftforureningsomkostninger på velfærd, budget og afgifter

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP	94,3%	4,8%	0,7%	99,8%
Ej BNP	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%
I alt	94,3%	5,0%	0,7%	100,0%

Den anvendte fordeling anvendes også for km-værdierne og vises derfor ikke nedenfor.

Km-værdier

På basis af den detaljerede opgørelse og sammenvejning af emissioner fra forskellige detaljerede transportmidler er fremkommet nedenstående emissionsfaktorer. Det er valgt for overskuelighedens skyld kun at vise de gennemsnitlige emissionsfaktorer, men for vej er der opgjort selvstændige emissionsfaktorer for by og land, som er sammenvejet til de viste gennemsnitlige værdier med trafikarbejdet. Samtlige emissionsfaktorer fremgår af det tilhørende regneark.

Table 3.15 Emissionsfaktorer, gram per køretøjskilometer for vej, gns.

Transportmiddel	Drivmiddel	Type	Kap.	PM _{2,5}	NO _x	SO ₂	CO	HC	CO ₂
Personbil	Benzin	-	4 pers	0,004	0,148	0,006	0,848	0,092	127
	Diesel	-	4 pers	0,029	0,445	0,005	0,113	0,022	110
	Elektricitet	-	4 pers	0,004	0,077	0,027	0,052	0,005	73
Varebil	Benzin	-	1,5 t	0,010	0,228	0,016	3,075	0,086	326
	Diesel	-	1,5 t	0,068	1,104	0,013	0,460	0,074	275
Lastbil	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>23,2 t</i>	<i>0,149</i>	<i>7,919</i>	<i>0,048</i>	<i>1,280</i>	<i>0,283</i>	<i>990</i>
	Diesel	Solo, <7,5 brt	3,5 t	0,055	3,128	0,020	0,428	0,122	423
	Diesel	Solo, 7,5-12 brt	5,7 t	0,078	4,532	0,028	0,638	0,162	588
	Diesel	Solo, 12-14 brt	6,6 t	0,085	4,870	0,030	0,712	0,179	618
	Diesel	Solo, 14-20 brt	10 t	0,111	5,860	0,035	0,932	0,255	723
	Diesel	Solo, 20-26 brt	14 t	0,132	7,092	0,042	1,110	0,266	867
	Diesel	Solo, 26-28 brt	16 t	0,139	7,289	0,044	1,162	0,277	916
	Diesel	Solo, 28-32 brt	18 t	0,155	8,370	0,051	1,310	0,297	1.055
	Diesel	Solo, >32 brt	20 t	0,104	5,543	0,033	0,890	0,231	691
	Diesel	Vogntog, 14-20 brt	12 t	0,104	5,543	0,033	0,890	0,231	691
	Diesel	Vogntog, 20-28 brt	16 t	0,131	6,894	0,042	1,109	0,257	869
	Diesel	Vogntog, 28-34 brt	20 t	0,136	7,167	0,044	1,153	0,258	908
	Diesel	Vogntog, 34-40 brt	26,5 t	0,156	8,227	0,049	1,339	0,296	1.017
	Diesel	Vogntog, 40-50 brt	33 t	0,170	9,017	0,054	1,484	0,311	1.123
Diesel	Vogntog, 50-60 brt	36 t	0,200	10,641	0,064	1,750	0,352	1.329	
Bus	Diesel		46 pers	0,291	10,436	0,036	2,291	0,660	1.079

Table 16 Emissionsfaktorer, gram per køretøjskilometer for bane, sø og luft, gns

Transportmiddel	Drivmiddel	Type	Kap.	PM _{2,5}	NO _x	SO ₂	CO	HC	CO ₂
Passagertog	Elektricitet	S-tog	318 pers	0,10	1,85	0,64	1,24	0,13	1.879
	Elektricitet	Metro	300 pers	0,12	2,17	0,75	1,45	0,15	2.202
	<i>Elektricitet</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>481 pers</i>	<i>0,32</i>	<i>5,95</i>	<i>2,07</i>	<i>3,99</i>	<i>0,41</i>	<i>6.048</i>
	Elektricitet	Fjerntog, IR4 160 km/t	466 pers	0,28	5,19	1,80	3,48	0,36	5.272
	Elektricitet	Regionaltog, OR, 160 km/t	506 pers	0,40	7,45	2,59	5,00	0,51	7.568
	Elektricitet	Loko+vogne, EA, 160 km/t	680 pers	0,41	7,72	2,68	5,17	0,53	7.836
	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>270 pers</i>	<i>1,09</i>	<i>45,80</i>	<i>0,62</i>	<i>6,72</i>	<i>2,28</i>	<i>4.396</i>
	Diesel	Fjerntog, IC4, 200 km/t	203 pers	0,18	23,36	0,13	2,36	1,01	3.976
	Diesel	Fjerntog, IC3, 160 km/t	288 pers	0,19	23,29	0,92	2,68	1,35	4.113
	Diesel	Regionaltog, IC3, 160 km/t	144 pers	0,12	13,80	0,08	1,77	0,83	2.448
	Diesel	Regionaltog, MQ, 120 km/t	114 pers	0,28	15,39	0,06	5,34	2,00	1.923
	Diesel	Loko+vogne, ME, 160 km/t	360 pers	4,96	151,5	0,24	23,44	6,27	7.608
	Godstog	<i>Elektricitet</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>659 t</i>	<i>0,62</i>	<i>11,50</i>	<i>3,99</i>	<i>7,71</i>	<i>0,79</i>
Elektricitet		500 brt	290 t	0,41	7,66	2,66	5,14	0,53	7.243
Elektricitet		1000 brt	580 t	0,58	10,83	3,76	7,26	0,75	10.244
Elektricitet		1500 brt	870 t	0,71	13,26	4,61	8,89	0,91	12.546
<i>Diesel</i>		<i>Gennemsnit</i>	<i>496 t</i>	<i>5,83</i>	<i>213,7</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>19,04</i>	<i>12.317</i>
Diesel		500 brt	290 t	4,50	165,2	0,00	0,00	14,71	9.520
Diesel		1000 brt	580 t	6,37	233,6	0,00	0,00	20,81	13.463
Diesel		1500 brt	870 t	7,80	286,1	0,00	0,00	25,49	16.488
Passagerfly		Jet	120 pers	0,00	116,9	1,94	48,4	11,7	25.905
		Turboprop	62 pers	0,00	18,2	0,43	11,1	0,08	5.660
Færge		Konventionel	328 pers	199	1.732	525	184	58	74.149
		Hurtig	664 pers	271	2.444	705	293	127	216.410
Kystfartøj			2000 t	61	621	478	71	23	26.200
Container			3500 t	157	1.597	1.229	183	59	67.428

På basis af emissionsfaktorerne og enhedsværdierne for luftforurening fås nedenstående eksterne omkostninger per km. Værdierne er opgjort både for høje og lave enhedsomkostninger.

Tabel 3.17 Eksterne omkostninger for luftforurening for vej, kr per km

Transportmiddel	Drivmiddel	Type	Kap.	Lav	Middel	Høj
Personbil	Benzin		4 pers	0,001	0,011	0,076
	Diesel		4 pers	0,004	0,043	0,304
	Elektricitet		4 pers	0,000	0,009	0,061
Varebil	Benzin		1,5 t	0,00	0,02	0,15
	Diesel		1,5 t	0,01	0,10	0,72
Lastbil	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>23,2 t</i>	<i>0,02</i>	<i>0,45</i>	<i>3,15</i>
	Diesel	Solo, <7,5 brt	3,5 t	0,01	0,17	1,22
	Diesel	Solo, 7,5-12 brt	5,7 t	0,01	0,25	1,77
	Diesel	Solo, 12-14 brt	6,6 t	0,01	0,27	1,91
	Diesel	Solo, 14-20 brt	10 t	0,01	0,33	2,33
	Diesel	Solo, 20-26 brt	14 t	0,01	0,40	2,82
	Diesel	Solo, 26-28 brt	16 t	0,02	0,41	2,90
	Diesel	Solo, 28-32 brt	18 t	0,02	0,47	3,31
	Diesel	Solo, >32 brt	20 t	0,01	0,31	2,20
	Diesel	Vogntog, 14-20 brt	12 t	0,01	0,31	2,20
	Diesel	Vogntog, 20-28 brt	16 t	0,01	0,39	2,74
	Diesel	Vogntog, 28-34 brt	20 t	0,02	0,40	2,85
	Diesel	Vogntog, 34-40 brt	26,5 t	0,02	0,46	3,28
	Diesel	Vogntog, 40-50 brt	33 t	0,02	0,51	3,59
	Diesel	Vogntog, 50-60 brt	36 t	0,02	0,60	4,23
Bus	Diesel		46 pers	0,08	0,83	5,98

Tabel 3.18 Eksterne omkostninger for luftforurening for bane, luft og sø, kr per km

Transportmiddel	Drivmiddel	Type	Kap.	Lav	Middel	Høj
Passagertog	Elektricitet	S-tog	318 pers	0,01	0,22	1,46
	Elektricitet	Metro	300 pers	0,01	0,26	1,71
	<i>Elektricitet</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>481 pers</i>	<i>0,03</i>	<i>0,72</i>	<i>4,70</i>
	Elektricitet	Fjerntog, IR4 160 km/t	466 pers	0,03	0,63	4,09
	Elektricitet	Regionaltog, OR, 160 km/t	506 pers	0,04	0,90	5,88
	Elektricitet	Loko+vogne, EA, 160 km/t	680 pers	0,04	0,94	6,08
	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>270 pers</i>	<i>0,08</i>	<i>2,63</i>	<i>18,41</i>
	Diesel	Fjerntog, IC4, 200 km/t	203 pers	0,02	1,17	8,29
	Diesel	Fjerntog, IC3, 160 km/t	288 pers	0,03	1,32	9,17
	Diesel	Regionaltog, IC3, 160 km/t	144 pers	0,01	0,70	4,95
	Diesel	Regionaltog, MQ, 120 km/t	114 pers	0,02	0,83	5,85
	Diesel	Loko+vogne, ME, 160 km/t	360 pers	0,31	8,81	62,04
Godstog	<i>Elektricitet</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>659 t</i>	<i>0,06</i>	<i>1,40</i>	<i>9,07</i>
	Elektricitet	500 brt	290 t	0,04	0,93	6,04
	Elektricitet	1000 brt	580 t	0,05	1,31	8,54
	Elektricitet	1500 brt	870 t	0,07	1,61	10,47
	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>496 t</i>	<i>0,39</i>	<i>11,99</i>	<i>84,51</i>
	Diesel	500 brt	290 t	0,30	9,27	65,32
	Diesel	1000 brt	580 t	0,42	13,10	92,38
	Diesel	1500 brt	870 t	0,52	16,05	113,14
Passagerfly		Jet	120 pers	0,03	5,82	40,67
		Turboprop	62 pers	0,00	0,92	6,44
Færge		Konventionel	328 pers	11	219	1.433
		Hurtig	664 pers	15	300	1.969
Kystfartøj			2000 t	6	129	818
Container			3500 t	16	332	2.104

Kilometerværdierne er generelt påvirket af både ændringer i emissionsfaktorer og ændringer i enhedspriser. For vejsektoren er kilometerværdierne ca. på niveau med de tidligere tal. Det dækker over lavere gennemsnitlige emissioner på den ene side og specielt den højere NO_x-enhedspris på den anden side. Dog er

værdierne for bus og lastbil højere end tidligere, hvilket primært skyldes de lidt større gennemsnitlige køretøjer.

For flytransport er de eksterne luftforureningsomkostninger ca. fordoblet. Det skyldes den højere enhedsomkostning for NO_x .

For skibstransport er værdierne steget betydeligt, hvilket skyldes stigningen i både NO_x - og SO_2 -enhedspris.

De tilsvarende eksterne omkostninger for CO_2 ses nedenfor. Det skal bemærkes, at den anvendte CO_2 -enhedsværdi vil blive opdateret i den kommende version af de Transportøkonomiske Enhedspriser, hvilket selvfølgelig vil ændre kilometerværdierne.

Tabel 3.19 Eksterne omkostninger for klimaforandringsomkostninger, vej, kr per km

Transportmiddel	Drivmiddel	Type	Kap.	Lav	Middel	Høj
Personbil	Benzin		4 pers	0,008	0,012	0,025
	Diesel		4 pers	0,007	0,011	0,021
	Elektricitet		4 pers	0,005	0,007	0,014
Varebil	Benzin		1,5 t	0,02	0,03	0,06
	Diesel		1,5 t	0,02	0,03	0,05
Lastbil	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	23,2 t	0,06	0,10	0,19
	Diesel	Solo, <7,5 brt	3,5 t	0,03	0,04	0,08
	Diesel	Solo, 7,5-12 brt	5,7 t	0,04	0,06	0,11
	Diesel	Solo, 12-14 brt	6,6 t	0,04	0,06	0,12
	Diesel	Solo, 14-20 brt	10 t	0,05	0,07	0,14
	Diesel	Solo, 20-26 brt	14 t	0,06	0,08	0,17
	Diesel	Solo, 26-28 brt	16 t	0,06	0,09	0,18
	Diesel	Solo, 28-32 brt	18 t	0,07	0,10	0,21
	Diesel	Solo, >32 brt	20 t	0,04	0,07	0,13
	Diesel	Vogntog, 14-20 brt	12 t	0,04	0,07	0,13
	Diesel	Vogntog, 20-28 brt	16 t	0,06	0,08	0,17
	Diesel	Vogntog, 28-34 brt	20 t	0,06	0,09	0,18
	Diesel	Vogntog, 34-40 brt	26,5 t	0,07	0,10	0,20
	Diesel	Vogntog, 40-50 brt	33 t	0,07	0,11	0,22
	Diesel	Vogntog, 50-60 brt	36 t	0,09	0,13	0,26
Bus	Diesel		46 pers	0,07	0,10	0,21

For biler og varebiler er klimaforandringsomkostningerne per kilometer lavere end tidligere. Det skyldes bl.a. lavere emissionsfaktorer fra TEMA2010. Bus og lastbiler er på niveau.

Nedenstående tabel viser de tilsvarende tal for bane-, luft- og søtransport.

Tabel 3.20 Eksterne omkostninger for klimaforandringsomkostninger, bane, luft og sø, kr per km

Transportmiddel	Drivmiddel	Type	Kap.	Lav	Mid- del	Høj
Passagertog	Elektricitet	S-tog	318 pers	0,12	0,18	0,37
	Elektricitet	Metro	300 pers	0,14	0,21	0,43
	<i>Elektricitet</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>481 pers</i>	<i>0,39</i>	<i>0,59</i>	<i>1,18</i>
	Elektricitet	Fjerntog, IR4 160 km/t	466 pers	0,34	0,51	1,03
	Elektricitet	Regionaltog, OR, 160 km/t	506 pers	0,49	0,74	1,47
	Elektricitet	Loko+vogne, EA, 160 km/t	680 pers	0,51	0,76	1,52
	<i>Diesel</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>270 pers</i>	<i>0,28</i>	<i>0,43</i>	<i>0,85</i>
	Diesel	Fjerntog, IC4, 200 km/t	203 pers	0,26	0,39	0,77
	Diesel	Fjerntog, IC3, 160 km/t	288 pers	0,27	0,40	0,80
	Diesel	Regionaltog, IC3, 160 km/t	144 pers	0,16	0,24	0,48
	Diesel	Regionaltog, MQ, 120 km/t	114 pers	0,12	0,19	0,37
	Diesel	Loko+vogne, ME, 160 km/t	360 pers	0,49	0,74	1,48
	Godstog	<i>Elektricitet</i>	<i>Gennemsnit</i>	<i>659 t</i>	<i>0,70</i>	<i>1,06</i>
Elektricitet		500 brt	290 t	0,47	0,70	1,41
Elektricitet		1000 brt	580 t	0,66	1,00	1,99
Elektricitet		1500 brt	870 t	0,81	1,22	2,44
<i>Diesel</i>		<i>Gennemsnit</i>	<i>496 t</i>	<i>0,80</i>	<i>1,20</i>	<i>2,40</i>
Diesel		500 brt	290 t	0,62	0,93	1,85
Diesel		1000 brt	580 t	0,87	1,31	2,62
Diesel		1500 brt	870 t	1,07	1,60	3,21
Passagerfly		Jet	120 pers	1,68	2,52	5,04
		Turboprop	62 pers	0,37	0,55	1,10
Færge		Konventionel	328 pers	4,80	7,21	14,42
		Hurtig	664 pers	14,02	21,04	42,09
Kystfartøj			2000 t	1,70	2,55	5,10
Container			3500 t	4,37	6,56	13,11

Værdierne er generelt på niveau med tidligere. Dog er omkostningerne for el-drevne persontog en del lavere end de tidligere værdier. Det skyldes lidt lavere CO₂-emissionsfaktorer fra gene.

4 Støj

I dette kapitel præsenteres de opdaterede enhedspriser for støj. Kapitlet indledes med en beskrivelse af baggrunden og forudsætningerne for opgørelsen. Dernæst beskrives metoden og tilgangen for den gennemførte opdatering. Til slut vises de beregnede eksterne omkostninger. Desuden sammenlignes med de tidligere værdier og der gives en begrundelse for de væsentligste forskelle i resultaterne.

4.1 Baggrund og forudsætninger

For støj opgøres der i dag en enhedsværdi udtrykt som kr. per SBT samt marginale eksterne omkostninger for vej (personbiler, varebiler, lastbiler og busser) og bane (passager- og godstog).

Enhedsværdien for støj udtrykt per SBT består af summen af *geneomkostninger* og *sundhedsomkostninger*. Enhedsprisen er baseret på baggrundsmateriale udarbejdet i forbindelse med Miljøstyrelsens Vejstøjstrategi fra 2003. Enhedsprisen indeholder både en værdisætning af *geneværdien* opgjort ud fra en husprisundersøgelse (Miljøstyrelsen, 2003a) og af omkostningerne som følge af *sundhedsskader* fra vejstøjeksponering (Miljøstyrelsen, 2003b).

I External Costs of Transport projektet blev der fastlagt km-værdier for støj for vej og bane. Dette blev gjort med udgangspunkt i enhedsprisen per SBT og en opgørelse af den marginale støjgene, målt i SBT per kilometer. Der foreligger således en beregningsmetode for vejtransport og jernbanetransport.

I forbindelse med External Costs of Transport blev der desuden udarbejdet et notat med forslag til opdatering af enhedspris for støj (Transportministeriet, 2004) set i lyset at der eksisterer andre studier, som er nået til væsentligt forskellige værdisætninger for geneomkostningen. Notatet indeholder forslag og anbefaling til en ny revideret enhedspris per SBT på basis af en sammenlignende analyse af de eksisterende danske undersøgelser og diskussioner med relevante interessenter.

4.2 Oversigt over opdateringen

Opdateringen af enhedspriserne for støj omhandler opdateringer af data og forudsætninger, revision af metode samt konsekvensrettelser. Der har været fokus på to områder, nemlig:

- Opdatering/revision af *geneomkostningerne*
- Opdatering af sundhedsomkostningerne med *ny værdi af liv*

Ud fra ovenstående opdateringer er der fastlagt en ny enhedsværdi for støj udtryk i kr. pr. SBT. På basis af den nye enhedsværdi er der endvidere gennemført en opdatering af *km-værdier* for vej og bane for at sikre konsistens til enhedsværdien.

Endelig er der fastlagt en mere præcis fordeling af omkostningerne på vel-færdseffekt, budget og afgifter.

Geneomkostningerne

Geneomkostningerne er baseret på en hedonisk metode, der bygger på antagelsen om, at de enkelte individer i befolkningen er villige til at betale for at undgå støjgener, og at denne betalingsvillighed kommer til udtryk i ejendomspriserne. Prisen stammer fra en undersøgelse af Miljøstyrelsen fra 2002, som dannede baggrund for analyserne i Vejstøjstrategien. Prisen blev i denne forbindelse ophøjet til den officielle værdi til erstatning for Vejdirektoratets hidtidige estimat.

Der er imidlertid gennemført en række andre studier, som er nået til væsentligt forskellige værdisætninger. Bl.a. offentliggjorde AKF kort tid efter Miljøstyrelsen en undersøgelse med en lavere værdisætning af geneværdien af støj. Som en konsekvens heraf blev der i forbindelse med External Costs of Transport studiet gennemført en aktivitet, som havde til formål at beregne og anbefale en ny revideret enhedspris per SBT⁹. Dette blev gjort på basis af en sammenlignende analyse af de eksisterende danske undersøgelser samt diskussioner med relevante interessenter.

Analysen resulterede i et nyt bud på en samlet enhedspris for støj samt forslag til fremtidige forbedringsmuligheder. Analysens tilgang og metode samt resultater blev dengang diskuteret med Transportministeriet og relevante interessenter. Selvom der var bred enighed om, at den anvendte tilgang var fornuftig, blev det besluttet at bibeholde den ny-udmeldte pris fra Miljøstyrelsens pris ud fra et argument om at sammenlignelighed på tværs af statslige projekter var vigtig. De nye estimater blev anvendt til skøn for spændet i enhedsprisen per SBT. Det blev samtidig aftalt eventuelt at anvende det udarbejdede grundlag ved en fremtidig opdatering.

I forbindelse med denne opdatering af *geneomkostningerne* tages der derfor udgangspunkt i analysen og anbefalingerne fra 2004. Der er gennemført en

⁹ Transportministeriet, 2004: Opdatering af enhedspris for støj - Transportens eksterne omkostninger, 2004.

øvelse, der samler op anbefalingerne med henblik på fastsættelse af geneomkostningerne.

Ny værdi af liv

I forbindelse med Miljøstyrelsens Vejstøjstrategi blev der gennemført en undersøgelse af *sundhedsomkostningerne* ved vejstøj. Sundhedsomkostningerne består af de samfundsøkonomiske tab ved sygdom og for tidlig død. Der blev opstillet en generel metode og udviklet en model til beregning af omkostningerne i projektet.

Metoden fastlægger sammenhængen mellem støjeksponeringen og sundhedsskader og de sundhedsmæssige omkostninger heraf i form af øgede udgifter til sygehuse mv. samt omkostninger i forbindelse med sygefravær og dødsfald.

Værdien af et statistisk liv er et centralt element i de beregnede sundhedsomkostninger. Der blev anvendt en værdi per dødsfald på 9,64 mio. kr. Som beskrevet i afsnit 2 foreligger der nye anbefalinger om værdisætning af tabte liv og tabte leveår. I forbindelse med denne opdatering er værdien af tabt liv gjort konsistent med disse anbefalinger, mens resten af undersøgelsens forudsætninger og data er bibeholdt.

Km-priser konsistente med enhedsværdien

På baggrund af den opdaterede enhedspris per SBT er der beregnet nye *marginale eksterne omkostninger per km*. I forbindelse med "External Costs of Transport" projektet blev der udviklet en metode til beregning af den marginale støjgene for vej- og banetransport opsplittet på transportmiddelkategorier. Denne fremgangsmåde er fastholdt og opdateringen har således bestået i en opdatering af enhedsværdien i kr. per SBT.

4.3 Metode og tilgang for geneomkostninger

Som beskrevet ovenfor er geneomkostningerne opgjort ud fra en husprisundersøgelse gennemført af Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 2003a). Umiddelbart efter udgivelsen udgav AKF en rapport med resultaterne af et værdisætningsstudie af vejstøj (Bjørner et al, 2003), som indeholder et markant lavere estimat for støjomkostningerne. Foranlediget af de store forskelle i enhedsprisen på støj i de forskellige studier blev der i forbindelse med External Costs of Transport projektet gennemført en analyse som havde til formål at sammenligne de forskellige studier og beregne og anbefale en ny revideret enhedspris pr. SBT.

Enhedsprisen på støj blev udledt på baggrund af tilgængelige studier. Den anvendte tilgang er således en form for "metaanalyse" af gennemførte betalingsvillighedsstudier for vejstøj med en systematisk analyse og bearbejdning af de tilgængelige resultater.

I dette afsnit resumeres centrale elementer af den gennemførte analyse. For en mere dybdegående beskrivelse henvises til notatet "*Opdatering af enhedspris for støj - Transportens eksterne omkostninger, 2004.*"

Gene som funktion af støjniveau (SBT)

Det er ikke hensigtsmæssigt at fastlægge støjbelastningen direkte ud fra det fysiske målte støjniveau, da de oplevede støjgener stiger mere end proportionalt med det målte støjniveau. Derfor udtrykkes støj som miljøbelastning i planlægningssammenhænge ofte i forhold til støjbelastningstallet *SBT* baseret på en omregning fra dB. Støjbelastningstallet udtrykker genevirkningen af forskellige støjniveauer.

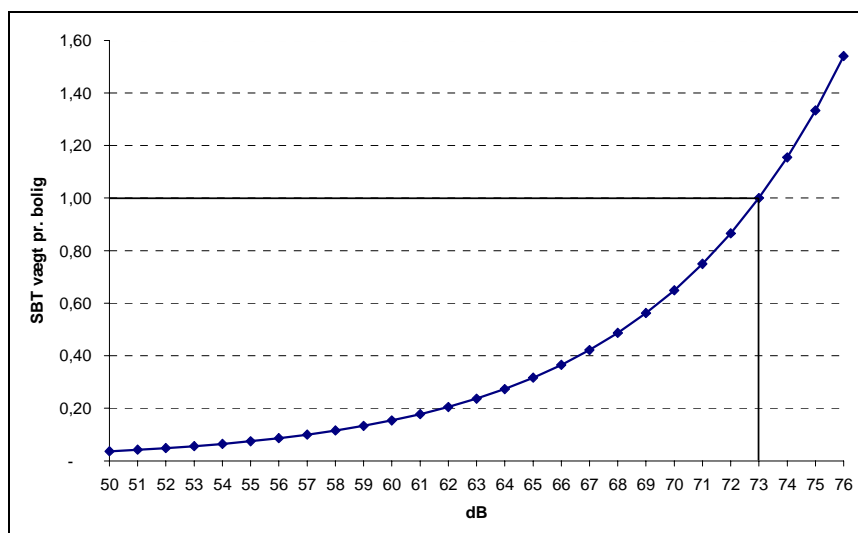
SBT sammenhængen eller genevirkningen ved fysiske støjniveauer er udledt ved at beregne hvor mange procent af interviewpersonerne der føler sig stærkt generede ved forskellige støjniveauer. Disse procenter har dannet grundlag for estimation af en genekurve, der igen har dannet grundlag for at opstille en formel for gene (SBT) som funktion af støjniveau (dB). SBT pr. bolig beregnes ud fra følgende formel:

$$\text{Genefaktor (SBT vægt pr. bolig)} = 4,22^{0,1 * (L-73)}$$

hvor L = støjniveauet for helårsboliger, målt i dB ved facaden.

Genevirkningen er eksponentielt stigende med støjniveauet. Sammenhængen er illustreret på kurven nedenfor.

Figur 4-1 Genefaktorkurven for støjeksponering



Note: Kurven fremkommer ud fra formelen for genefaktor ovenfor.

Det har været en forudsætning for at fastlægge en ny anbefalet enhedspris at den nuværende sammenhæng mellem støjniveau (dB) og gene skulle lægges til grund og at enhedsprisen dermed fortsat skulle udtrykkes pr. SBT. Dette skal ses i lyset af at SBT sammenhængen er stærkt forankret i planlægningssammenhænge i Danmark (ikke bare i forhold til økonomiske analyser).

Det bør imidlertid bemærkes, at der kan sættes spørgsmålstegn ved, om SBT-sammenhængen er et fornuftigt udtryk for sammenhængen mellem støjniveau og gene. Man kan påstå, at den nuværende anvendte sammenhæng mellem støj

og gene savner et solidt funderet rationale for, hvorfor man har anvendt den funktionelle sammenhæng afdækket ved spørgsmålet om andelen der er *stærkt belastede* ved et givent støjniveau frem for nogen af de andre funktionelle sammenhænge. Det vil muligvis kunne findes en bedre funktionel sammenhæng mellem støjniveau og gene f.eks. ved at tage udgangspunkt i data og information fra de forskellige værdisætningsstudier.

Omregning af enhedspris

Når enhedsprisen for støj udtrykkes som en årlig omkostning per dB-reduktion er der brug for en transformation til SBT. Dette blev for den oprindelige enhedspris for støj fra Trafikøkonomiske enhedspriser før 2001 gjort ved at dividere med forskellen i SBT-intervallet 55-65 dB, som er 0,236 SBT pr. 10 dB (TRØK 2001). Denne tilgang blev adopteret ved omregningen af resultaterne af Miljøstyrelsens værdisætningsstudie, og ligger således til grund for den hidtidige pris.

Om studierne

Den sammenlignende analyse er som nævnt gennemført med udgangspunkt i to værdisætningsstudier - Miljøstyrelsen, 2002 samt Bjørnet et al, 2003 (AKF). AKF studiet består af to analyser - baseret på to forskellige tilgange. Tabellen nedenfor giver en oversigt over tilgang, metode og afgrænsning for de aktuelle studier.

Tabel 4.1 Oversigt over studiernes tilgang, metode og afgrænsning

Forhold \ Studie	MST (Vejstøjstrategien)	AKF (CV)	AKF (HP)
Værdisætningsmetode (gener)	Hedoniske priser	CV**	Hedoniske priser
Den undersøgte population	Huse i hovedstadsområdet	Lejligheder i København	Lejligheder i København
Datagrundlaget	1715 huse over 25-årig periode	Spørgeskema sendt til 2200 personer.	125 huse og 2505 lejligheder fra 1996 til 2002
Antal observationer	855 huse	1142 besvarelser	2505 lejligheder
Rente	6%	-	2%
Ejendomsværdi	1.084.000 kr.	-	893.396 kr. - 1.512.718 kr.*
Husprisreduktion pr. dB over 55	1,2%	-	0,49%
Funktionel sammenhæng mellem støjniveau og gene	Lineær/SBT	Ekspontiel	Lineær

* Gennemsnitlig lejlighedspris i stikprøven forskellige for forskellige 5 dB støjintervaller.

** Studiet blev efterfølgende fulgt op med supplerende analyser på samme datamateriale af Mogens Fosgerau og Thomas Bue Bjørner (*Joint models for noise annoyance and WTP for road noise reduction*) med henblik på at forbedre præcisionen i estimatet for betalingsvilligheden. Det er resultat af disse supplerende analyser for CV analysen som indgår i sammenligningen.

MST (Vejstøjstrategien)

Studiet af geneomkostninger er baseret på en hedonisk prisfastsættelse og omfatter enfamiliehuse i 8 parcelområder i Storkøbenhavn. I den bedste modellestimation anvendes en dobbeltlogaritmisk model, hvor alle parametre med undtagelse af støj er logaritmisk transformeret. Støj indgår således lineært i modellen.

Undersøgelsen resultat er, at enfamiliehuse ved "almindelige" veje belastet med støj over 55 dB i gennemsnit falder i pris med 1,18% pr. dB i forhold til ikke støj-belastede huse. For huse ved motorveje er faldet beregnet til 1,64% pr. dB. For at få et samlet estimat for prisreduktion som følge af støj er der beregnet et vægtet gennemsnit af Miljøstyrelsens estimater for "almindelige" veje og motorveje. I sammenvægtningen er statens andel af den samlede støjbelastning (5%) anvendt som et udtryk for støjbelastningen fra motorveje. Det vægtede gennemsnit er beregnet til en prisreduktion på 1,2 % pr. dB.

Til brug for Vejstøjstrategien er dette resultat transformeret til en enhedspris pr. SBT. Med udgangspunkt i antagelser om rente og ejendomsværdi som i tabellen ovenfor er der beregnet en årlig omkostning på ca. 780 kr./dB. Denne omkostning er omregnet til SBT ud fra tilgangen beskrevet i afsnittet om gene som funktion af støjniveau ovenfor. Det vil sige, at den funktionelle sammenhæng

mellem støjniveau og gene fra SBT er anvendt, og enhedsprisen er divideret med SBT/dB forskellen i intervallet 55-65 dB. På denne baggrund fås 33.100 kr./SBT.

AKF

Geneomkostningerne er afdækket gennem både en hedonisk prisfastsættelse og en contingent valuation analyse. Studiet omfatter ejendomme fra 55 gader i Københavns Kommune. I den hedoniske analyse indgik 2505 lejligheder, mens 1149 ud af 2170 udvalgte individer besvarede et fremsendt spørgeskema og således udgjorde basisgrundlaget for CV undersøgelsen.

Hedonisk prisfastsættelse

Som i Miljøstyrelsens undersøgelse er der valgt en logaritmisk model, hvor alle variable med undtagelse af støj er logaritmisk transformeret. Støj indgår således lineært i modellen. Resultatet af hovedmodellen er, at lejligheder belastet med støj over 55 dB i gennemsnit falder i pris med 0,49 % pr. dB i forhold til ikke støj-belastede lejligheder.

Den procentvise reduktion pr. dB er omregnet til en enhedspris pr. dB med udgangspunkt i antagelser om rente og ejendomsværdi som i tabellen ovenfor. På denne baggrund fås en årlig omkostning på ca. 92 kr./dB pr. husholdning ved 50 dB stigende til ca. 147 kr./dB pr. husholdning ved 75 dB. Den fundne ikke-linearitet i betalingsvilligheden skyldes varians i husprisen i de forskellige dB intervaller, hvilket således ikke nødvendigvis kan generaliseres.

Contingent valuation

I CV-analysen er betalingsvilligheden (WTP) for hver 5 dB støjinterval over 50 dB til 75 dB beregnet. Betalingsvilligheden er først estimeret for forskellige geneniveauer. Disse estimater er herefter sammenholdt med en estimeret sammenhæng mellem støjniveau og gene for at beregne betalingsvilligheden som funktion af støjniveau (ud fra en implicit antagelse om uafhængighed mellem udtrykt betalingsvillighed og udtrykt gene). Resultatet er 9,5 kr./dB pr. husholdning ved 50 dB stigende til ca. 79 kr./dB pr. husholdning ved 75 dB.

Forklaringer på forskelle i resultater

Som det fremgår af ovenfor er der betydelige forskelle i resultaterne for de to studier. I Transportministeriet, 2004 er der gennemført en analyse som dekomponerer forskellene i resultat. De væsentligste forskelle ved de to studier kan opsummeres til:

1. Omregning fra husprisreduktion i % pr. dB til betalingsvillighed i kr. pr. dB - dvs. den anvendte rente og den gennemsnitlige ejendomsværdi.
2. Den funktionelle sammenhæng mellem støj og gene - dvs. hvordan man har modelleret dette/forsøgt at tage højde for den kendte sammenhæng om at folk giver udtryk for stigende gene ved stigende støjniveauer.
3. Forskel i resultatniveau (og population) - dvs. om prisen er afdækket for lejligheder eller huse.

4. Metode - dvs. om der er anvendt en direkte (CV) eller indirekte (Hedonisk prissætning) værdisætning af vejstøj.

Der er ikke konstateret forskelle i datagrundlaget for de to undersøgelser som overordnet kan berette at man bør foretrække den ene analyse frem for den anden.

På denne baggrund blev der opstillet en ny enhedspris for vejstøj baseret på en genberegning af resultaterne med fælles forudsætninger (punkt 1 og 2) og sammenvejning af de forskellige resultater baseret på forskellige populationer og metode (punkt 3 og 4).

Tilgang - ny enhedspris

For at frembringe en ny enhedspris er der anvendt en tilgang, hvor studierne resultater analyseres og omregnes. Først genberegnes studierne resultater med nye forudsætninger for omregningen fra husprisreduktion i % til betalingsvillighed i kr. pr. dB og der tages højde for den funktionelle sammenhæng mellem støj og gene. Herefter sammenlignes *niveauet* for de forskellige undersøgelser og det diskuteres hvordan forskellene eventuelt kan forklares med forskelle i metode (CV kontra HP) og population (huse kontra lejligheder). Endelig anbefales en ny enhedspris.

Fra husprisreduktion til betalingsvillighed

Omregningen fra husprisreduktion i % til *betalingsvillighed* i kr. pr. dB involverer et centralt element med at omsætte husprisreduktionen til en privatøkonomisk årlig besparelse på boligomkostningerne.

I studierne har den årlige betalingsvillighed pr. dB været beregnet ud fra en realrente og en implicit antagelse om uendelig tidshorisont samt ejendomsværdien og den fundne reduktion pr. dB, dvs.:

$$\begin{aligned} \text{Årlig besparelse pr. dB} &= \text{Huspris} * \% \text{-vis husprisreduktion pr. dB} * \text{årlig rente} \\ &= \Delta \text{Huspris} * \text{årlig rente} \end{aligned}$$

I Miljøstyrelsens studie blev der anvendt en rente på 6% og i AKF en rente på 2%. Den årlige besparelse i renteudgifter som følge af en reduceret huspris fra vejstøj kan tolkes som en indikator for den årlige privatøkonomiske besparelse sammenlignet med en ikke støjramt bolig. I lyset af disse meget forskellige renter er der behov for et mere stringent økonomisk rationale for hvordan man bør opgøre den årlige besparelse i boligomkostninger som følge af en reduceret ejendomsværdi fra vejstøj.

Den årlige besparelse bør opgøres som *husholdningers forventede årlige privatøkonomiske besparelse i boligomkostninger efter skat*. Denne er fastlagt i Transportministeriet, 2004 på baggrund af en detaljeret analyse med opstilling af et konsistent nytteudtryk for boligomkostningerne som funktion af prisen. I udtrykket indgår afkastrate på kapital, ejendomsværdiskat, grundskyldspromille, inflation mm. På denne baggrund kommer studiet til følgende omkostninger i procent af en øget ejendomsværdi:

- Lejligheder: 4,0 %
- Huse 6,4 %

Disse anvendes ved omregningen fra husprisreduktion til betalingsvillighed for de to hedoniske undersøgelser sammen med antagelser om gennemsnitlige priser på hhv. lejligheder og huse. AKF's studie omhandler lejligheder, mens Miljøstyrelsens studie omhandler huse.

Tabel 4.2 Betalingsvilligheden (kr. pr. dB) for vejstøjreduktion beregnet på basis af ny omregning

	AKF (lejligheder)	MST (huse)
Støjniveau	kr./dB	kr./dB
Over 55 dB	189	838

Den (gen)beregnete betalingsvillighed fremgår af tabellen. MST's resultat er ca. 7% højere end det oprindeligt beregnet, svarende til at den årlige omkostning i procent er steget med denne faktor (tidligere anvendtes 6% nu anvendes 6,4% som den årlige omkostningsprocent). AKF's resultat er ca. 30-110% højere (tidligere anvendtes 2% nu anvendes 4% som den årlige omkostningsprocent, ligesom prisen på lejligheder er ændret fra tidligere 893.396 kr. - 1.512.718 kr. mod nu 960.000 kr.).

Transformation fra dB til SBT

En væsentlig del af forskellen mellem undersøgelsesernes resultater skyldes forskellige antagelser om den anvendte funktionelle sammenhæng mellem støjniveau og gene (kurvens krumhed). Som tidligere beskrevet anvendes den funktionelle sammenhæng mellem støj og gene, som ligger bag SBT i denne analyse. For at udtrykke betalingsvilligheden pr. SBT og for at korrigere forskellene i sammenhængene er der foretaget transformationer af resultaterne så enhedsprisen udtrykkes pr. SBT i stedet for pr. dB. Transformationerne har sigtet på at minimere afvigelserne mellem de to funktionelle sammenhænge.

CV for lejligheder

Enhedsprisen for gene som følge af vejstøj er på basis af transformationen beregnet til godt 1.700 kr. pr. SBT for AKF's CV undersøgelse for lejligheder.

Hedonisk prisfastsættelse - lejligheder og huse

Den oprindelige transformation af MST hedoniske prisfastsættelse var baseret

på den hidtidige metode med omregning over intervallet fra 55 dB til 65 dB. Denne tilgang synes problematisk, fordi den dermed kun prioriterer resultatet i dette interval, hvorved resultatet omregnet fra pr. SBT til pr. dB i de høje støj-niveauer resulterer i en overvurdering.

Transformationen af både AKFs og MSTs resultater er i stedet foretaget som en approksimation over hele intervallet fra 55-75 dB. I transformationerne er afvigelserne mellem de to funktionelle sammenhænge igen søgt minimeret. Resultat af transformationerne er følgende enhedspriser for gene:

- 21.500 kr. pr. SBT baseret på MST undersøgelsens resultater
- 4.700 kr. pr. SBT baseret på AKF hedoniske resultater.

På basis af ovenstående haves nu tre resultater for betalingsvilligheden udtrykt som kr. pr. SBT baseret på standardiserede omregningsantagelser og resultat-transponeringer.

Tabel 4.3 Undersøgelserne genberegnete resultater

	AKF (CV)	MST (HP)	AKF (HP)
Kr. pr. SBT	1.700	21.500	4.700

Som det fremgår af tabellen er de tre resultater meget forskellige. Der henvises til notatet "*Opdatering af enhedspris for støj - Transportens eksterne omkostninger, 2004.*" for sammenfattende diskussion af hvad forskellen i resultaterne skyldes samt en samlet kvalitativ vurdering af styrkerne og svaghederne ved de tre undersøgelser.

Anbefalet ny enhedspris

Med en lige vægtning af CV-resultater og HP-resultater og en vægtning af resultater for den samlede støjgenes fordeling på lejligheder og huse¹⁰ er det bedste bud beregnet som et simpelt gennemsnit. Tabellen nedenfor præsenterer endvidere et lavt og et højt bud baseret på hhv. CV-undersøgelsen og HP-undersøgelsens resultater. I tabellen er det implicit antaget, at en CV-undersøgelse gennemført for huse ville have givet et resultat med samme faktor til forskel, som det er tilfældet i AKF studiet for lejligheder baseret på hhv. CV og hedoniske prisfastsættelse.

¹⁰ Baseret på en opgørelse over fordelingen af støjbelastede boliger på bebyggelsesart fra 1995 vejstøjkortlægningen er fordelingen af SBT på lejligheder og huse opgjort til hhv. 55% og 45%.

Tabel 4.4 Enhedspris på gene (vægtet med fordeling lejlighed og hus) (kr./SBT)

kr./SBT	SBT andel	Lav (CV)	Central (simpelt gns.)	Høj (HP)
Lejligheder	55%	1.712	3.196	4.679
Huse	45%	[7.878]	14.706	21.534
Samlet (vægtet)		4.492	8.386	12.279

Note: Prisniveau 2001.

På denne baggrund vurderes det bedste bud for en samlet enhedspris for gene at være 8.400 kr. pr. SBT (2001-priser).

Ny opgørelsesmetode for støjefekt

Afslutningsvis bør det bemærkes, at den officielle metode til opgørelse af støjeksponeringen i dB er ændret siden studierne ovenfor blev gennemført. På det tidspunkt anvendte man den såkaldte energiækvivalente A-vægtning ($L_{Aeq,T}$) som vægtede støjen over døgnets 24 timer lige højt.

Siden hen er der sket en ændring, hvor man nu anbefaler at anvende en ny støjindikator, som tager højde for, at støjen om natten omfattes som mest generende, ligesom der er indikationer for, at støj i natperioden har særlig stor betydning for de afledte sundhedseffekter¹¹. Den nye støjindikator, L_{den} , er en sammenvejning af støjen i tidsperioderne dag, aften og nat, idet der bruges et ”genetillæg” på 5 dB til støjen i aftenperioden og 10 dB til støjen i natperioden. Tillægget betyder alt andet lige, at beregningerne af støjeksponeringerne resulterer i højere dB'er med den nye metode end med den gamle.

Metodeskiftet har medført, at Miljøstyrelsen har ændret deres grænseværdier. For at bevare det samme beskyttelsesniveau har de (pragmatisk) justeret alle grænseværdierne op med 3 dB, jf. Miljøstyrelsen, 2007.

Den nye metode medfører også et potentielt problem med værdisætningen af vejstøj ud fra ovenstående studier. Ideelt set burde værdisætningen være gennemført med brug af den nuværende støjindikator - så den matcher de opgørelser af støjeksponering, som man må forvente i fremtiden (L_{den}).

Værdisætningen passer til effekttopgørelse i $L_{Aeq,T}$. I det omfang at støjindikatoren opgøres med den nye metode (L_{den}) kan man overveje pragmatisk at nedjustere den med 3 dB for at få et udtryk som passer med den hidtidige metode $L_{Aeq,T}$.

4.4 Metode og tilgang for sundhedsomkostninger

Det er fastslået, at trafikstøj kan medføre sundhedsskader i form af hovedpine, forøget blodtryk, forøget risiko for hjertekarsygdomme, hormonelle påvirkninger, stress og søvnproblemer. Støj er derfor forbundet med omkostninger som

¹¹ Se Miljøstyrelsen, 2007: Støj fra veje, Vejledning nr. 4, 2007.

følge af sundhedsskader. Omkostningerne består dels af direkte sundhedsmæssige udgifter til behandling i sundhedsvæsenet, dels af velfærdstab i form af reducerede leveår og fravær fra arbejdsmarkedet i forbindelse med sygdommen.

Som beskrevet ovenfor blev der i forbindelse med Miljøstyrelsens Vejstøjstrategi gennemført en undersøgelse af *sundhedsomkostningerne* og der blev udviklet en metode til beregning af omkostningerne ved vejstøj i Danmark.

Metoden fastlægger sammenhængen mellem støjeksponeringen og sundhedsskader og de sundhedsmæssige omkostninger heraf i form af øgede udgifter til sygehuse mv. samt omkostninger i forbindelse med sygefravær og dødsfald. Metoden vurderes fortsat at repræsentere state-of-the-art viden på området, idet der ikke eksisterer andre studier af sundhedsomkostningerne ved vejstøj.

Udvalgte elementer af undersøgelsen er kort resumeret nedenfor. For en mere omfattende beskrivelse henvises til Miljøstyrelsen, 2003c.

"Støj, gener og sundhed"

Undersøgelsen tilvejebragte et overblik over de sundhedsmæssige konsekvenser af vejtrafikstøj og gav en konkret vurdering af de sundhedsmæssige omkostninger. I undersøgelsen blev de sundhedsmæssige omkostninger i forbindelse med hjertekarsygdomme og forhøjet blodtryk forbundet med vejstøj opgjort. For disse to sygdomme er der dokumenteret statistisk signifikante risikoforøgelse ved eksponering for vejstøj.

Med udgangspunkt i den foreliggende viden anslås det, at i størrelsesordenen 750-2.150 personer i Danmark årligt rammes af hjertekarsygdomme eller forhøjet blodtryk som følge af trafikstøj. Overføres samme risiko på antallet af dødsfald, skønnes i størrelsesordenen 185-520 personer årligt at dø tidligere end ellers som følge af vejstøjrelaterede sygdomme.

Den konkrete vurdering af de sundhedsmæssige omkostninger omfatter øgede udgifter til sygehuse, sundheds- og socialvæsen og det øvrige behandlesystem samt omkostninger i forbindelse med sygefravær og dødsfald. De sundhedsmæssige omkostninger i sundhedssektoren samt omkostninger ved sygefravær blev anslået til i størrelsesordenen 40-100 mio. kr. årligt.

Det er imidlertid omkostningerne ved dødsfald som er helt centrale i opgørelsen af de samlede sundhedsomkostninger ved vejstøj. Ved værdisætningen af dødsfald blev der anvendt de samme forudsætninger om værdien af statistisk liv, som blev anvendt i forbindelse med partikeludvalgets arbejde og anbefalet i et notat om værdisætning af sundhedseffekter fra Miljøstyrelsen. Der blev således anvendt et estimat på 9,64 mio. kr. pr. dødsfald baseret på en betalingsvillighedstilgang.

På denne baggrund blev der beregnet samledes sundhedsomkostninger ved dødsfald som følge af vejstøj på 1,8-5,1 mia. kr. med et centralt skøn på ca. 3,4 mia. kr. årligt (prisniveau 2002). Som det fremgår, er det således omkostningerne ved dødsfald, der udgør den altovervejende del af de samlede sundhedsomkostninger.

Ny værdisætning af dødsfald

Metoden til værdisætning af dødsfald er ændret og omkostningerne ved dødsfald er således opdateret. Dødelighed værdisættes ud fra princippet om værdisætning af et tabt leveår (VLYL). Argumenterne for denne ændring er parallelle til dem som er angivet i afsnittet om luftforurening. Dødsfald fra vejstøj vedrører således en reduktion af levetiden snarere end et "fuldt tabt liv" (som for et gennemsnitligt offer for et trafikuheld).

De dødsfald der forekommer som et resultat af vejstøj, er iskæmisk hjertesygdom (hjertekarsygdomme) og hypertension (forhøjet blodtryk). Disse dødsfald vedrører tabte fremtidige (kroniske) leveår. Med en antaget latenstid på 10 år udgør omkostningen ved et tabt leveår ca. 475.000 kr./tabt år.

På baggrund af rapporten¹², som dokumenterer undersøgelsen af sundhedskostningerne, er det desværre ikke muligt at fastlægge hvor mange tabte leveår hhv. iskæmisk hjertesygdom (hjertekarsygdomme) og hypertension (forhøjet blodtryk) i gennemsnit giver anledning til for ofrene for vejstøj. Rapporten indeholder ingen information om dette og der er heller ikke et datagrundlag som gør det muligt at estimere det.

I stedet er det valgt at anvende skøn over de tabte leveår estimeret på baggrund af de tabte leveår ved dødsfald som følge af de tilsvarende sygdomme, der er en konsekvens af luftforurening.

I TRIP-projektet (COWI (2005)) om værdisætning af luftforurening er der gennemført udførlige beregninger på det tabte leveår ved dødsfald som følge af luftforurening (partikler). Beregninger er baseret på en række antagelser og er forbundet med usikkerhed. I studiet konkluderes følgende om tabte leveår for dødsfald som konsekvens af luftforurening: *"If the values in Table 5.2 are converted to YOLL per person the result is around 10-12 years per person. This seems to be a relatively high number, which may also be due to the assumption of a flat latency period. Applying a latency period varying with age might decrease the YOLL per person. It can be mentioned that the assumption made in BeTa is that each affected person loses 5 years of life"*.

Estimatet gælder for kroniske sygdomme (hjertekarsygdomme). På denne baggrund er det valgt at anvende 10 år som det bedste estimat for antallet af tabte leveår som følge af luftforurening, hvilket fremgår af tabellen nedenfor. Det er tale om meget usikre estimater, ligesom der er betydelig usikkerhed ved at overføre estimatet fra luftforurening til støj, hvorfor det centrale estimat er suppleret med lave og et høje estimater.

¹² Miljøstyrelsen, 2003: Strategi for begrænsning af vejtrafikstøj, delrapport 2, Støj, gener og sundhed.

Tabel 4.5 Tabte leveår for dødsfald pga. støj

Tabte leveår	Lav	Central	Høj
Iskæmisk hjertesygdom/ hypertension	5	10	15

Kilde: Egne skøn.

Omkostningerne ved dødsfald udgør som nævnt den altovervejende del af sundhedsomkostningerne ved vejstøj. De øvrige omkostningskomponenter er ikke opdateret. Af konsistenshensyn er de dog fremskrevet med udviklingen i nettoprisindekset til 2009-priser. Tabel 4.6 nedenfor angiver de samlede sundhedsomkostninger efter opdateringen af værdien af dødsfald.

Tabel 4.6 De samlede sundhedsomkostninger ved vejstøj, 2009-priser

Mio. kr. pr. år	Lav	Central	Høj
Sundhedssektorumkostninger	42	78	117
Omkostninger ved sygefravær	1	7	29
Dødsfald	440	1.667	3.750
I alt	483	1.751	3.896

Tabellen viser, at de samlede sundhedsomkostninger udgør 480 til 3.900 mio. kr. pr. år med et centralt estimat på 1.750 mio. kr. pr. år. Det centrale estimat er ca. halveret i forhold til den oprindelige undersøgelses resultater. Dette skyldes den ny metode og værdi af omkostningerne ved dødsfald.

Omregning til SBT

De samlede årlige sundhedsomkostninger skal relateres til en enhedspris pr. SBT. Dette er gjort i vejstøjstrategien ved at beregne det totale SBT for alle boliger belastet med støj over 55 dB, idet de sundhedsmæssige effekter netop er estimeret for personer estimeret for støj over dette niveau.

Det totale SBT for alle boliger over 55 dB er beregnet for den totale fordeling af støjbelastede boliger i år 2001. Det totale SBT er beregnet til knap 159.000 for boliger med støj over 55 dB. På denne baggrund er den samfundsøkonomiske enhedspris for sundhedsskader som følge af vejstøj opgjort.

Tabel 4.7 De totale sundhedsomkostninger pr. SBT, 2009-priser

kr./SBT per år	Lav	Central	Høj
Sundhedsomkostninger	3.039	11.013	24.501

Tabel 4.7 viser at de totale sundhedsomkostninger er opgjort til ca. 11.000 kr./SBT. Nedre og øvre skøn udgør hhv. 3.000 kr./SBT og 24.500 kr./SBT.

Det skal indskydes, at når sundhedsmkostningen udtrykkes pr. SBT overføres den bagvedliggende sammenhæng mellem støjniveau og gene til sundhed. Det kan diskuteres, om dette er hensigtsmæssigt, fordi det ikke nødvendigvis afspejler sammenhængen mellem støjniveau og forhøjet risiko for sygdom.

Ved at dividere med SBT fås imidlertid et udtryk, som relativt til den samlede vejstøj er korrekt, men hvis SBT-sammenhængen ikke gælder, vil man ikke nødvendigvis repræsentere værdien for de enkelte støjniveauer korrekt. Af Miljøstyrelsen, 2003c (side 35) fremgår det dog, at der er en svag eksponentiel sammenhæng mellem støjniveau og relativ risiko (ligesom SBT sammenhængen er eksponentiel).

Ny samlet enheds-værdi

På basis af opdateringen af geneomkostningerne og sundhedsmkostningerne kan der opgøres en ny samlet enhedsværdi for vejstøj. Den centrale værdi kan opgøres til 22.000 kr./SBT (2009-priser). Denne værdi indgår i opdateringen af km-værdierne nedenfor.

Nye km-værdier

I External Costs of Transport projektet blev der udviklet en metode til beregning af den marginale støjgene for vej- og banetransport opsplittet på transportmiddelkategorier. Denne fremgangsmåde er fastholdt og opdateringen har således alene bestået i en opdatering af enhedsværdien i kr. per SBT.

Nedenfor skitseres principper i metoden meget kort. For en uddybende beskrivelse henvises til COWI for Transportministeriet, 2004.

Kort om metode

De marginale eksterne omkostninger ved støj er beregnet på baggrund af enhedsprisen ved først at beregne en ændring i støjniveauet ved ændringer i trafikken og herefter omregne dette til SBT og til omkostninger. For vej estimeres de marginale eksterne omkostninger nærmere bestemt ud fra 5 trin:

1. Fastlæggelse af en enhedsværdi for vejstøj udtrykt i kr./SBT (jf. afsnittet ovenfor)
2. Støjkortlægning af støjniveau og gene for udvalgte byer med repræsentative størrelser i Danmark. En kortlægning af støj på husstande omsættes til SBT for basis-situationen ud fra den officielle SBT kurve, hvor støj i høje niveauer giver anledning til relativt mere gene end støj i lave niveauer. For at beregne den marginale støjgene er der gennemført støjmodel-beregninger hvor trafikken er forøget med 10% i forhold til basis-situationen. På denne baggrund er den marginale ændring i støjgene beregnet (Δ SBT) og sættes i forhold til ændringen i trafikken (Δ km). Herefter kan de marginale omkostninger for de udvalgte byer beregnes.
3. Generalisering af resultaterne ovenfor til 7 forskellige urbaniseringsgrader som følger TU-definitioner.

4. Beregning af gennemsnitlige værdier for Danmark ved at sammenvægte værdierne for de forskellige urbaniseringsgrader i forhold til deres andel af det samlede antal husstande i Danmark.
5. Differentiering af resultater (fordeling af omkostninger) på køretøjskategorier baseret på køretøjernes støjmissioner. Kendte funktionelle sammenhænge om køretøjers støjmissioner og deres hastighed er anvendt sammen med fordelingen af trafikarbejdet på køretøjskategorier. Dette giver ændringer i støjmissionerne udtrykt som ækvivalenter i forhold til biler. På denne baggrund beregnes de marginale eksterne omkostninger for hver køretøjskategori.

For banetransport er der gennemført lignende beregninger. Dog er der alene tale om caseberegninger for udvalgte strækninger, som antages at være repræsentative. Der er således ikke foretaget en sammenvægtning i forhold til andele på forskellige kategorier, som der er for vejtransport.

I beregningen af km-værdierne påvirker enhedsværdien for støj udtrykt ved kr/SBT km-værdierne helt proportionalt. Da enhedsværdien på støj er reduceret med 70% betyder det, at km-værdierne ligeledes er reduceret med 70%.

De Transportøkonomiske Enhedspriser er ved den seneste opdatering suppleret med km-værdi for elbiler for støj. Disse er ikke baseret på External Costs of Transport, men derimod på beregninger fra Copenhagen Economics.

Støj fra elbiler er lavere end for konventionelle biler. Ved denne opdatering er det forhold som kan beregnes for elbiler og konventionelle elbiler på basis af de oprindelige estimater og Copenhagen Economics estimater for elbiler fastholdt. For by udgør andelen 33% mens den er 100% på land (på landet afviger støjgenerne ikke fra andre bilers, da dæk- og vindstøj dominerer her). Det antages at fordelingen af elbilers trafikarbejde på by/land følger fordelingen på konventionelle biler¹³.

4.5 Resultater for støj

Nedenfor præsenteres resultaterne af de opdaterede enhedspriser for støj.

Enhedsværdi

På baggrund af den opdaterede geneomkostning og den opdaterede sundhedsomkostning ved vejstøj kan der beregnes en ny enhedsværdi for støj udtrykt ved kr. per SBT. Enhedsværdien fremgår af tabellen nedenfor.

¹³ Dette afviger fra den nuværende version af Transportøkonomiske Enhedspriser hvor det tilsyneladende blev antaget at trafikarbejdet fordelte sig 40% på kørsel i bykerne, 40% i forstæder og 20% på landet. Dette betyder alt andet lige at den gennemsnitlige værdi falder relativt set for elbiler.

Tabel 4.8 Støjomkostninger, 2009-priser

kr. per SBT per år	Lav	Central	Høj
Geneomkostninger	5.758	10.749	15.740
Sundhedsomkostninger	3.039	11.013	24.501
Samlede omkostninger	8.798	21.762	40.241

Tabel 4.8 viser at det centrale estimat for de samlede støjomkostninger pr. SBT nu er estimeret til ca. 22.000 kr. Dette er et fald i forhold til den seneste enhedsværdi for støj (71.500) på 70%.

Det kraftige fald i enhedsværdien er et resultat af følgende forhold:

- Et nyt estimat for geneomkostningen for vejstøj baseret på en analyse og omregning af de seneste danske værdisætningsstudier. Estimatet reduceres til ca. 25% af den hidtidige pris. Dette er dels et resultat af store forskelle i resultatniveauerne for de forskellige studier, dels et resultat af at prisen nu er gjort mere repræsentativ (både huse og lejligheder), dels et resultat af en ny og mere konsistent omregning fra betalingsvillighed pr dB til SBT.
- Ny metode og nyt estimat for værdien af dødsfald. Dødelighed værdisættes nu ud fra princippet om værdisætning af et tabte leveår (VLYL). Dette har reduceret denne del af værdien med ca. 50%.

Samlet set reduceres enhedsværdi for støj som nævnt med ca. 70%. Dette kan synes som et voldsomt fald. Det er imidlertid vigtigt at bemærke at den danske pris fortsat er høj i sammenligning med den anbefalede EU-værdi. Den anbefalede EU værdi er således 25 EUR pr. dB (per husholdning)¹⁴. Dette svarer til ca. 5.000 DKK pr SBT. Den anbefalede danske pris er således fortsat 4 gange højere end den EU-anbefalede værdi.

Tabel 4.9 viser fordelingen af omkostningerne på hhv. velfærd, budget og afgifter. Langt hovedparten af omkostningerne er velfærd, idet hele geneomkostningerne er at betragte som en velfærdskomponent. Det samme gælder langt den største del af sundhedsomkostningerne for undgået dødsfald. Kun en mindre del er sundhedssektorumkostninger som resulterer i at en mindre andel af omkostningerne er budget og afgifter.

¹⁴ VALUATION OF NOISE POSITION PAPER of the WORKING GROUP on HEALTH and SOCIO-ECONOMIC ASPECTS 4-December-2003

Tabel 4.9 Fordeling af omkostninger på velfærd, budget og afgifter

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP	97,6%	1,9%	0,3%	99,8%
Ej BNP	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%
I alt	97,6%	2,1%	0,3%	100,0%

Som det fremgår af tabellen ovenfor er langt hovedparten af omkostningerne velfærdsomkostninger. Det skyldes, at geneomkostningerne er 100% velfærd, ligesom værdien af tabte liv, som udgør langt hovedparten af sundhedsomkostningerne.

Km-værdier

Tabellen nedenfor præsenterer de opdaterede marginale eksterne omkostninger for støj. De estimerede km-værdier er forbundet med betydelig usikkerhed. I External Costs of Transport projektet blev de lave og høje værdier fastsat til 50% og 200% af de centrale værdier for vejtransport og 33% og 300% af de centrale værdier for banetransport. Disse intervaller er fastholdt.

Tabel 4.10 Marginale eksterne støjomkostninger, 2009-priser

kr. pr. køretøjskm			Gennemsnit			By			Land		
			Lav	Middel	Høj	Lav	Middel	Høj	Lav	Middel	Høj
Personbil	Benzin/diesel	4 pers	0,02	0,05	0,09	0,05	0,11	0,21	0,00	0,01	0,01
	Elektricitet	4 pers	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,07	0,00	0,01	0,01
Varebil	Benzin/diesel	1,5 t	0,03	0,06	0,13	0,08	0,17	0,34	0,00	0,01	0,01
Lastbil	Diesel	16 t	0,05	0,09	0,19	0,31	0,62	1,23	0,02	0,03	0,06
Bus	Diesel	40 pers	0,10	0,21	0,41	0,17	0,35	0,69	0,01	0,02	0,04
Passagertog			0,10	0,31	0,92	0,83	2,49	7,47	0,02	0,06	0,19
Godstog			0,58	1,75	5,26	4,77	14,30	42,91	0,12	0,36	1,07
Kystfartøj		2000 t							0,00	0,00	0,00
Container		3500 t							0,00	0,00	0,00

Der anvendes den samme opdeling på velfærd, budget og afgifter som estimeret og angivet for enhedsværdien.

5 Uheld

I dette kapitel præsenteres de opdaterede enhedspriser for uheld. Kapitlet indledes med en beskrivelse af baggrunden og forudsætningerne for opgørelsen. Dernæst beskrives metoden og tilgangen for den gennemførte opdatering. Til slut vises de beregnede eksterne omkostninger. Desuden sammenlignes med de tidligere værdier og der gives en begrundelse for de væsentligste forskelle i resultaterne.

5.1 Baggrund og forudsætninger

For uheld opgøres der i dag enhedsværdier udtrykt som kr. pr. dræbt, kr. pr. lettere tilskadekommen og kr. pr. svært tilskadekommen samt enhedsværdier for uheld på vej pr. uheldstype. Desuden opgøres de marginale eksterne omkostninger (km-værdier) for vej (personbiler, varebiler, lastbiler og busser) og bane (passager- og godstog).

Enhedspriserne for uheld består af omkostninger til politi og redningsvæsen, sundhedsomkostninger, produktionstab, materielskade samt velfærdstab. Enhedspriserne er baseret på en beregningsmodel udviklet af Vejdirektoratet. Den grundlæggende beregningsmodel stammer fra begyndelsen af 80'erne, men modellens metode- og datagrundlag er siden opdateret i flere omgange.

Udover enhedsprisen præsenteres de marginale eksterne omkostninger som en del af de Transportøkonomiske Enhedspriser. Disse stammer fra External Costs of Transport og har ikke nogen direkte sammenhæng med enhedsprisen for uheld.

5.2 Oversigt over opdateringen

Opdateringen af de eksterne omkostninger for uheld omhandler opdateringer af data og forudsætninger, revision af metode og konsekvensrettelser. Opdateringen har fokuseret på følgende forhold:

- Konsekvensrettelser som følge af *nye anbefalinger fra Finansministeriet*
- Fastsættelse af fordeling på velfærdseffekt, offentlig udgift (budget) samt afgiftsandel
- Generel opdatering af baggrundsdata i uheldsmodellen
- Opdatering/revision af enhedsprisen med *ny værdi af liv*
- Opdatering af *km-værdierne*

- Fastlæggelse af enhedsomkostninger for *uheld på jernbane (ny værdi)*

5.3 Metode og tilgang for uheld på vej

Dette afsnit beskriver metode og tilgang for den gennemførte opdatering af de eksterne omkostninger for uheld på vej.

Opdatering af baggrundsdata i uheldsmodellen

Trafikuheldsomkostningerne består som nævnt af en række omkostningskomponenter. For hver af disse komponenter er der en række baggrundsdata, ligesom der er en række fælles data og forudsætninger for alle komponenterne.

I forbindelse med en opdatering i år 2000 blev der udarbejdet en liste over de data som løbende skal opdateres med aktuelle tal for at kunne beregne uheldsomkostningerne i et givent år (f.eks. antal uheld, data om materielskadeomkostninger m.m.).

Disse data er opdateret i det tilhørende regneark, så omkostninger for materiel-skader, politi og redningsvæsen, behandlingsomkostninger og nettoproduktionstabet er opdateret. Da forsikringsudbetalingerne for 2009 endnu ikke er opgjort, er priserne opjusteret til 2008-prisniveau. Ved fremskrivning til 2009-priser er de enkelte komponenter fremskrevet med nettoprisindekset og - hvis relevant - BNP-væksten jf. afsnit 5.3.

Uheldsomkostningerne var oprindeligt beregnet i faktorpriser. Ved denne opdatering er hver enkel komponent opregnet til markedspriser. For materielskadeomkostningerne er justeringen foretaget ved at medregne de faktiske afgifter og moms, som tidligere var rensset ud af omkostningerne. For politi og redningsvæsen samt behandlingsomkostninger er enhedspriserne opregnet med NAF.

Den opdaterede uheldsstatistik samt anvendte lønindeks fremgår af tabellen nedenfor.

Tabel 5.1 *Uhedsstatistikken, de politiregistrerede uheld*

År	Rapporterede uheld	Uheld med personskade	Dræbte	Alv. tilskadekom.	Lettere tilskadekom.	Pers. i alt
1999	16,906	7,605	514	4,217	5,176	9,907
2000	17,091	7,346	498	4,260	4,832	9,590
2001	16,395	6,861	431	3,946	4,519	8,896
2002	16,509	7,126	463	4,088	4,703	9,254
2003	16,135	6,749	432	3,868	4,544	8,844
2004	15,659	6,209	369	3,561	3,985	7,915
2005	14,223	5,412	331	3,072	3,516	6,919
2006	14,580	5,403	306	2,911	3,604	6,821
2007	15,033	5,549	406	3,138	3,519	7,063
2008	13,777	5,020	406	2,831	3,092	6,329

Kilde: www.vejsektoren.dk

Det ses, at antallet af uheld er faldet for alle kategorier, siden enhedspriserne sidst blev opgjort.

Forsikringsudbetalingerne er ligeledes blevet opdateret. De opdaterede tal fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 5.2 Forsikringsudbetalinger i Danmark

	Forsikringsudbetaling i mio. DKK			Antal skader med vurderet selvrisko
	Ansvar	Kasko	Total	
1999	3.201	4.207	7.408	615.000
2000	3.280	4.311	7.591	579.000
2001	3.525	3.992	7.517	563.000
2002	3.985	3.757	7.742	560.000
2003	4.781	3.508	8.289	527.777
2004	4.567	3.468	8.035	518.583
2005	4.443	3.529	7.972	534.133
2006	2.759	3.777	6.536	555.409
2007	3.320	5.050	8.370	595.791
2008	3.320	5.050	8.370	597.590

Kilde: http://www.forsikringopension.dk/statistik/forsikring/antal/Sider/Bilforsikring_Antal_bilskader_helaarstal.aspx

Note: Data for udbetalinger 2008 ej tilgængelige, hvorfor de er sat til data for 2007.

Forsikringsudbetalingerne er steget stødt siden uheldsomkostningerne sidst blev opgjort i 2000.

Endelig er en række priser fremskrevet med relevante pris- og lønindeks. De anvendte indeks fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 5.3 Pris- og lønindeks

	Prisindeks for		Lønindeks for		
	Hospitalsbehandling	Vedl. og rep. af private transportmidler	Privatansatte	Statsligt ansatte	Kommunalt ansatte
2000	100.5	101.6	192.2	197.3	189.1
2001	103.6	105.2	205.7	205.0	194.9
2002	106.7	110.4	210.2	222.6	198.7
2003	111.4	113.5	219.0	228.5	205.9
2004	113.4	117.1	219.6	239.1	217.4
2005	116.4	119.6	229.1	247.0	222.1
2006	120.1	125.7	236.9	254.1	220.5
2007	122.7	133.9	249.7	265.4	226.4
2008	126.2	140.1	256.3	280.3	239.4

Kilde: <http://www.statistikbanken.dk>

Det ses at vedligehold og reparationer af transportmidler og de statslige lønninger er steget mere end øvrige priser.

Ny værdi af liv - værdien af et statistisk liv (VSL)

De eksisterende uheldsomkostninger omfatter dels de direkte omkostninger i form af behandlingsomkostninger, politi- og redningsomkostninger samt materielskadeomkostninger, dels de indirekte omkostninger i form af produktionstab og velfærdstab, som den enkelte ulykkesramte og pårørende oplever i form af legemsbeskadigelse, lidelse og afsavn.

Værdien af liv indgår således ikke eksplicit med den nuværende metode. Disse er en del af produktionstab og velfærdstab. Velfærdstab har hidtil været pragmatisk opgjort ud fra skønsmæssigt fastsatte faktorer.

I forbindelse med tidligere opdateringer af uheldsomkostningerne har COWI gennemført et udredningsarbejde om de indirekte omkostninger (velfærdstab) for Vejdirektoratet¹⁵. I rapporten er der en udførlig redegørelse for sammenhængen mellem den nuværende opgørelsesmetode og værdien af et statistisk liv.

For at anvende værdien af et statistisk liv er metoden til opgørelsen af uheldsomkostningerne revideret. Revisionen består i at bruttoproduktionstab og velfærdstab er erstattet med nettoproduktionstab og værdien af et statistisk liv.

¹⁵ COWI for Vejdirektoratet, 2002: *Trafikøkonomiske Enhedspriser for uheld - Alternative metoder til opgørelse af velfærdstab.*

I forhold til den eksisterende metode, hvor velfærdstabet er beregnet som en faktor 2 gange de personrelaterede omkostninger, giver anvendelsen af et statistisk liv anledning til en markant stigning i enhedsprisen på ca. 40%.

Opdatering af velfærdstab samt individets eget forbrugstab for svært og lettere tilskadekomne

Der har været særlige udfordringer med omkostningerne for alvorligt og lettere tilskadekomne. Her kan værdien af et statistisk liv ikke umiddelbart anvendes og den kan således ikke umiddelbart erstatte den metode som anvendes i dag. Problemstillingen er imidlertid behandlet i ovenstående analyse samt i External Costs of Transport, og på baggrund af disse analyser er to løsningsmuligheder identificeret.

- 1 Opdatering i henhold til den eksisterende metode, hvilket betyder at værdien af velfærdstabet fastsættes på baggrund af udviklingen i de personrelaterede omkostninger. Velfærdstabet beregnes som 1/3 og 1/15 af de personrelaterede omkostninger for henholdsvis svært og lettere tilskadekomne
- 2 Opdatering på basis af værdien af statistisk liv (VSL), hvor velfærdstabet for svært tilskadekomne opgøres til 13% af VSL mens værdien for lettere tilskadekomne opgøres til 1% af VSL. Denne metode er anbefalet i HEATCO-projektet på baggrund af anvendelse af den samme metode i de store projekter UNITE og Recordit. Disse projekter lægger sig i øvrigt op af en anbefaling fra ECMT (European Conference of Ministers of Transport under OECD) tilbage fra 1998¹⁶.

Efter samråd med følgegruppen er metode 2 valgt. For lettere tilskadekomne fører dette til en stigning i enhedsprisen på ca. 50% i forhold til den oprindelige tilgang (metode 1). For svært tilskadekomne er stigningen mere end en fordobling i forhold til den oprindelige tilgang.

Fordeling på velfærd, budget, og afgifter samt fremskrivning med BNP

I forbindelse med beregningen af den samlede enhedspris er fordelingen på velfærdstab, budget og afgifter blevet reestimeret.

Der indgår 5 omkostningsposter i de samlede samfundsøkonomiske uheldsomkostninger:

- Poli og redningsvæsen
- Behandlingsomkostninger
- Nettoproduktionstab
- Velfærdstab/værdien af et statistisk liv
- Materielskadeomkostninger

¹⁶Fra HEATCO Deliverable 5, Proposal for Harmonised Guidelines: *ECMT (1998) suggests that the value for severe injuries is 13% and for slight injuries 1% of the VSL of fatalities. The analysis of existing practice in the EU countries as reported in Bickel et al. (2005a) suggests that on average this recommendation seems to be reasonable in absence of more accurate national information.*

Fordeling på velfærd, budget og afgiftsandel samt anbefalinger til andele der skal fremskrives med BNP, er vurderet for hver enkelt post.

Afgiftsandelen for materielskadeomkostninger er estimeret på baggrund af den vurderede afgiftsandel for skadesomkostninger. For øvrige er den estimeret på baggrund af nettoafgiftsfaktoren på 17%.

I de endelige enhedspriser er der beregnet en gennemsnitlig fordeling. For personrelaterede uheldsomkostninger, er gennemsnittet beregnet på baggrund af oplysninger om antal dræbte, svært til skadekomne og lettere tilskadekomne. For enhedspriserne for trafikuheld på vej, er den gennemsnitlige fordeling beregnet på baggrund af antal rapporterede uheld.

Opdatering af km-værdierne

De eksisterende marginale eksterne omkostninger pr. km for uheld er *ikke* beregnet direkte på baggrund af enhedspriserne for trafikuheld. Det skyldes flere forhold, bl.a. at kun en del af enhedsprisen for trafikuheld er en ekstern omkostning (jf. afsnit 2.2). Men den primære årsag skal findes i, at det ikke er muligt at tilvejebringe de nødvendige detaljerede oplysninger om marginale uheldsrisici for de forskellige transportformer, køretøjer og infrastruktur-typer. Beregningen af de marginale eksterne omkostninger er både teoretisk kompleks og kræver store datamængder.

I External Costs of Transport projektet er der givet en redegørelse for den metode, der bør anvendes for at beregne de marginale eksterne omkostninger for at opnå robuste og pålidelige resultater, som også er konsistente i forhold til enhedsprisen på uheld. Indenfor dette projekts rammer har det ikke været muligt at gennemføre et studie som udleder de marginale eksterne omkostninger på baggrund af anbefalingerne i External Costs of Transport studiet. Dette vil som nævnt kræve detaljerede data og modellering af uheldsfrekvenser mellem forskellige køretøjstyper mv. og vil derfor være et større projekt, som fortsat anbefales igangsat.

I External Costs of Transport projektet blev de marginale eksterne omkostninger i stedet fastsat på baggrund af en sammenlignende analyse af flere studiers resultater, herunder et dansk studie fra 1997 (Transportministeriet, 1997: CO₂-reduktioner i transportsektoren) som var baseret på den danske enhedspris for uheld (Vejdirektoratets).

I dette projekt er de marginale eksterne omkostninger alene underkastet en overordnet vurdering med henblik på evt. justeringer for at opnå en større grad af konsistens til enhedspriserne.

Overordnet kan det konstateres at enhedsværdien for rapporterede uheld er steget med 37% i forhold til den hidtidige værdi. Stigningen skyldes primært, at velfærdstabet - der tidligere var beregnet som en faktor af de personrelaterede uheldsomkostninger - nu er beregnet ud fra værdien af et statistisk liv. Dette har medført en kraftig stigning.

Dette rejser spørgsmål om, hvorvidt de eksisterende marginale km-værdier allerede er beregnet med udgangspunkt i værdien af et statistisk liv, og dermed allerede i princippet inkluderer de 37% stigning.

Som nævnt tidligere er de eksisterende marginale eksterne omkostninger fastsat på baggrund af en sammenlignende analyse af flere studiers resultater. I forbindelse med denne fastsættelse, var en af de primære kilder Vejdirektoratets studie, hvor den eksisterende metode uden brug af VSL indgik. Det vurderes derfor, at det vil være korrekt at opskrive de eksisterende marginale eksterne omkostninger med de nævnte 37%.

5.4 Metode og tilgang for uheld på bane

Der findes i dag ikke nogen enhedsværdier for uheld på jernbanen. Dette projekt giver et første bud på de gennemsnitlige personrelaterede omkostninger i forbindelse med banen. Fremgangsmåden er beskrevet nedenfor.

Omkostninger forbundet med dødsfald og svært tilskadekomne

Trafikstyrelsen har opgjort antallet af uheld fordelt på dræbte og alvorligt tilskadekomne i forbindelse med togdriften fordelt på tre kategorier¹⁷: Kollisioner/afsporinger m.m., overkørsler og personpåkørsler.

Antallet af uheld på bane – og dermed enhedsprisen – omfatter dræbte og såkaldt alvorligt tilskadekomne i forbindelse med togdrift. Arbejdsulykker i forbindelse med baneanlægsarbejder osv. og selvmord indgår ikke, da det forventes, at antallet af ulykker for disse kategorier er uafhængige af antal kørte togkilometer og/eller antal overkørsler.

Omkostningerne ved uheld i forbindelse med baneanlægsarbejde bør beregnes på baggrund af en konkret effektvurdering (forventet antal uheld) og tilhørende enhedspris (DKK pr. dræbt eller alvorligt tilskadekommen).

Antallet af dræbte og svært tilskadekomne i forbindelse med togdriften i perioden 1999-2008 fremgår af nedenstående tabel. I forhold til vej, er der valgt en betydeligt længere periode for opgørelsen af uheld. Dette skyldes, at antallet af uheld på bane er væsentligt lavere end på vej, hvorfor udsving som følge af specielle forhold vil have relativt større effekt for det enkelte år.

¹⁷ Antallet af lettere tilskadekomne er ikke direkte opgjort. Ifølge Trafikstyrelsen er uheld på bane oftest alvorlige uheld med enten dræbte eller svært tilskadekomne.

Tabel 5.4 Antal dræbte og svært tilskadekomne i perioden 1999-2008

	Type	Antal
Dræbte	Kollisioner, afsporinger m.m.	16
	Overkørsler	35
	Personpåkørsler	109
Alvorligt tilskadekomne	Kollisioner, afsporinger m.m.	33
	Overkørsler	31
	Personpåkørsler	62

I gennemsnit er der blevet kørt 75 mio. togkilometer, mens der har været 1.934 overkørsler i gennemsnit. På denne baggrund kan det gennemsnitlige antal dræbte og svært tilskadekomne pr. togkilometer og overkørsel beregnes.

Tabel 5.5 Uheld pr. togkilometer og pr. overkørsel

	Type	Per mio. togkilometer	Årligt pr. overkørsel
Dræbte	Kollisioner, afsporinger m.m.	0,02	
	Overkørsler		0,0018
	Personpåkørsler	0,15	
	I alt	0,17	0,0018
Alvorligt tilskadekomne	Kollisioner, afsporinger m.m.	0,04	
	Overkørsler		0,0016
	Personpåkørsler	0,08	
	I alt	0,13	0,0016

Kilde: Trafikstyrelsen.

Tabel 5.5 viser den gennemsnitlige uheldsfrekvensen pr. mio. togkilometer og pr. overkørsel pr. år. Bemærk at for at få den samlede uheldsfrekvens for jernbane, skal de to komponenter summeres. Det vil sige, at det forventede antal uheld for et år beregnes som antal togkilometer * uheld/togkm + antal overkørsler * uheld/overkørsel.

Som nævnt eksisterer der i dag ikke nogen enhedsomkostning for den samfundsøkonomiske værdi af dræbte og svært tilskadekomne for bane. I stedet er værdien sat lig værdien for vej. For dræbte vurderes denne fremgangsmåde at være uden væsentlige problemstillinger. Det er muligt, at omkostningerne til politi, redningsvæsen og behandling kan være væsentligt anderledes for bane end for vej, men da værdien af et statistisk liv og nettoproduktionstab udgør 99,8% af de samlede omkostninger for dræbte, vurderes dette ikke at give anledning til væsentlige bekymringer.

For svært tilskadekomne kan der være visse problemer ved fremgangsmåden. Således er det muligt, at kategorien "svært tilskadekomne" for jernbane har en lidt anderledes sammensætning og dermed gennemsnitlig omkostning end den tilsvarende kategori for vej. Det vurderes dog at dette problem vil være begrænset og tilgangen derfor udgør en rimelig approksimation. Omkostningen ved svært tilskadekomne udgør kun godt 10% af de samlede uheldsomkostninger, hvorfor selv relativt store ændringer ikke vil påvirke den sammenlagte uheldsomkostning markant.

Materielskadeomkostninger

Materielskade på togmateriel og baneanlæg indgår i dag i nogen grad i driftsomkostningerne.

Trafikstyrelsen har undersøgt om de anførte forsikringsomkostninger fra enhedspriserne kan bruges som udtryk for materielskadesomkostninger til brug for samfundsøkonomi. Forsikringsomkostningerne er gennemsnitstal for en række forskellige operatører, med store individuelle forskelle. Disse forskelle vedrører dels risikograd, men beror også i høj grad på forsikringsdækningen, som ikke er ens selskaberne imellem. Det eneste der er helt ens med hensyn til forsikringsdækningen er et fra Trafikstyrelsen stillet krav i forbindelse med udstedelse af operatørlicens om fuld ansvarsdækning for personskade og skader på "tredjemand" (dvs. parter uden for banebranchen). Der findes ikke generelle statslige krav om kaskodækning, hvilket dog ofte forekommer i varierende grad med større eller mindre selvforsikring.

På baggrund af ovenstående og en efterfølgende diskussion med følgegruppen, er det besluttet, at materielskader i forbindelse med baneuheld indtil videre ikke opgøres eksplicit, men fortsat indgår - i hvert fald delvist - i driftsomkostningerne for bane.

På længere sigt anbefales det, at materielskadeomkostninger medregnes som en del af uheldsomkostningen, så man kan vurdere den samfundsøkonomiske værdi af tiltag, der har til hensigt at ændre antal uheld, korrekt.

Fordeling på velfærd, budget, og afgifter samt fremskrivning med BNP

Fordelingen på velfærd, budget, og afgifter samt anbefaling af andel, der fremskrives med BNP, når prisen skal fremskrives til andre prisniveauer er beregnet på baggrund af samtlige dræbte og svært tilskadekomne i perioden 1999-2008.

5.5 Resultater for uheld

Nedenfor præsenteres resultaterne af de opdaterede enhedspriser for uheld.

Enhedsværdier for uheldsomkostninger på vej

På baggrund af opdateringerne ovenfor er der beregnet et nyt sæt af enhedsværdier for uheld på vej. Enhedsværdierne fremgår af tabellerne nedenfor.

Tabel 5.6 Personrelaterede uheldsomkostninger, 2009-priser

kr. per i markedspriser	Dræbt	Alvorligt tilskadekommen	Lettere tilskadekommen
Personrelaterede omk.	1.595.395	922.245	289.379
Velfærdstab ("VSL")	15.702.556	2.041.332	157.026
Samlede omkostninger	17.297.952	2.963.577	446.405

Tabel 5.7 Personrelaterede uheldsomkostninger, fordeling på BNP og velfærd/budget/afgifter, andele af samlede omkostninger i 2009

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP-fremskrivning	73,6%	24,8%	1,6%	100,0%
Ej BNP-fremskrivning	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
I alt	73,6%	24,8%	1,6%	100,0%

Tabel 5.8 Enhedspriser for trafikuheld på vej, 2009-priser

Kr. per i markedspriser	Rapporteret trafikuheld	Rapporteret uheld med personskade	Rapporteret personskade
Personrelaterede omk.	300.084	803.868	632.336
Materielskadeomkostninger	650.994	1.743.888	1.371.772
Velfærdstab/VSL	836.467	2.240.733	1.762.599
Samlede omkostninger	1.787.545	4.788.488	3.766.708

Tabel 5.9 Enhedspriser for trafikuheld på vej, fordeling på BNP og velfærd/budget/afgifter, andele af samlede omkostninger i 2009

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP-fremskrivning	46,8%	15,8%	1,0%	63,6%
Ej BNP-fremskrivning	0,0%	27,7%	8,7%	36,4%
I alt	46,8%	43,5%	9,7%	100,0%

De personrelaterede omkostninger og enhedspriser er steget markant målt i forhold til de eksisterende værdier. Omkostningen for dræbte er steget med ca. 40%, mens omkostningen for alvorligt tilskadekomne er steget med ca. 130%, mens omkostningen for lettere tilskadekomne kun er steget med 30%. De samlede nettostigninger er en konsekvens af en række ændringer. Den væsentligste årsag er metodeskiftet, hvor velfærdstabet (og bruttoproduktionstabet) er ud-

skiftet med værdien af et statistisk liv (og nettoproduktionstabet) for dræbte og den ny metode til beregning af velfærdstab for alvorligt og lettere tilskadekomne. Der er desuden sket mindre ændringer pga. opdateringer af omkostningselementer, som har udviklet sig anderledes af den generelle prisudvikling og BNP.

Omkostningerne til materielskade er ligeledes steget (ca. 21%). Årsagen til dette er primært at afgifter nu er beregnet direkte på baggrund af faktiske afgifter og moms mod tidligere, hvor faktorprisen blot var justeret med nettoafgiftsfaktoren.

Samlet set betyder stigningerne, at den centrale enhedsværdi per rapporteret uheld er steget 37% i forhold til den eksisterende værdi.

Uheld på bane

På baggrund af beregningerne ovenfor er der beregnet et yt sæt af enhedsværdier for uheld på bane. Enhedsværdierne fremgår af tabellerne nedenfor.

Tablet 5.10 *Enhedspriser for uheld på bane, 2009-priser*

kr. per	Mio. togkilometer	Overkørsel pr. år
Omkostning ved dræbte	2,90	31.301
Omkostning ved svært tilskadekomne	0,38	4.750
Samlede omkostninger	3,28	36.051

Tablet 5.11 *Enhedspriser for uheld på BANE, fordeling på BNP og velfærd/budget/afgifter, andele af samlede omkostninger i 2009*

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP-fremskrivning	88,2%	11,5%	0,3%	100,0%
Ej BNP-fremskrivning	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
I alt	88,2%	11,5%	0,3%	100,0%

Km-værdier

Tabellen nedenfor præsenterer de opdaterede marginale eksterne omkostninger for uheld.

Tabel 5.12 *Marginale eksterne omkostninger for uheld på vej og bane, gennemsnit, 2009-priser*

kr per km	Lav	Middel	Høj
Personbil	0,16	0,21	0,27
Varebil	0,10	0,16	0,26
Lastbil	0,27	1,22	1,61
Bus	0,35	0,46	0,58
Passagertog	1,21	2,24	4,14
Godstog	0,52	2,59	6,64

De detaljerede km-værdier for vej opdelt på sted og vejtype ses i nedenstående tabel.

Tabel 5.13 *Marginale eksterne omkostninger for uheld på vej, by og land samt motorveje, 2009-priser*

kr per km	By			Land			Motorveje		
	Lav	Middel	Høj	Lav	Middel	Høj	Lav	Middel	Høj
Personbil	0,23	0,30	0,40	0,10	0,14	0,19	0,08	0,11	0,16
Varebil	0,15	0,24	0,38	0,07	0,12	0,19	0,05	0,09	0,16
Lastbil	0,35	2,07	2,81	0,26	1,12	1,47	0,17	0,52	0,81
Bus	0,42	0,56	0,76	0,26	0,31	0,35	0,17	0,20	0,22

For de marginale eksterne omkostninger på vej anvendes den samme fordeling på velfærd, budget, og afgifter som for Enhedspriser for trafikuheld på vej, jf. Tabel 5.9.

For de marginale eksterne omkostninger på vej anvendes den samme fordeling på velfærd, budget, og afgifter som for enhedspriser for trafikuheld på bane, jf. Tabel 5.11.

6 Øvrige eksternaliteter

I dette kapitel præsenteres de opdaterede eksterne omkostninger for trængsel og infrastrukturslid. Hvert af afsnittene for disse eksternaliteter indledes med en beskrivelse af baggrunden og forudsætningerne for opgørelsen. Dernæst beskrives metoden og tilgangen for den gennemførte opdatering. Til slut vises de beregnede eksterne omkostninger. Desuden sammenlignes med de tidligere værdier og der gives en begrundelse for de væsentligste forskelle i resultaterne.

Det bør bemærkes, at opdateringen af disse priser i forbindelse med dette projekt har haft en lav prioritet. Der har været fokuseret på at undersøge grundlaget for enkle opdateringer af de anvendte data der ligger til grund for de nuværende eksterne omkostninger.

6.1 Trængsel

Nedenfor præsenteres de opdaterede enhedspriser for trængsel.

Baggrund og forudsætninger

De eksterne omkostninger ved trængsel er udtrykt som de marginale eksterne omkostninger ved en ekstra køretøjskilometer. Den marginale trængselsomkostning skal ideelt set udtrykke de omkostninger, som påføres andre trafikanter i form af forsinkelse, når en trafikant kører en ekstra km¹⁸. Derimod medtages trafikantens egne omkostninger ikke. De marginale omkostninger omfatter i denne forbindelse længere rejsetider, samt større variation i rejsetiden på selve strækningen. Forsinkelsen måles som den ekstra rejsetid i forhold til "free-flow", dvs. en situation uden påvirkning/modstand fra andre trafikanter på rejsetiden.

De marginale eksterne omkostninger ved trængsel er i dag baseret på værdier, som blev fastlagt i forbindelse med External Costs of Transport projektet, som igen hovedsageligt baserede sig på analyserne og resultaterne fra Projekt Trængsel.

De marginale eksterne omkostninger ved trængsel består af km-værdier for biler, varebiler, lastbiler og busser differentieret i forhold til by/land samt trafikbelastning (spidsbelastninger og mindre belastede perioder).

¹⁸ Projekt Trængsels definition på trængsel: "Trængsel er et udtryk for de gener, som trafikanterne påfører hinanden i form af nedsat bevægelsesfrihed, når de færdes i trafiksystemet".

Metode og tilgang

Opdateringen af de marginale eksterne omkostninger for trængsel har bestået af en simpel opdatering af de eksisterende værdier.

Som led i projektet har det været overvejet at supplere de eksisterende data med nye data om trængselsomkostningerne, som netop er frembragt i forbindelse med Transportministeriets arbejde med kørselsafgifter under projektet "*Grøn omlægning af bilbeskatningen*". I samråd med følgegruppen er det imidlertid besluttet at usikkerheden for disse estimater er så stor, at de ikke vurderes at ville kunne bidrage til at frembringe mere robuste estimater.

Følgegruppen har yderligere vurderet at en evt. grundigere opdatering af de eksterne trængselsomkostninger bør afvente nye studier. Det forventes således at der vil blive gennemført studier, hvor GPS data anvendes til beregning af forsinkelsen og resultatet af disse studier forventes at kunne øge præcisionen i estimaterne betydeligt.

I External Costs of Transport projektet blev de marginale eksterne omkostninger fastlagt på baggrund af en vurdering af de opgjorte marginale eksterne omkostninger baseret på forskellige kilder med Projekt Trængsel som hovedkilden. Der blev lavet en sammenfattende vurdering som forsøgte at tage hensyn til, at den eksterne omkostning ved trængsel er meget afhængig af tid, sted og trafikmængde. Der blev der også anvendt en pragmatisk og simpel kategorisering i 'spids' belastning og 'mindre' belastning differentieret i forhold til by og land.

Udover differentieringen på by og land blev der i External Costs of Transport projektet angivet omkostninger for motorvej og landeveje. Der har været udtrykt ønske om at de Transportøkonomiske Enhedspriser inkluderer denne differentiering, hvorfor sættet af marginale eksterne omkostninger for trængsel ved denne opdatering er udvidet til at omfatte disse værdier.

External Costs of Transport

Grundlaget for at fastlægge de eksterne omkostninger var estimater fra internationale studier samt Projekt Trængsel. I forbindelse med Projekt Trængsel blev der fastlagt en metode til beregning af de marginale trængselsomkostninger som både inkluderet forsinkelse samt effekter i form af større variation i rejsetiden. Begge effekter blev medtaget til værdisætning af trængsel. Beregningerne blev kun gennemført for udvalgte delstrækninger på motorvejene samt på de to delstrækninger på Kommuneveje i Københavns Kommune.

Baseret på internationale studier er der fastlagt faktorer for varebiler, busser og lastbiler som kan anvendes til at fastsætte km-værdier i forhold til km-værdier for biler. Faktorerne er:

- Varebiler: 1,5
- Busser: 2,0
- Lastbiler: 2,5

Disse faktorer anvendes ved variationen i forhold til køretøjer.

Baseret på en meta-analyse af værdierne fra studierne INFRAS/IWW og RECORDIT samt Projekt Trængsel er der fastsat værdier for biler differentieret i forhold til by/land samt i forhold til motorvej/landevej.

Projekt Trængsel fandt værdier på 2-4 kr. pr. køretøjskm for personbiler i Købehavn (Vesterbrogade), mens de internationale studier angiver værdier mellem 1,3 og 24,5 kr. km for større byer i perioder med spidsbelastning. På denne baggrund blev der fastlagt gennemsnitsværdier for byer på 1 kr/km i spidsbelastning (lav på 0,2 kr/km og høj på 2,0 kr/km), mens værdien uden for spidsbelastning blev fastlagt til 0 (lav på 0 kr/km og høj på 0,25 kr/km).

På tilsvarende vis blev der fastlagt skønnede værdier for motorveje og landeveje og disse blev ud fra en sammenvægtning af fordelingen af trafikarbejdet anvendt til at beregne værdi for "land" som gennemsnit.

Værdierne baserede sig på en værdi fundet for Motorring 3 i Projekt Trængsel på 1,75 kr/km ved spidsbelastning og værdier fra de internationale studier på mellem 0,2 og 15,4 kr/km. Samtidig blev det vurderet at landeveje ikke er forbundet med trængselsproblemer - heller ikke ved spidsbelastningsperioder.

Tabellen nedenfor sammenfatter de skønnede centrale, lave og høje værdier for personbiler for by og land i spidsbelastning fra External Costs of Transport projektet.

Table 6.1 Lave, centrale og høje estimater for trængselsomkostningerne for personbiler i by og land (DKK pr. køretøjskm) fra External Costs of Transport projektet, 1998-priser

	Lav	Central	Høj
<u>Spidsbelastning</u>			
- By	0,20	1,00	2,00
- Land	0,14	0,57	1,37
- Motorveje	0,20	0,75	1,75
- Landeveje	0,00	0,10	0,40
<u>Mindre belastning</u>			
- By	0,00	0,00	0,25
- Land	0,00	0,00	0,15
- Motorveje	0,00	0,00	0,25
- Landeveje	0,00	0,00	0,00

På baggrund af ovenstående tabel samt informationen om faktorer for øvrige køretøjer blev der fastlagt en samlet tabel med de eksterne omkostninger. På baggrund af fordelingen af trafikarbejdet blev der desuden beregnet og præsenteret gennemsnitlige værdier for alle veje.

Opdaterede værdier

Som beskrevet ovenfor har opdateringen af de eksterne trængselsomkostninger alene bestået af en simpel fremskrivning af de eksisterende værdier.

Trængselsomkostningerne fra External Costs of Transport projektet var oprindeligt angivet i 1998 priser. For at opregne 1998 priser til 2009 priser skal de korrigeres med den generelle prisudvikling samt udviklingen i BNP pr. capita. Dette kan beregnes til at stigning på 46%.

Tabel 6.2 Opdaterede estimater for lave, centrale og høje estimater for trængselsomkostningerne for personbiler i by og land (DKK pr. køretøjskm), 2009-priser

	Lav	Central	Høj
<u>Spidsbelastning</u>			
- By	0,29	1,46	2,93
- Land	0,21	0,83	2,00
- Motorveje	0,29	1,10	2,56
- Landeveje	0,00	0,15	0,59
<u>Mindre belastning</u>			
- By	0,00	0,00	0,37
- Land	0,00	0,00	0,23
- Motorveje	0,00	0,00	0,37
- Landeveje	0,00	0,00	0,00

Metoden for beregning af trængselsomkostningerne for de øvrige køretøjer er fastholdt (faktorer ift. personbiler). Det samme gælder fordelingen af trafikarbejdet. Alle de marginale eksterne enhedspriser kan nu beregnes på baggrund af tabellen ovenfor og disse forudsætninger.

Resultater for trængsel

Tabellen nedenfor præsenterer de opdaterede marginale eksterne omkostninger for trængsel. De estimerede km-værdier er forbundet med betydelig usikkerhed, jf. metodeafsnittet ovenfor, hvilket afspejles i intervallerne mellem de lave og høje værdier.

Tabel 6.3 Marginale eksterne trængselsomkostninger, by/land og gennemsnit, 2009-priser

kr per km		Gennemsnit			By			Land		
		Lav	Mid- del	Høj	Lav	Mid- del	Høj	Lav	Mid- del	Høj
Personbil	Gennemsnit	0,08	0,33	0,93	0,07	0,37	1,01	0,08	0,30	0,88
	Spidsbelastning	0,24	1,09	2,38	0,29	1,46	2,93	0,21	0,83	2,00
	Mindre belastning	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,23
Varebil	Gennemsnit	0,10	0,46	1,30	0,11	0,55	1,51	0,10	0,41	1,19
	Spidsbelastning	0,34	1,53	3,38	0,44	2,20	4,39	0,29	1,16	2,83
	Mindre belastning	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,30
Lastbil	Gennemsnit	0,13	0,56	1,65	0,18	0,92	2,52	0,12	0,52	1,55
	Spidsbelastning	0,40	1,76	4,24	0,73	3,66	7,32	0,36	1,52	3,87
	Mindre belastning	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,35
Bus	Gennemsnit	0,13	0,61	1,73	0,15	0,73	2,01	0,11	0,46	1,35
	Spidsbelastning	0,47	2,24	4,76	0,59	2,93	5,86	0,32	1,32	3,30
	Mindre belastning	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,31

Tabel 6.4 *Marginale eksterne trængselsomkostninger, motorveje og landeveje, 2009-priser*

kr per km		Motorveje			Landeveje		
		Lav	Middel	Høj	Lav	Middel	Høj
Personbil	Gennemsnit	0,12	0,44	1,25	0,00	0,04	0,18
	Spidsbelastning	0,29	1,10	2,56	0,00	0,15	0,59
	Mindre belastning	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00
Varebil	Gennemsnit	0,18	0,66	1,87	0,00	0,07	0,26
	Spidsbelastning	0,44	1,65	3,84	0,00	0,22	0,88
	Mindre belastning	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00
Lastbil	Gennemsnit	0,29	1,10	3,11	0,00	0,11	0,44
	Spidsbelastning	0,73	2,75	6,41	0,00	0,37	1,46
	Mindre belastning	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00
Bus	Gennemsnit	0,23	0,88	2,49	0,00	0,09	0,35
	Spidsbelastning	0,59	2,20	5,13	0,00	0,29	1,17
	Mindre belastning	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00

Tabel 6.5 nedenfor viser fordelingen af omkostningerne på hhv. velfærd, budget og afgifter.

Tabel 6.5 *Fordeling af omkostninger på velfærd, budget og afgifter*

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP	100%	0%	0%	100%
Ej BNP	0%	0%	0%	0%
I alt	100%	0%	0%	100%

Som det fremgår af tabellen vurderes trængselsomkostningerne at være et resultat af mistet tid som kategoriseres som velfærd og i øvrigt udvikler sig i takt med BNP.

6.2 Infrastrukturslid

Baggrund og forudsætninger

De eksterne omkostninger ved infrastrukturslid fra vejtransport er i dag opgjort som marginale eksterne omkostninger som følge af slid på vejens belægning. Øvrige omkostninger til vejvedligehold er vurderet at være uafhængige af trafikarbejdet.

Omkostningerne består af de samlede omkostninger til belægningsarbejde for stat, amt og kommune. De samlede omkostninger er herefter fordelt på transportmidler ud fra fordelingsnøgler for transportmidlernes belastning og trafikarbejde¹⁹. På denne måde fremkommer "gennemsnitlige" marginale eksterne omkostninger for vejslid.

Efterfølgende fordeles omkostningerne på vejtyperne motorvej og "andre veje". Dette sker på basis af en vurdering af at eksterne vejslidsomkostninger på motorveje er ca. det halve af de gennemsnitlige omkostninger (kilden hertil er RECORDIT). Omkostningerne på "andre veje" beregnes herefter ud fra fordelingen af trafikarbejdet for de forskellige køretøjstyper i Danmark.

De eksterne omkostninger for infrastrukturslid fra jernbanetransport er i dag opgjort på basis af værdier fra andre lande. Det er i dette projekt valgt at lægge infrastrukturslid fra jernbanetransport ind under driftsomkostningerne, fordi infrastrukturslid er internaliseret. Derfor behandles infrastrukturslid fra jernbane ikke yderligere i denne rapport.

Metode og tilgang

For vejtransport er det valgt at gennemføre en simpel opdatering af de eksisterende værdier.

Det betyder, at de eksisterende værdier er fremskrevet til dagens prisniveau med udviklingen i prisen for asfaltarbejde.

Tabel 6.6 *Indeks for asfaltarbejde*

	Værdi
Indeks 2000K1	124
Indeks 2009K4	171
Vækst	27%

Kilde: www.dst.dk/Statistik/nogleletal/seneste/bygogbolig/omkost_anlaeg.aspx

Fordelingen af værdierne på velfærd, budget, og afgifter samt anbefaling af andel, der fremskrives med BNP, når prisen skal fremskrives til andre prisniveauer, er opgjort på basis af sammensætningen i grunddata. Det er antaget, at belægningsarbejdet primært er løntungt og derfor skal BNP-fremskrives.

Resultater for infrastrukturslid

Tabellen nedenfor præsenterer de opdaterede marginale eksterne omkostninger for vejslid.

¹⁹ For de mere uddybende beskrivelse refereres til Transportministeriet (2004): *External Costs of Transport. 2nd Report. Marginal external cost matrices for Denmark*"

Tabel 6.7 Marginale eksterne omkostninger for infrastrukturslid på vej, motorveje og andre veje, 2009-priser

kr per km	Gennemsnit			Motorvej			Andre veje		
	Lav	Middel	Høj	Lav	Middel	Høj	Lav	Middel	Høj
Personbil	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03
Varebil	0,00	0,02	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,04
Lastbil	0,25	0,99	1,48	0,12	0,49	0,74	0,32	1,28	1,92
Bus	0,14	0,54	0,81	0,07	0,27	0,41	0,15	0,61	0,91

Nedenstående tabel viser opdelingen af de marginale eksterne omkostninger for vejsslid på velfærd, budget og afgifter samt på BNP- og ikke BNP-afhængige omkostninger.

Tabel 6.8 Marginale eksterne omkostninger for vejssid, fordeling på BNP og velfærd/budget/afgifter, andele af samlede omkostninger i 2009

	Velfærd	Budget	Afgifter	I alt
BNP-fremskrivning	0,0%	85,5%	14,5%	100,0%
Ej BNP-fremskrivning	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
I alt	0,0%	85,5%	14,5%	100,0%

7 Fremtidige opdateringer af de eksterne omkostninger

I forbindelse med arbejdet med opdatering af enhedspriserne for de afledte effekter er der identificeret en række muligheder for forbedring af det metodiske samt det data- og beregningsmæssige grundlag for beregningerne. Nedenfor gives en kort beskrivelse af de identificerede områder opdelt i forhold til de forskellige komponenter.

Luftforurening og klima

For luftforurening foreligger der nu et solidt grundlag for de eksterne omkostninger, specielt for så vidt angår emissionsfaktorer, eksponeringsfaktorer og værdisætning. I et videre arbejde vil det være nyttigt at opdatere beregningsgrundlaget i forhold til viden om dosis-responsammenhænge.

Således bør man undersøge forholdet vedrørende skadelighed af nitrater i forhold til skadeligheden som følge af sulfater og partikler. Forskellige kilder anvender forskellige antagelser og det vil være nyttigt at undersøge problemstillingen mere grundlæggende.

Ligeledes er der i regi af dette projekt blevet justeret i grundlaget for opgørelse af effekten af en række sundhedseffekter (jf. Tabel 6). Det drejer sig om dosis-responsfunktionerne for begrænset aktivitetsdage (RAD), kronisk bronkitis, hoste fra astmatikerbørn og symptomdage.

I TRIP-projektet, COWI (2005) blev dosis-responsfunktionerne for begrænset aktivitetsdage (RAD), kronisk bronkitis og hoste fra astmatikerbørn nedskaleret som følge af en formodning om anderledes (lavere) effekt i Europa i forhold til USA, som funktionerne stammede fra. Der er stillet spørgsmålstejn ved, om denne nedskalering kan begrundes fagligt. Dette er bl.a. gjort i CAFE-projektet²⁰ for RAD og af Andersen m.fl. samt senest DMU for alle tre sundhedseffekter²¹. Desuden har DMU ikke symptomdage som følge af ozoneksponering med som sygdomseffekt og CAFE inkluderer det kun i det høje skøn. Som det fremgår, er der således ikke konsistens mellem hvordan disse effekter opgøres. Det er valgt ud fra et "dansk" konsistenshensyn at anvende samme tilgang som DMU.

²⁰ AEA Technology (2005)

²¹ Andersen, Mikael Skou m.fl. (2008)

Det skal påpeges, at der inden for rammerne af opdateringen af de eksterne omkostninger for luftforurening i dette projekt ikke har været mulighed for at gå i dybden med denne problemstilling. Derfor kan det anbefales, at der i en senere opdatering gås mere i dybden med denne problemstilling.

Ny sammenhæng mellem støj og gene

Støj

Som beskrevet i afsnit 4.3 anvendes der i dag en funktionel sammenhæng mellem støj og gene (SBT-kurven) som muligvis ikke afspejler befolkningen præferencer særlig præcist set ud fra et økonomisk synspunkt. SBT sammenhængen er meget nyttig i planlægnings- og analysearbejde, da den muliggør sammenvægtning af forskellige støjreduktioner og kan bruges til at udlede den samlede gevinst ved reduktion i forskellige støjniveauer. Der synes imidlertid at være behov for en opdatering af sammenhængen.

En opdatering af sammenhængen mellem støj og gene skal ikke kun ses i en snæver økonomisk sammenhæng, idet sammenhængen har mere vidtrækkende konsekvenser. Den anvendte sammenhæng har således i almindelighed stor indflydelse på hvordan man prioriterer støjbekæmpelse - uafhængig af om dette sker med basis i økonomiske vurderinger eller ej. En bred forankring er derfor nødvendig.

Supplerende CV/HP undersøgelser

Antallet af betalingsvillighedsundersøgelser af vejstøj i Danmark fortsat begrænset. Der er derfor behov for flere undersøgelser af betalingsvilligheden for vejstøj. Der synes særligt at være behov for såvel hedoniske undersøgelser som CV undersøgelser for hhv. huse og folk i provinsen, da disse ikke er repræsenteret i hidtidige studier på området.

De eksisterede analyser fokuserer udelukkende på vejstøj. I dag benytter man på baneområdet enhedsprisen for vejstøj, idet man ved SBT beregningen korrigerer det målte støjniveau i dB(A) med -5 dB(A) for at afspejle at folk i mindre grad udtrykker at de føler sig generet af banestøj sammenligning med vejstøj med samme støjniveau. Det er basis for supplerende undersøgelser som forsøger at værdisætte støj fra banen direkte eller subsidiært at der gennemføres en undersøgelse af hvorvidt enhedsprisen for vejstøj som en rimelig approksimation kan anvendes ved banestøj.

Opgørelse af tabte leveår

Som beskrevet i afsnit 4 er der anvendt en række antagelser om tabte leveår for i beregningen af værdien af dødsfald fra vejstøj. Dette vil kunne forbedres, hvis det er muligt at tilvejebringe et mere detaljeret grundlag om tabte leveår for de sygdomme som fører dødsfald som konsekvens af vejstøj.

Forbedret metode for km-værdier

Uheld

Som beskrevet i afsnit 5 er der fortsat ikke etableret et klart og konsistent link mellem den samfundsøkonomiske enhedspris for uheld (enhedsværdien) og de marginale eksterne uheldsomkostninger (km-værdierne). Der er basis for at forbedre grundlaget for de marginale eksterne uheldsomkostninger ved at gennemføre et detaljeret studie af de marginale uheldsrisici for de forskellige transportformer, køretøjer og infrastruktur-typer.

Uheld giver anledning til samfundsøkonomiske omkostninger som er både interne og eksterne. De marginale eksterne uheldsomkostninger pr. km for hver transportmiddel afhænger af den *marginale uheldsrisiko*, *værdien af uheld* og det *eksterne* element af disse omkostninger.

Når to transportmidler støder sammen er ulykken ekstern for den ene og intern for den anden. Dette bestemmer hvornår velfærdstab (og en del af materiel-skadeomkostningen) er internaliseret. Der er to metoder man kan vælge til dette:

- I køretøjet hvor *ofret* sidder, er omkostningen intern, mens den er ekstern for modparten.
- Ud fra hvem der bærer *ansvaret* ved ulykken.

Når der er tale om en solo-ulykke må velfærdstab være internaliseret.

En del af uheldsomkostningerne er som beskrevet altid eksterne. Disse bør kun medregnes én gang. Dette kan ligeledes gøres ud fra to forskellige tilgange:

- Fordelt ligeligt på de parter som har været involveret i ulykken.
- Tildelt den part som ligeledes fik tildelt den eksterne velfærdsomkostning (modpart eller ansvar).

Når de eksterne uheldsomkostninger er opgjort på køretøjskategorier kan de gennemsnitlige eksterne uheldsomkostninger opgøres ved at dividere med trafikarbejdet i de forskellige kategorier. For at få de marginale omkostninger pr. km er der imidlertid brug for yderligere overvejelser omkring den uhelds-elasticiteter, dvs. hvor meget stiger antallet af uheld i % når antal km stiger 1%. Stiger den mere end 1%? Eller mindre end 1%? Eller er den evt. konstant 1% (lig med gennemsnitlige omkostninger?)

Der er en række andre udfordringer:

- Ulykker med flere involverede.
- Fastlæggelse af uheldselasticiteter - i visse tilfælde kan man ligefrem forestille sig at antallet af uheld falder med antallet af kørte km (for en given vej på et givent tidspunkt). Dog næppe som gennemsnit for en dimension.

Der er nærmere redegjort for metoden i External Costs of Transport projektet. Metoden er både teoretisk kompleks og kræver store datamængder.

Potentiel dobbeltregning af trafikanten egen risiko (interne omkostninger)

Som beskrevet i afsnit 2.2 eksisterer der en interessant problemstilling i forhold til brugen af den samfundsøkonomiske beregningspris for uheld i eksempelvis samfundsøkonomiske vurderinger af infrastrukturprojekter. Der sker sandsynligvis en form for dobbeltregning idet man (normalt) ikke korrigerer for at trafikanten allerede har indregnet sin egen øgede risiko for at blive slået ihjel i trafikken (fordi han kører flere kilometer). Denne må formodes at være en del af

trafikanterens *generaliserede rejseomkostning*. Ved en konstant uheldsrisiko vil en ændring i kørte kilometer ikke medføre ændrede *interne* uheldsomkostninger for eksisterende trafikanter men alene ændrede *eksterne* uheldsomkostninger. Dette problem vurderes at være særlig stort for cyklister, hvor egen-*risikoen* er høj fordi det ofte er cyklister som kommer til skade. Konkret betyder dette at det i et projekt som medfører at der køres flere km på cykel (og dermed også flere uheld) vil være problematisk blot at gange ændringen i antal uheld med den samfundsøkonomiske pris på uheld. Med denne tilgang vil de interne omkostninger (værdien af et statistisk liv i form af risikoen for at blive slået ihjel) blive medregnet, hvilket vil medføre en markant overvurdering af de samfundsøkonomiske omkostninger. Der er således et potentiale for forbedring ved at belyse denne problemstilling yderligere og evt. tilvejebringe metodiske anbefalinger og revidere (eller supplere) enhedspriser på området.

Øvrige - trængsel og infrastrukturslid

Enhedsprisen for trængsel er i dette projekt alene opdateret med en simpel fremskrivning af de eksisterende priser. Som en konsekvens heraf er de opdaterede estimater fortsat behæftet med betydelig usikkerhed. Det er således fortsat et potentiale for at øge præcisionen betydeligt ved at basere estimaterne på et bedre grundlag.

En oplagt mulighed er at anvende GPS registreringer til at forsøge at udlede mere præcise funktioner for sammenhængen mellem trafikniveau og rejsetid differentieret i forhold til tid og geografi. Datagrundlaget synes at være tilstede via Vejdirektoratet.

8 Litteraturliste

Andersen, Mikael Skou m.fl. (2008): A Non-Linear Eulerian approach for assessment of health-cost externalities of air pollution.

AEA Technology, 2005: Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE. Volume 2: Health Impact Assessment.

Baggrundspapir om værdisætning eksternaliteter, COWI for Finansministeriet. marts 2007.

Bjørner, Thomas Bue, Jacob Kronbak, Thomas Lundhede, 2003: Valuation of Noise Reduction - Comparing results from hedonic pricing and contingent valuation, SØM nr. 51, 2003.

COWI et al, 2004: Projekt Trængsel, 2004.

COWI (2005) for The Danish Environmental Research Programme 2000-2003 (TRIP): Valuation of External Costs of Transport. October 2005.

COWI for Transportministeriet, 2004: External Costs of Transport. 2nd Report. Marginal external cost matrices for Denmark.

DTU Transport, 2009: Forudsætninger for beregningerne af effekterne for bilpark og trafik, notat, 2009.

Finansministeriet (1999): Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger.

HEATCO, 2002-2006 - <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>

Mogens Fosgerau og Thomas Bue Bjørner, 2004: *Joint models for noise annoyance and WTP for road noise reduction*, research paper, 2004.

Miljøstyrelsen, 2007: *Støj fra veje*, Vejledning nr. 4, 2007.

Miljøstyrelsen, 2003a: *Hvad koster støj?*, miljøprojekt nr. 795, 2003.

Miljøstyrelsen, 2003b: *Forslag til strategi for begrænsning af vejtrafikstøj*, Vejstøjgruppen, 2003.

Miljøstyrelsen, 2003c: *Strategi for begrænsning af vejtrafikstøj - Delrapport 2, støj, gener og sundhed*, COWI, AMI og Muusmann, 2003.

Transportministeriet, 2004: *Opdatering af enhedspris for støj - Transportens eksterne omkostninger*, 2004.

Transportministeriet, 1997: *CO2-reduktioner i Transportsektoren*, COWI for Transportministeriet.

Transportøkonomiske Enhedspriser til brug for samfundsøkonomiske analyser, regneark version 1.2, august 2009.

Transportøkonomiske Enhedspriser til brug for samfundsøkonomiske analyser, dokumentationsrapport, 2008.

Trafikøkonomiske Enhedspriser, regneark, opdatering til 2003-priser (samt tilhørende dokumentationsrapporter af den oprindelige metode og efterfølgende opdateringer)

Uheldsomkostninger, regneark, seneste opdatering til 2003-priser (samt tilhørende dokumentationsrapporter af den oprindelige metode og efterfølgende opdateringer)

Bilag: Eksponeringsfaktorer for vejtrafikken

Model-grundlaget

Atmosfæren har både fysiske og kemiske egenskaber som påvirker emissionerne samt deres transport og omdannelse. Transporten af emissionerne påvirkes både af meteorologien og af Coriolis-effekten. Meteorologien handler om temperatur, nedbør og vindforhold, der påvirker røgfanens retning og depositionen. Coriolis-effekten opstår som følge af jordens rotation om sin egen akse og medfører den såkaldte Ekman-spiral, som sædvanligvis forårsager en kurvelineær spredningseffekt. Endvidere sker der en kemisk omdannelse, når emissionerne går i reaktion med andre stoffer som er til stede i atmosfæren. På denne måde omdannes det primært emitterede SO_2 og NO_2 til bl.a. SO_4 og NO_x , ligesom der sker en reaktion med den ozon der stammer fra udledninger i udlandet og som transporteres ind over Danmark med vinden. Der er tale om komplekse relationer mellem de nævnte emissioner og ændringerne i luftens koncentrationer af både primære og sekundære forureningskomponenter. De er især komplekse, hvor baggrundskemien spiller ind - hvilket er tilfældet for både SO_4 og NO_x . Komplexiteten er mindre for udledningen af primære partikler, $\text{PM}_{2.5}$, samt for SO_2 , hvor koncentrationsbidraget ændres mere lineært i forhold til emissionen.

De komplekse atmosfæriske forhold kan beskrives og modelleres i regionalskalamodeller som Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM)²². DEHM er en model som er baseret på time-for-time-beregninger af ændringerne i luftkvaliteten i et lagdelt gitternet baseret på et datasæt fra EMEP, det Europæiske samarbejde om overvågning af langtransporteret luftforurening. DEHM modellerer både de fysiske og kemiske forhold i atmosfæren og kan gøre rede for godt 60 forskellige kemiske stoffer. DEHM er valideret på danske forhold gennem mere end 10 år. Med anvendelse af DEHM, kan man ud fra detaljerede beregninger over time-for-time-variationerne, nå frem til årsmiddelværdier for de ændringer i luftkvaliteten som kan henføres til ændringer i udledningen fra de enkelte forureningskilder. DEHM beregner luftkvalitetsændringerne i et såkaldt gitternet, hvor hver celle er 16,6 x 16,6 km i udstrækning. Med dette redskab er det muligt, støttet på GIS-fordelte populationsdata, at opgøre ændringer i eksponeringen af den befolkning som befinder sig i det relevante område.

I nærområdet for en udledning vil eksponeringen ofte afhænge kritisk af meteorologien, og af hvordan luftens baggrundskemi påvirker hastigheden for dannelsen af sekundære forureningskomponenter. En udledning kan fx være blevet placeret med forventning om, at røgfanen statistisk set vil trække ud over havet eller ubeboede områder i nærområdet. Her kan resultaterne fra DEHM forbedres ved at supplere beregningerne med modellering på en model i lokalskala, fx en traditionel skorstensmodel som OML, som er relativt robust med hensyn til source-receptor-relationerne for $\text{PM}_{2.5}$ og SO_2 . OML giver mere detaljerede resultater for den lokale skala, fx indenfor 50 x 50 km, og med en opløsning i gitternettet på 1 x 1 km.

²² <http://www.dmu.dk/Luft/Luftforurenings-modeller/>

EVA står for *Economic Valuation of Air Pollution*. EVA er et modelsystem, udviklet ved DMU-AU, som kan foretage en integreret opgørelse af de eksterne omkostninger ved luftforureningen baseret på den atmosfæriske modellering i DEHM og suppleret med OML (eller UBM for trafikklider, jf. nedenfor)²³.

Det sker efter *impact pathway*-metoden, som er udviklet under EU-forskningsprojektet ExternE. Denne metode består principielt set af fire led:

- atmosfærisk modellering af årsmiddelværdier for koncentrations-bidragene fra emissioner,
- opgørelse af eksponering ud fra GIS-data over befolkningens placering; dette baseret på CPR-data med tilhørende aldersfordeling,
- opgørelse af sundhedseffekter; dette baseret på dosis-respons-sammenhænge for eksponering og tilhørende statistiske forventninger til frekvensen for morbiditet og mortalitet,
- monetær værdisætning, dette baseret på enhedsværdier for de enkelte sundhedseffektslutpunkter (eksempelvis pr. mistet leveår, pr. sygedag osv.).

EVA kan med denne kobling af modeller, data og værdisætning generere estimater for de samlede eksterne omkostninger som er knyttet til de modellerede udledninger. For en given kilde kan endvidere genereres et estimat pr. vægtenhed som udledes, ofte pr. ton. Disse monetære værdier repræsenterer *den marginale eksterne omkostning*²⁴ ved udledningen.

Anvendelsen af en regional atmosfærisk model som DEHM, der er baseret på Eulerske model-principper, repræsenterer - på grund af ikke-lineariteten - en forbedring af *impact pathway*-metoden, set i forhold til state-of-the-art i både ExternE og i den tilsvarende RAINS-GAINS model som er udviklet ved IIASA.

Under forskningscentret Centre for Energy, Environment and Health (CEEH) - som blev oprettet i 2007 med en bevilling fra Det Strategiske Forskningsråd - er der gennemført nye beregninger med EVA. Beregningerne blev fremlagt på konferencen "Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions" 10.-12. marts 2009 i København (jf. Brandt et. al., 2009).

Vejtrafikken

Ved luftforureningskilder i vejtrafikken ledes emissionerne ikke så hurtigt bort fra de eksponerede personer som ved punktkilder med afkast i stor højde. Særligt i bymæssig bebyggelse betyder det, at der er større eksterne omkostninger knyttet til emissionerne.

I bymæssig bebyggelse præges transporten af gaderummet og dets udformning. Eksponeringen kan derfor beskrives meget detaljeret i modeller som tager højde for variationerne i gaderummet og bebyggelsen (fx OSPM-modellen).

²³ <http://www.dmu.dk/Samfund/Miljoeoekonomi/EVA/>

²⁴ Den marginale omkostning benævnes også grænseomkostningen.

Til brug for en opgørelse over eksterne omkostninger er det imidlertid ikke hensigtsmæssigt at foretage meget præcise og strengt lokale gaderumsberegninger. I stedet er den lokale beregning baseret på den lidt mere overordnede UBM-model, som beregner bidraget til bybaggrund. UBM-modellen foretager den lokalskalaberegning som ved punktkilderne er baseret på OML-modellen.

Den kemiske transformation fra primære til sekundære stoffer tager en vis tid, og derfor sker eksponeringen for sekundære emissioner, særligt NO_3 , NO_2 og SO_4 , i en vis afstand fra selve udledningen, dvs. vejtrafikken. I regi af CEEH har DMU-AU foretaget en særskilt atmosfærisk modellering af vejtrafikens bidrag til den regionale eksponering (Brandt et al., 2009). Dette er sket med den regionale atmosfæriske model DEHM, som omtalt ovenfor.

Når resultaterne sammenholdes med de tilsvarende for punktkilderne ses det, at de eksterne omkostninger, opgjort pr. kg udledt, er mere end dobbelt så store i vejtrafikken for $\text{PM}_{2.5}$ og SO_2 . For NO_x er der ligeledes en væsentligt større eksponering. Forklaringen herpå er, at udledningerne fra vejtrafikken sker i lav højde. For ozon er nettobidraget fra den danske vejtrafik dog negativt, idet der som følge af trafikens emissioner sker en større omdannelse af ozon fra baggrunden, end trafikken selv bidrager med. Det er ikke tilfældet ved punktkilderne.

Data leverancen

Til brug for udarbejdelse af trafikøkonomiske enhedspriser har DMU-AU leveret aggregerede EVA-data for eksponering og population relateret til vejtrafikken. Eksponering og population svarer til de to første led i *impact pathway* kæden beskrevet ovenfor.

De følgende primære emissioner er omfattet: SO_2 , NO_x , CO samt $\text{PM}_{2.5}$. De afledte kemiske omdannelser til SO_4 og O_3 er også inkluderet. Desuden medfølger en beregning for sporstoffer af bly (Pb), som er modelleret i en sidemodel.

Modelleringen for de danske emissioner fra vejsektoren er sket med DEHM i én integreret modellering for alle relevante emissioner, transport og omdannelser. Derved undgås de komplikationer der følger af at samle særskilte modelleringer i lokalskala og regionalskala. EVA's modeloutput er eksterne omkostninger, men gennem division med de i EVA anvendte enhedspriser og eksponerings-respons funktioner, samt med vejsektorens emissioner, fremkommer de bagvedliggende populations-eksponeringsdata i den ønskede enhed: $\text{population} \cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ per ton.

De fremkomne populations-eksponeringsdata er vist i tabel 1 nedenfor. Der henvises til referaterne fra den tværministerielle møderække i 2005 for angivelse af nogle konkrete forklaringer på afvigelser til tidligere anvendte data. Det bemærkes at NO_x i et tidligere datasæt var skønnet

ud fra PM_{10} , hvilket må betegnes som meget usikkert givet de ikke-lineariteter der kendetegner transporten og omdannelsen, jf. ovenfor.

For at komme frem til et estimat for de eksterne omkostninger for primære partikler ($PM_{2.5}$) der passer specifikt til TU1 og befolkningstætheden i København, så skal der imidlertid opgøres et tillæg for den person-eksponering, der svarer til forskellen på befolkningstætheden i København og befolkningstætheden i modelleringen. Dette er gjort på følgende måde ud fra tidligere beregninger i forbindelse med vurdering af betydningen af miljøzoner for luftkvaliteten:

Koncentrationsbidraget fra et ton $PM_{2.5}$ til luftkvaliteten i bybaggrund er opgjort på grundlag af UBM-modelleringen i (Palmgren et al., 2005:52). I et lokalskala gitterfelt på 16,6 km x 16,6 km omkring Københavns centrum udgør koncentrationsbidraget i gennemsnit $2,004E-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per ton $PM_{2.5}$. Emissionsreduktionen er beregnet ud fra emissionsfaktorerne for trafikken for $PM_{2.5}$ udstødning i Palmgren et al. (2005) og trafikarbejdet i København (s. 21 i Thomsen, 2004), og der er antaget en partikelfiltereffektivitet på 80%. Reduktionen i $PM_{2.5}$ emissionen på 41,5 ton er fordelt på gennemsnittet for den opnåede luftkvalitetsforbedring for $PM_{2.5}$ på $0,083068 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (se faneblad i det medfølgende excel regneark (eksponeringsfaktorer_final.xls)).

Ud fra koncentrationsbidraget beregnes de eksterne omkostninger på grundlag af impact pathway metoden i EVA-systemet for København per person. Det lokale tillæg er forskellen mellem befolkningstætheden i Danmark på 128/ km^2 og i København på 6325/ km^2 .

Populations-eksponeringen i lokalskala i et 16,6 x 16,6 km felt for $PM_{2.5}$ med UBM-scenariets befolkningstæthed på 4424 indb./ km^2 kan opgøres til 1575 person_ug/ m^3 per ton. Dette resultat kan skaleres med den aktuelle befolkningstæthed, hvorved der fremkommer en korrektionsfaktor til DEHM's overordnede modellering som er baseret på landsgennemsnittets befolkningstæthed på 128 indb./ km^2 . Korrektionsfaktoren fremkommer ved at fratække basisresultatet for 128 indb./ km^2 i det med befolkningstætheden skalerede resultat, hvilket er vist i det medfølgende excel regneark (eksponeringsfaktorer_final.xls).

På dette grundlag kan populations-eksponeringen differentieres mellem by og land til brug for den sædvanlige opdeling af de trafikøkonomiske enhedspriser efter TU-klasserne 1 og 7. Som grundlag for kategorien by er anvendt befolkningstætheden i København-Frederiksberg på 6325 indb./ km^2 . Som grundlag for kategorien land er anvendt en befolkningstæthed på 18 indb./ km^2 (beregnet for landdistrikter jf. Danmarks Statistik).

Ved skalering til anvendelse i mindre udstrakte byområder vil anvendelse af befolkningstætheden i den egentlige byzone ofte føre til en overvurdering af populations-eksponeringen. Man bør anvende et mål for befolkningstætheden i et felt med byzonen på 16,6 km x 16,6 km, svarende til de felter der anvendes i den atmosfæriske modellering. I det medfølgende excel regneark er angivet befolkningstætheder for forskellige TU-klasser.

Der beregnes ikke noget tillæg for sekundære partikler. Beregningen for SO₂-korrektionen i lokalskala følger samme principper som for PM_{2.5}. Modelleringen for Pb er foretaget med OML og må formodes at repræsentere et konservativt estimat for Pb-populations-eksponering fra vejsektoren af de årsager som er nævnt ovenfor.

Eksponerings-type	LAND (TU7)			BY (TU1)		
	Lokal	Regional	SUM	Lokal	Regional	SUM
PM _{2.5} /PM _{2.5}	-39 ²⁵	403	364	2.208	403	2.611
SO ₂ /SO ₂	-39 ²⁶	645	606	2.206	645	2.851
SO ₄ /SO ₂	-	297	297	-	297	297
NO ₃ /NO _x	-	130	130	-	130	130
O ₃ /NO _x	-	-22	-22	-	-22	-22
CO/CO	-	1.573	1.573	2.824	1.573	4.397
Pb/Pb	86	-	86	30.39 ²⁷	-	30.39
				0		0

Tabel 1. Aggregerede eksponeringsfaktorer for vejtransporten i Danmark (Kilde: CEEH og DMU-AU).

Referencer

Andersen, M.S., Frohn, L.M., Nielsen, J.S., Nielsen, M., Jensen, S.S., Christensen, J.H., Brandt, J. (2008): "A Non-linear Eulerian Approach for Assessment of Health-cost Externalities of Air Pollution", fremlagt ved *European Association of Environmental and Resource Economists 16th Annual Conference*, Gothenburg, 25.6.2008 - 28.6.2008.

Brandt, J., Frohn, L., Christensen, J.H., Andersen, M.S., Hertel, O., Geels, C., Hansen, A.B., Hansen, K.M., Hedegaard, G.B. & Skjøth, C.A. 2009: "Assessment of health-cost externalities of air pollution at the national level using the EVA model system", fremlagt ved *EGU General Assembly 2009*, Vienna, 19.4.2009 - 26.4.2009.

Jensen, S.S., Willumsen, E., Brandt, J., Buus, N. (2008): Evaluation of Exposure Factors Applied in Estimation of Marginal External Costs of Transportation related Air Pollution. *Transportation Research Part D* 13 (2008) 255–273.

²⁵ Korrektion fra eksponering i CEEH-lokalskala med 128 indb./km² til 18 indb./km² i TU7-lokalskala.

²⁶ Korrektion fra eksponering i CEEH-lokalskala med 128 indb./km² til 18 indb./km² i TU7-lokalskala.

²⁷ Fra TRIP projektet, jf. Jensen et. al., 2008. Tillægget fremkommer som forskellen mellem TU1 og TU7 i lokalskala.

Palmgreen Jensen, F., Glasius, M., Wählin, P., Ketzel, M., Berkowicz, R., Solvang Jensen, S., Winther, M., Illerup, JB, Andersen, MS, Hertel, O., Vinzents, P., Møller, P, Sørensen, M, Knudsen, LE, Schibye, B, Andersen, ZI, Hermansen, M, Scheike, T, Stage, M, Bisgaard, H, Loft, S, Jensen, KA, Kofoed-Sørensen, V, Clausen PA, (2005): Luftforurening med partikler i Danmark, Miljøprojekt nr. 1021, København: Miljøstyrelsen.

Thomsen, B.B., (2004): Vurdering af luftkvalitet og sundhedseffekter i forbindelse med en miljøzoneordning i København, København: Miljøkontrollen.