

Kopi:

d. 28.02.2013

Merete Høj Kjeldsen

Dokumentation af state-of-the-art eksterne ulykkesomkostninger udregninger

Formålet med dette notat er at dokumentere udregningen af state-of-the-art eksterne ulykkesomkostninger fra personbiler trin for trin, som er præsenteret i arbejdsrapporten om ulykkesomkostningen. Der korrigeres for underrapporteringen af ulykker. Der foretages endvidere en følsomhedsanalyse af resultaterne.

Resultater

De udregnede marginale eksterne omkostninger for personbilkørsel er ca. 7 øre pr. kørt km for personbiler. På trods af et isoleret set ubetydeligt bidrag fra kørsel uden for byerne (land og motorvejskørsel), har det stort påvirkning på det samlede resultat, da størstedelen af transport i personbiler foregår på landet.¹ Bidraget i forhold til dræbte fra kørsel på land er et udtryk for, at mere kørsel især på landet ikke leder til en tilsvarende stigning i antallet af dræbte i trafikulykker, dvs. at risikoen for dræbte i ulykker mindskes ved øget kørsel. Omkostningen for hver kilometer kørt i byerne er ca. 29 øre pr. km, jf. tabel 1. Den samlede omkostning på knap 7 øre pr. kørt km er væsentligt lavere end den gængse opgørelse offentliggjort af DTU Transport (2010) på 21 øre pr. km. Det er imidlertid de marginale ulykkesomkostninger for land (og motorvej), der ifølge DTU Transport er større end vores udregning. Ifølge opgørelsen er den eksterne ulykkesomkostning i by, på land og på motorvej henholdsvis 30 øre, 14 øre og 11 øre pr. km.

¹ 80 pct. af alt personbilstransport foregår uden for byerne, jf. opgørelse af trafikarbejde fra Vejdirektoratet.

Tabel 1: Marginale eksterne ulykkesomkostninger for personbiler

	Egne udregninger			DTU Transports opgørelse		
	By	Land	Gns.	By	Land + motor- vej	Gns.
	----- øre pr. km (2012-priser) -----					
Dræbt	3,56	-0,23	0,54	-	-	-
Alvorligt tilskadekommen	20,75	1,22	5,15	-	-	-
Lettere tilskadekommen	4,83	0,12	1,07	-	-	-
Gennemsnit	29,15	1,11	6,75	30	11-14	21

Note: DTU Transport (2010) skelner imidlertid mellem kørsel på motorvej og på land. Omkostningen under "land + motorvej" er derfor et interval, hvor den laveste omkostning pr. km er knyttet til kørsel på motorvej, og den højeste omkostning er for kørsel på land. DTU Transport (2010) har endvidere kun angivet et samlet tal for hvert område og har ikke fordelt omkostningen på skadesgrad.

Kilde: DTU Transport (2010) og egne beregninger.

Bidragene fra bykørsel er høje. Det skyldes især et højt bidrag i omkostningen fra alvorligt tilskadekomne bløde trafikanter i byerne, jf. tabel 2.

Tabel 2: Marginale eksterne omkostninger for personbiler fordelt på type sammenstød

Bidrag fra sammenstød med	By	Land	Gns.
	----- øre pr. km (2012-priser) -----		
Anden personbil	-0,59	-0,77	-0,73
Varebil	0,08	0,01	0,02
Lastbil	-0,04	-0,20	-0,16
Bus	-0,01	-0,01	-0,01
Motorcykel	2,19	0,81	1,09
Knallert/fodgængere/cykel	28,38	1,98	7,29
Eneuheld	-0,87	-0,71	-0,74
Gennemsnit	29,15	1,11	6,75

Kilde: Egne beregninger.

Udregningen af den marginale eksterne ulykkesomkostning

Med udgangspunkt i udledningen af den marginale eksterne ulykkesomkostning i arbejdsrapiret opstilles følgende opgørelse af den marginale eksterne ulykkesomkostning:

$$\begin{aligned} MEC_{Pi} = & r_{Pi} (a_i + c_i) E_{Pi} && + r_{Pi} c && \text{Modpart, } X \\ & r_{Vi} (a_i + c_i) [(1 - \theta_{Vi}) + E_{Vi}] + \theta_{Vi} r_{Vi} c && + && \text{(personbiler)} \\ & r_{Hi} (a_i + c_i) [(1 - \theta_{Hi}) + E_{Hi}] + \theta_{Hi} r_{Hi} c && + && \text{(varebil)} \\ & r_{Bi} (a_i + c_i) [(1 - \theta_{Bi}) + E_{Bi}] + \theta_{Bi} r_{Bi} c && + && \text{(lastbil)} \\ & r_{Mi} (a_i + c_i) [(1 - \theta_{Mi}) + E_{Mi}] + \theta_{Mi} r_{Mi} c && + && \text{(bus)} \\ & r_{Li} (a_i + c_i) [(1 - \theta_{Li}) + E_{Li}] + \theta_{Li} r_{Li} c && + && \text{(motorcykel)} \\ & r_{Ei} (a_i + c_i) E_{Ei} && + r_{Ei} c && \text{(knallert/cykel/fod)} \\ & && && \text{(eneulykker)} \end{aligned} \quad (1)$$

hvor i varierer over skadesgraderne dræbt, alvorligt tilskadekomne samt lettere tilskadekomne. I ligning (1) er r_{Xi} risiko for sammenstød med skadesgrad i i sammenstød med modpart X . a_i svarer til personernes egne velfærdsomkostninger ved skadesgrad i . Tilsvarende betegner c_i systemomkostninger, som ikke betales af de enkelte trafikanter. Risikoelasticiteten, E_{Xi} , betegner den relative ændring i risikoen for skadesgrad i ved sammenstød med modpart X i forhold til den relative ændring i bilkørslen. Endelig angiver fordelingsparameteren, θ_{Xi} , andelen af tilskadekomne med skadeskategori i i personbilen (både fører og passagerer) ved sammenstød med modpart X . Tilsvarende er $(1 - \theta_{Xi})$ andelen af tilskadekomne i modpart X ved sammenstød med personbil.

Omkostningen udregnes fordelt på by, land og gennemsnit. For at følge definitionen i Vejdirektoratets uheldsdata indeholder kategorien "land" også kørsel på motorvej. I ligning (1) inddrages ikke bidraget fra "vægteksternaliteten", da denne ikke vil blive beregnet i dette notat. Nedenfor er beskrevet det dataarbejde, der ligger forud for udregningen af ligning (1).

Trafikarbejde

Risikoen for ulykker, r_{Xi} , afhænger af det samlede trafikarbejde, som er det årlige antal kørte kilometer. I dette notat fokuseres på risikoen for ulykker for personbiler, og derfor udregnes kun trafikarbejde for personbiler. Til udregningen af den årlige trafikmængde bruges data fra både Danmarks Statistik og Vejdirektoratet, idet fordelingen af trafikarbejde på land og by er baseret på oplysninger fra Vejdirektoratet.

Vi definerer varebiler under to ton som personbiler, da en del af køretøjer, som i ulykkesstatistikken betegnes som personbil, betegnes som mindre varebiler i motorregisteret (dvs. gul- eller papegøjepladebiler). I data for trafikarbejdet fra Statistikbanken skelnes imidlertid ikke mellem varebiler under og over to ton. Trafikarbejde fordelt på by og land er præsenteret i tabel 3.

Tabel 3: Trafikarbejde for personbiler fordelt på by og land, mio. km

	2010
By	7.040
Land (+ motorvej)	27.958
Gennemsnit	34.999

Kilde: Danmarks Statistik, Statistikbanken, Vejdirektoratet og egne beregninger

Fordeling af personskader på transportmiddel og modpart, 2009-11

Til udregningen af fordelingsparameter, θ_{Xi} , og risiko for ulykker, r_{Xi} , er det nødvendigt at opstille fordelingen af personskade på transportmiddel og modpart. Fordelingen er opdelt på by, land og i alt, og personskade er delt op i antal dræbte, alvorligt tilskadekomne og lettere tilskadekomne. Da antallet af årlige personskader (især dræbte) er forholdsvis få i Danmark, har vi valgt at fokusere på fordelingen over tre år, perioden 2009-11.

Udgangspunktet tages i uheldsdata fra Vejdirektoratet, hvor det ses på antal personskader for det enkelte transportmiddel med sammenstød med en bestemt modpart. Praktisk opgøres der kun for skader i de to første elementer i sammenstød, selvom selve sammenstødet kan indeholde flere elementer.² Ved at begrænse sig til første og andet element medtages imidlertid langt de fleste personskader i datasættet, jf. tabel 4-6, som viser eksempler på fordelingen af henholdsvis dræbte, alvorligt tilskadekomne samt lettere tilskadekomne for alle uheld i perioden 2009-11.

² Hver ulykke i Vejdirektoratets ulykkesdata involverer et eller flere elementer, som angiver køretøjstyper og/eller forhindringer. Et element kan f.eks. være personbil, lastbil, cykel eller et vejtræ.

Tabel 4: Fordeling af dræbte på transportmiddel og modpart i samlet, 2009-11

Antal dræbte	Modpart (uheld med kun to elementer)										Sum af dræbte i de givne transportmiddel	Antal dræbte for transportmiddel i alt (også elementer > 2)	Dræbte i uheld med elementer af i alt (pct.)
	Personbil	Varebil over to ton	Lastbil	Bus	Motorcykel	Blød trafikant	Andet (udrykning, traktor mv.)	Forhindring/ingen modpart					
Personbil	151	24	45	15	0	0	7	169			411	416	99
Varebil over to ton	2	1	10	1	0	0	0	13			27	29	93
Lastbil	0	1	4	0	0	0	0	0			5	6	83
Bus	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	100
Motorcykel	34	5	1	1	4	0	3	21			69	72	96
Blød trafikant	145	18	39	8	5	9	4	16			244	250	98
Andet	2	0	0	0	0	0	0	2			4	4	100
Sum af dræbte ved sammenstød med den givne modpart	334	49	99	25	9	9	14	221			760	777	98

Note: Kategorien "personbil" indeholder dem af Vejdirektoratet definerede kategorier: personbil, taxa samt varebiler under to ton. I opgørelsen af transportmiddel og modpart indgår også parkerede køretøjer. Det vil sige, at ved sammenstød mellem f.eks. to personbiler, kan den ene godt være parkeret. Blød trafikant indeholder uheld med knallert, cykel samt fodgænger

Kilde: Vejdirektoratet og egne beregninger.

Tabel 5: Fordeling af alvorligt tilskadekomne på transportmiddel og modpart samlet, 2009-11

Antal alvorligt tilskadekomne	Modpart (uheld med kun to elementer)							Sum af alvorligt tilskadekomne i det givne transport-middel	Alvorligt tilskadekomne for transportmiddel i uheld med to elementer alt (pct.)		
	Personbil	Varebil over to ton	Lastbil	Bus	Motorcykel	Blød trafikant	Andet (udrykning, traktor mv.)			Forhindring/ingen modpart	
Personbil	1.244	126	137	37	8	8	37	932	2.529	2.588	98
Varebil over to ton	28	17	19	3	0	0	0	45	112	115	97
Lastbil	7	0	11	1	0	0	0	15	34	36	94
Bus	16	0	6	2	0	0	1	33	58	58	100
Motorcykel	307	11	5	2	14	13	5	182	539	549	98
Blød trafikant	2.246	131	99	69	17	338	64	343	3.307	3.353	99
Andet	12	0	0	1	1	0	0	16	30	30	100
Sum af alvorligt tilskadekomne ved sammenstød med den givne modpart	3.860	285	277	115	40	359	107	1.566	6.609	6.729	98

Note: Kategorien "personbil" indeholder dem af Vejdirektoratet definerede kategorier: personbil, taxa samt varebiler under to ton. I opgørelsen af transportmiddel og modpart indgår også parkerede køretøjer. Det vil sige, at ved sammenstød mellem f.eks. to personbiler, kan den ene godt være parkeret. Blød trafikant indeholder uheld med knallert, cykel samt fodgænger

Kilde: Vejdirektoratet og egne beregninger.

Tabel 6: Fordeling af lettere tilskadekomne på transportmiddel og modpart samlet, 2009-11

Antal lettere tilskadekomne	Modpart (uheld med kun to elementer)										Sum af lettere tilskadekomne i det givne transport-middel	Lettere tilskadekomne i alt (også elementer af menter >= 2)	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)
	Personbil	Varebil over to ton	Lastbil	Bus	Motorcykel	Blød trafikant	Andet (udrykning, traktor mv.)	Forhindring/ingen modpart	Sum af lettere tilskadekomne i det givne transport-middel				
Personbil	2.077	169	134	45	8	26	78	1.115	3.652	3.787	96	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)	
Varebil over to ton	71	8	6	6	1	0	0	39	131	135	97	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)	
Lastbil	11	1	6	1	0	1	1	11	32	32	100	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)	
Bus	28	7	4	5	0	1	0	33	78	85	92	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)	
Motorcykel	103	4	0	0	1	8	2	57	175	179	98	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)	
Blød trafikant	1.521	74	41	29	14	171	36	197	2.083	2.138	97	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)	
Andet	17	2	0	0	0	1	2	20	42	43	98	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)	
Sum af lettere tilskadekomne ved sammenstød med den givne modpart	3.828	265	191	86	24	208	119	1.472	6.193	6.399	97	Lettere tilskadekomne, i uheld med to elementer af alt (pct.)	

Note: Kategorien "personbil" indeholder dem af Vejdirektoratet definerede kategorier: personbil, taxa samt varebiler under to ton. I opgørelsen af transportmiddel og modpart indgår også parkerede køretøjer. Det vil sige, at ved sammenstød mellem f.eks. to personbiler, kan den ene godt være parkeret. Blød trafikant indeholder uheld med knallert, cykel samt fodgænger

Kilde: Vejdirektoratet og egne beregninger.

Fordelingsparameter, θ_{Xi} , og risiko, r_{Xi}

I udregningen af de marginale eksterne ulykkesomkostninger skal bruges fordelingsparameter af andelen af tilskadekomne i personbiler. Fordelingsparameteren for personbilers sammenstød med modpart X med skadesgrad i (dræbt, alvorligt tilskadekomne og lettere tilskadekomne) er givet ved:

$$\theta_{Xi} = \frac{\text{Antal skadede}_i \text{ i personbil}}{\text{Antal skadede}_i \text{ i alt sammenstød}_X} \quad (2)$$

Et regneeksempel for fordelingsparameteren for alvorligt tilskadekomne i sammenstød mellem personbil og varebil, $\theta_{V,alvorligt \text{ tilskadekomne}}$ er vist nedenfor:

$$\theta_{V,alvorligt \text{ tilskd.}} = \frac{\text{Alvorligt tilskd. i personbil}}{\text{Alvorligt tilskd. i alt sammenstød}_V} = \frac{126}{(126 + 28)} = 0,82$$

Risikoen for personbilers sammenstød med modpart X med skadesgrad i (dræbt, alvorligt tilskadekomne og lettere tilskadekomne) er givet ved:³

$$r_{Xi} = \frac{\text{Antal skadede}_i \text{ i alt sammenstød}_X}{\text{Trafikmængde personbiler}} \quad (3)$$

Nedenfor er vist et regneeksempel for risiko for at blive alvorligt tilskadekomne givet et sammenstød med varebiler ved kørsel i personbil, $r_{X,alvorligt \text{ tilskadekomne}}$:

$$r_{Xi} = \frac{\text{Antal dræbte i sammenstød}_V \text{ pr. år}}{\text{Trafikmængde personbiler}} = \frac{154/3}{34.999} = 0,0015$$

Resultaterne for fordelingsparameter og risiko for dræbte, alvorligt tilskadekomne og lettere tilskadekomne er præsenteret i tabel 7-9.

³ I udregningen er antal skadede delt med tre for at få risiko pr. år.

Tabel 7: Fordelingsparameter og risiko for dræbte, gennemsnit

	Antal dræbte i alt (i perioden 2009-11)	Antal dræbte i bil (i perioden 2009-11)	Antal dræbte i modpart (i perioden 2009-11)	Fordelingsparameter, θ_{Xi}	Personbilers trafikmængde (mio. km. pr. år)	Risiko, r_{Xi} (dræbte pr. mio. km pr. år)
Personbil - personbil	151	151	-	1,00	34.999	0,0014
Personbil - varebil	26	24	2	0,92	34.999	0,0002
Personbil - lastbil	45	45	0	1,00	34.999	0,0004
Personbil - bus	15	15	0	1,00	34.999	0,0001
Personbil - motorcykel	34	0	34	0,00	34.999	0,0003
Personbil - blød trafikant	145	0	145	0,00	34.999	0,0014
Eneuehld	169	169	-	1,00	34.999	0,0016

Kilde: Vejdirektoratet (uheldsdata samt trafikarbejde), Danmarks Statistik, *Statistikbanken*, og egne beregninger.

Tabel 8: Fordelingsparameter og risiko for alvorligt tilskadekomne, gennemsnit

	Antal alvorligt tilskadekomne i alt (i perioden 2009-11)	Antal alvorligt tilskadekomne i personbil (i perioden 2009-11)	Antal alvorligt tilskadekomne i modpart (i perioden 2009-11)	Fordelingsparameter, θ_{Xi}	Personbilers trafikmængde (mio. km. pr. år)	Risiko, r_{Xi} (dræbte pr. mio. km pr. år)
Personbil - personbil	1.244	1.244	-	1,00	34.999	0,0118
Personbil - varebil	154	126	28	0,82	34.999	0,0015
Personbil - lastbil	144	137	7	0,95	34.999	0,0014
Personbil - bus	53	37	16	0,70	34.999	0,0005
Personbil - motorcykel	315	8	307	0,03	34.999	0,0030
Personbil - blød trafikant	2.254	8	2.246	0,00	34.999	0,0215
Eneuehld	932	932	-	1,00	34.999	0,0089

Kilde: Vejdirektoratet (uheldsdata samt trafikarbejde), Danmarks Statistik, *Statistikbanken*, og egne beregninger.

Tabel 9: Fordelingsparameter og risiko for lettere tilskadekomne, gennemsnit

	Antal lettere tilskadekomne i alt (i perioden 2009-11)	Antal lettere tilskadekomne i personbil (i perioden 2009-11)	Antal lettere tilskadekomne i modpart (i perioden 2009-11)	Fordelingsparameter, θ_{Xi}	Personbilers trafikmængde (mio. km. pr. år)	Risiko, r_{Xi} (lettere tilskadekomne pr. mio. km pr. år)
Personbil - personbil	2.077	2.077	-	1,00	34.999	0,0198
Personbil - varebil	240	169	71	0,70	34.999	0,0023
Personbil - lastbil	145	134	11	0,92	34.999	0,0014
Personbil - bus	76	45	31	0,59	34.999	0,0007
Personbil - motorcykel	111	8	103	0,07	34.999	0,0011
Personbil - blød trafikant	1.547	26	1.521	0,02	34.999	0,0147
Eneuheld	1.115	1.115	-	1,00	34.999	0,0106

Kilde: Vejdirektoratet (uheldsdata samt trafikarbejde), Danmarks Statistik, *Statistikbanken*, og egne beregninger.

Personrelaterede ulykkesomkostninger

Komponenterne a_i og c_i i ligning (1) svarer til henholdsvis personernes egne velfærdsomkostninger samt systemomkostninger ved skadesgrad i . DTU Transport (2010) opgør disse omkostninger, således det forventede velfærdstab ved dødsfald er sat til den gængse værdi af statistisk liv, mens tabet for alvorligt og lettere tilskadekomne som henholdsvis 13 pct. og 1 pct. af værdien af et statistisk liv. Systemomkostningen består af udgifter til politi, redning og medicinsk behandling af tilskadekomne samt nettoproduktionstab, som opgøres som personens bruttoproduktion fratrukket eget forbrug, jf. DTU Transport (2010). Systemomkostninger betales ikke af den enkelte trafikant. I tabel 10 er de gængse personrelaterede ulykkesomkostninger opstillet omregnet til 2012-priser.

Tabel 10: Personrelaterede ulykkesomkostninger (2012-priser)

kr. pr.	dræbt	alvorligt tilskadekomne	lettere tilskadekomne
Systemomkostninger	1.663.323	961.512	301.700
Personligt velfærdstab	16.371.133	2.128.247	163.712
I alt	18.034.457	3.089.759	465.412

Kilde: DTU Transport (2010) og egne beregninger.

Nettoproduktionstab er et mål for forskellen mellem den fremtidige produktion og det fremtidige forbrug for en gennemsnitsperson. Ideen er, at dette udgør et tab for samfundet, som ligger ud over personens velfærdstab ved f.eks. dødsfald (værdien af statistisk liv). Det er ikke helt oplagt om nettoproduktionstabet egentlig bør medtages i en opgørelse af ulykkesomkostningerne. I Miljøministeriet's (2010) vejledning i *Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter* betegnes det f.eks. som omdiskuteret at medtage mål for nettoproduktionstab i tillæg til præferencebaserede mål for værdien af statistisk liv.

Det har ikke været muligt at få oplyst fordelingen af komponenterne i systemomkostningerne. Det må dog formodes, at for dræbte består langt størstedelen af systemomkostningen af nettoproduktionstab, lige som at dette tab vurderes til at være meget lille i omkostningen for lettere tilskadekomne. Vi antager i forbindelse med en følsomhedsanalyse, at 95 pct. af systemomkostninger for dræbte består af nettoproduktionstab.

Risikoelasticitet

Risikoelasticiteten er den relative ændring i risikoen for en given type ulykke i forhold til den relative ændring i bilkørslen. Bestemmelsen af risikoelasticiteten er imidlertid hæftet med stor usikkerhed, og størrelsen og især fortegnet af denne er meget diskuteret i litteraturen, jf. appendiks A. En analyse af Vejdirektoratet tyder imidlertid på, at risikoelasticiteten generelt er negativ, hvilket implicerer, at risikoen for ulykker falder, når bilkørslen øges. Med udgangspunkt i Vejdirektoratets analyser sætter vi som udgangspunkt risikoelasticiteten ens for alle typer ulykker og områder i vores analyse, jf. tabel 11.

Tabel 11: Risikoelasticitet fordelt på område

	I alt	By	Gns.
E_P	-0,32	-0,32	-0,32
E_V	-0,32	-0,32	-0,32
E_H	-0,32	-0,32	-0,32
E_B	-0,32	-0,32	-0,32
E_M	-0,32	-0,32	-0,32
E_L	-0,32	-0,32	-0,32
E_E	-0,32	-0,32	-0,32

Kilde: Vejdirektoratet (2012) og egne beregninger.

Usikkerheden vedrørende risikoelasticiteten taler for en følsomhedsanalyse af risikoelasticiteterne. Der kan argumenteres for, at elasticiteterne i tabel 11 er kunstigt små, jf. appendiks A. Det taler for en følsomhedsanalyse, hvor risikoelasticiteten er lidt større, men stadig negativ (-0,16) samt 0 (konstant risiko). Endvidere foretages en følsomhedsanalyse med lavere risikoelasticitet for sammenstød mellem personbiler og bløde trafikanter ($E_L = -0,5$). Resultaterne af følsomhedsanalysen præsenteres senere i notatet.

Underrapportering af ulykker

Vejdirektoratets database for færdselsuheld bygger på indberetninger af politiet. Det er imidlertid ikke alle ulykker, som bliver registreret af politiet. Opgørelser baseret på oplysninger fra hospitaler og skadestuer tyder på en betydelig underrapportering af ulykker i Vejdirektoratets data, jf. tabel 12. Det samlede antal personskader i forbindelse med trafikuheld er ca. ti gange større end det, der forligger i Vejdirektoratets data. Det er især eneulykker, politiet ikke har rapport på. For skader i personbiler i ulykker med mindst to transportmidler involveret er dækningsgraden ca. 12 pct. Det er plausibelt, at

der ikke er underrapportering for dræbte, mens underrapporteringen ifølge Danmarks Statistik vurderes at være større for lettere personskader end for alvorlige.

Tabel 12: Personskade fra ulykke indberettet af politi i forhold til alle personskader i trafikken, 2011

	I alt	Politirapport	Andel politirapport		
			I alt	Mere end to transportmidler involveret	Eneulykker
I alt	41.272	4.158	0,10	0,17	0,05
Personbil	13.521	1.896	0,14	0,12	0,19
Varebil	361	117	0,32	0,31	0,36
Lastbil mv.	608	60	0,10	0,17	0,06
Motorcykel	2.237	302	0,14	0,27	0,07
Knallert, cykel og fodgængere	23.111	1.779	0,08	0,22	0,01
Andet	1.434	4	0,00	0,00	0,00

Kilde: Danmarks Statistik, *Statistikbanken* (MØRKE).

Grundet den store underrapportering af ulykker er det nødvendigt at justere data. Underrapporteringen har direkte påvirkning på risikoen for uheld, således at de udregnede risikoerne er et underkantsskøn af den virkelige risiko for uheld. DTU Transport (2012) har opgjort risikoen for dræbte og alvorligt tilskadede i trafikken. De vurderer imidlertid, at det ikke er underrapporteringen af dræbte, og den kun er meget lille alvorligt tilskadede, og de korrigerer derfor ikke underrapportering.⁴

DTU Transports vurdering af underrapportering bygger på undersøgelser af politiets dækningsgrad fra Ulykkes Analyse Gruppen på Odense Universitetshospital, jf. Ulykkes Analyse Gruppen (2005). Gruppen sammenligner, hvor mange ulykker, der er registreret af henholdsvis politi og skadesstuen for at bestemme uheldsdatas dækningsgrad.

Ifølge opgørelser fra skadestuer og hospitaler på Fyn er dækningsgraden for personskader i personbiler er 29 pct. i 2011. Til sammenligning er dækningsgraden i andre transportmidler i sammenstød med personbil 31 pct. Det er især personskade for bilister i eneulykker (28 pct.) og ulykker med varebiler (25 pct.) og andre personbiler (27 pct.),

⁴ DTU Transport (2012) fokuserer kun på risiko for dræb og alvorlig tilskadekomst, da der netop er underrapportering for lettere tilskadekomne.

der er underrapporteret.⁵ Der er ligeledes relativ stor underrapportering for skadede fodgængere (35 pct.) og cyklister (34 pct.) i uheld med personbil som modpart, Ulykkes Analyse Gruppen (2012).

Det taler for, at underrapporteringen i MØRKE-tallene er mindre for de typer af uheld, der indgår i beregningen af de marginale eksterne ulykkesomkostninger for personbiler. Med udgangspunkt i opgørelsen fra Ulykkes Analyse Gruppen (2005) samt vurderingen i DTU Transport (2012) ser vi bort fra underrapporteret dræbte og alvorlige tilskadekomne. Dvs. der kun er underrapportering af lettere tilskadekomne. På baggrund af analysen fra Ulykkes Analyse Gruppen (2012) samt statistikken fra Danmarks Statistik, antager vi at dækningsgraden er ca. 20 pct. for lettere tilskadekomne; dvs. underrapporteringen er en faktor 5.

Underrapporteringen rammer imidlertid ikke kun risikoen for ulykker men også de personrelaterede omkostninger. Der er tilsyneladende allerede taget højde for underrapporteringen i dele af systemomkostningerne, da hospitalomkostning m.m. er delt ud pr. behandlet person, jf. DTU Transport (2010). Da det er vurderet, at der ikke er underrapportering for dræbte og alvorlige tilskadekomne, er det kun for lettere tilskadekomne, der er behov for at kontrollere for underrapporteringen i omkostningerne.

For at kontrollere for underrapporteringen, ganges det personlige velfærdstab for lettere tilskadekomne med faktor 5, så de personrelaterede ulykkesomkostninger bliver som præsenteret i tabel 13. Usikkerheden med underrapporteringen taler for en følsomhedsanalyse af den.

Tabel 13: Personrelaterede ulykkesomkostninger med underrapportering (2012-priser)

kr. pr.	dræbt	alvorligt tilskadekommen	lettere tilskadekommen
Systemomkostninger	1.663.323	961.512	301.700
Personligt velfærdstab	16.371.133	2.128.247	818.559
I alt	18.034.457	3.089.759	465.412

Kilde: DTU Transport (2010) og egne beregninger.

⁵ Tal i parentes er politiets dækningsgrad i pct.

Følsomhedsanalyse på resultater

Tabel 14 præsenterer resultatet af følsomhedsanalyser for centrale parametre/antagelser i udregningen af de eksterne ulykkesomkostninger. Det ses, at især størrelsen af risikoelasticiteten har betydning for størrelsen af ulykkesomkostningen. En lidt større, men stadig negativ risikoelasticitet for alle typer af sammenstød ($E = -0,16$) øger den marginale ulykkesomkostning fra ca. 7 øre til ca. 12 øre pr. km. Tilsvarende vil ulykkesomkostningen stige til knapt 17 øre pr km, hvis risikoen for ulykker stiger konstant med mængden af kørsel (risikoelasticiteten = 0). Endelig falder den marginale omkostning til ca. 5 øre pr. km, hvis der tages højde for en mere negativ eksternalitet for sammenstød mellem personbiler og bløde trafikanter ($E_L = -0,5$). Dette resultat understreger, at meget af den samlede omkostning hænger sammen med ulykkesomkostningen for bløde trafikanter.

Andre følsomhedsanalyser synes ikke at have stor betydning for størrelsen af den marginale eksterne ulykkesomkostning, jf. tabel 14.

Tabel 14: Følsomhedsanalyse af resultater fordelt på by, land og i gennemsnit

	By	Land	Gns.
Base	0,29	0,01	0,07
Risikoelasticitet			
Elasticitet = -0,16	0,40	0,05	0,12
Elasticitet_blød = -0,50	0,22	0,01	0,05
Konstant risiko ($E = 0$)	0,51	0,08	0,17
Værdien af statistik liv			
Fordobling (VSL = 32.742.266)	0,46	-0,01	0,09
Halvering (VSL = 8.185.567)	0,21	0,02	0,06
Systemomkostninger			
Nettoproduktionstab dræbte = 0 ($c = 83.166$)	0,28	0,01	0,06
Risiko			
Ingen underrapportering lette skader	0,27	0,02	0,07

Note: Basisantagelserne er som beskrevet i afsnittene ovenfor.

Kilde: Egne beregninger.

Appendiks A: Vurdering af størrelsen af risikoelasticiteten for samlet kørsel

Risikoelasticiteten er væsentlig for størrelsen af de marginale eksterne ulykkesomkostninger. Hvis antallet af ulykker stiger proportionalt med trafikken, vil risikoen være konstant. Dette svarer til en risikoelasticitet på nul. Hvis antallet af ulykker stiger progressivt med de kørte kilometer, vil ulykkesrisikoen stige. Det svarer til en positiv risikoelasticitet. Omvendt, hvis antallet af ulykker stiger mindre end trafikken, falder risikoen ved øget kørsel og risikoelasticiteten er i så fald negativ.

Det fremhæves ofte i litteraturen, at den empiriske viden om risikoelasticiteten er relativt begrænset. Tidligere analyser af de eksterne ulykkesomkostninger fandt (eller antog), at risikoelasticiteten var positiv. For eksempel antog Newbery (1988) en risikoelasticitet på 0,25 for bilulykker. Lidt senere opgørelser af de marginale eksterne omkostninger eller empiriske undersøgelser hælder dog til, at risikoelasticiteten er nul (Mayeres mfl. (1996) og Lindberg (2001)) eller negativ (jf. f.eks. Friedstrøm (2011), Vejdirektoratet (2006) og Vejdirektoratet (2012)).

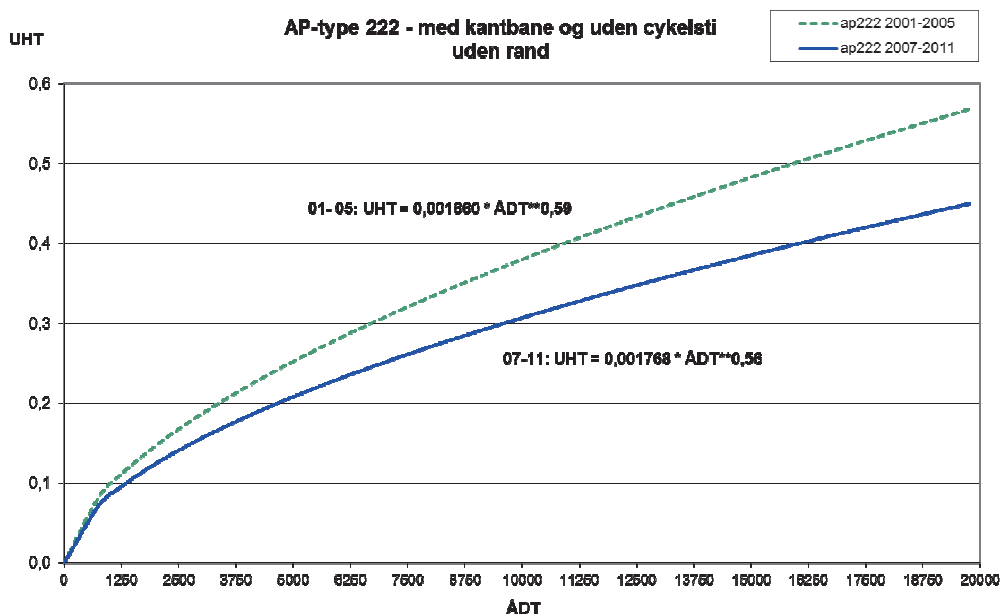
Risikoelasticiteten kan variere med lokalitet og involverede køretøjer. Således refererer Lindberg (2001) undersøgelser, som tyder på, at risikoelasticiteten for bilsammenstød er nul uden for byområder, men positiv i byområder. Til gengæld anføres, at risikoelasticiteten for sammenstød mellem personbiler og fodgængere/cykler er på -0,5.

Undersøgelser baseret på norske tværsnitsdata tyder på en negativ risikoelasticitet på -0,5 for personbilulykker (ved ændring i personbiltrafikken), mens de tilsvarende risikoelasticiteter er på -0,24 for motorcykler, -0,52 for cyklister og endelig kun -0,84 for fodgængere (ligeledes målt ved en ændring i biltrafikken), jf. Friedstrøm (2011).

I dansk sammenhæng har Vejdirektoratet (2012) analyseret sammenhængen mellem antallet af ulykker og trafikken. Konkret er der estimeret tværsnitsmodeller baseret på data for antal ulykker og trafikmængde for perioden 2007 til 2011 for forskellige typer af vejstrækninger/kryds. Analysen omfatter udelukkende stats- og (tidligere) amtsveje, dvs. typisk større veje.

Resultaterne for en enkelt vejstrækning er gengivet i figur A.1. Det fremgår, at antallet af uheld stiger med trafikken, men at stigningen af aftagende. Derved falder risikoen, hvilket implicerer en negativ risikoelasticitet.

Figur A.1 Eksempel på sammenhæng mellem uheldstæthed (UHT) og årsdøgnstrafik (ÅDT)



Anm: Kurven er af Vejdirektoratet estimeret på baggrund af observationer for vejstrækninger af typen to-sporet vej med kantbane, uden cykelsti og uden randbebyggelse (tilnærmelsesvis svarende til uden for byområder). Der indgår både uheld med personskade og uheld kun med materialeskade. Den optrukne blå kurve er baseret på data for perioden 2007-11, mens den stiplede linje er baseret på data for 2001-05.
Kilde: Vejdirektoratet (2012)

De analyserede strækninger/kryds kan tilnærmelsesvis deles ind i land og by. Resultaterne fra analysen er sammenfattet i tabel A.1 og omfortolket, så der beskrives risikoelasticiteter.⁶ Gennemgående synes risikoelasticiteten at være negativ, dvs. at øget trafik mindsker risikoen for ulykker. For alle ulykker (inklusive ulykker kun med materialeskade) ved kryds i byer er der dog tegn på, at risikoelasticiteten kan være positiv. Der er dog flere ulykker på strækninger end i kryds, således at en sammenvægtet risikoelasticitet er negativ. For ulykker med personskader findes en samlet risikoelasticitet i både by og land på -0,4 ved en stigning i den samlede kørsel.

⁶ I Vejdirektoratet (2012) estimeres en form for Cobb-Douglas funktioner, hvor den afhængige variabel er uheld pr. km af en given type vejstrækning (f.eks. motorvej) og den uafhængige variabel er årsdøgnstrafikken. Ved uheld i kryds indgår trafikken separat for hver vej. Disse modeller estimerer i princippet ulykkeselasticiteten. Risikoelasticiteten kan dog direkte beregnes som ulykkeselasticiteten fratrukket 1, jf. Friedstrøm (2011)

En lignende undersøgelse baseret på data fra en tidligere periode får resultater, som giver risikoelasticiteter som er en smule tættere på nul, især for personskadeuheld i byer, jf. Vejdirektoratet (2006).

Tabel A.1 Sammenhæng mellem trafik og ulykker på stats- og amtsveje, samlet

	Alle uheld		Uheld med personskade	
	By	Land	By	Land
Strækninger				
Risikoelasticitet	-0,45	-0,36	-0,48	-0,45
(Antal uheld)	(2.863)	(11.624)	(958)	(5.037)
Kryds				
Risikoelasticitet	0,25	-0,03	-0,28	-0,22
(Antal uheld)	(2.017)	(3.399)	(521)	(1.188)
I alt (strækninger og kryds)				
Risikoelasticitet	-0,16	-0,29	-0,41	-0,41
(Antal uheld)	(4.880)	(15.023)	(1.479)	(6.225)

Anm: Alle angivne elasticiteter er beregnet som et vægtet gennemsnit af elasticiteter for en mere detaljeret underopdeling af forskellige typer af vejstrækninger og kryds. For kryds er antaget, at der er en proportional stigning i trafikken på begge veje i krydset. Baseret på data fra perioden 2001 til 2005

Kilde: Vejdirektoratet (2012) og egne beregninger.

Bemærk at der i Vejdirektoratets opgørelse ses på de samlede uheld uanset transportmiddel, dvs. der skelnes ikke mellem personbil-personbil, personbil-cyklist/gang osv. De risikoelasticiteter, som fremgår af tabel A.1 vedrører derfor ændringen i risikoen på tværs af alle transportmidler (inklusive eneuheld) ved en stigning i den samlede kørsel. Godt 2/3 af de tilskadekomne på landet er i personbil. Derfor forekommer det plausibelt, at risikoelasticiteten for land i tabel A.1 kan tolkes som risikoelasticiteten for biluheld ved en ændring i biltrafikken.

Risikoelasticiteten på -0,4 for uheld med personskade i byer er en form for vægtet risikoelasticitet for risikoen for bilister og lette trafikanter. De tilskadekomne i byer består hovedsagelig af ubeskyttede trafikanter, idet fodgængere, cyklister og knallertkørere udgør godt 60 pct. af alle de tilskadekomne i byer, mens bilister udgør ca. ¼ af de tilskadekomne. Denne fordeling vedrører dog uheld på alle veje i byer. Det må dog antages, at der er færre bløde trafikanter på de større stats- og amtveje i byer, således at andelen af bilister er højere.

Samlet set harmonerer resultaterne i tabel A.1 med de estimerede risikoelasticiteter i Friedstrøm (2011), som generelt er negative, om end numerisk lidt større end det der fremgår af tabel A.1.

Der er imidlertid blevet argumenteret for, at empiriske undersøgelser af sammenhængen mellem ulykker og trafikmængde har nedad bias i forhold til den egentlige underliggende risikoelasticitet. Hvis trafikanter skønner, at risikoen for ulykke øges vil det kunne påvirke deres adfærd f.eks. ved at nedsætte hastigheden (eller være ekstra årvågen). Derved stiger det observerede antal af uheld ved øget trafik mindre end de egentlig ville gøre i en situation uden en sådan kompenserende adfærd fra bilisternes side. Den kompenserende adfærd er omkostningsfyldt og er dermed med til at øge de eksterne ulykkesomkostninger, jf. Parry mfl. (2007). Dette trækker i retning af, at risikoelasticiteten i princippet burde være mindre negativ. Der kan imidlertid også argumenteres for, at en sådan kompenserende adfærd i form af lavere hastighed ved øget trafik allerede indgår i opgørelsen af trængselseksternaliteten.

Vedrørende størrelsen af risikoelasticiteten er blevet fremført, at tværnsnitsanalyser af sammenhængen mellem trafikmængde og trafikulykker svarende til analysen i Vejdirektoratet (2012) kan give et skævt estimat for risikoelasticiteten. Således argumenterer Edlin og Karaca-Mandic (2006) for, at myndighederne må formodes at investere mere i at sikre veje, hvor trafikken (og antal uheld) er højest. Dette er en form for (fornuftig) kompenserende adfærd fra myndighedernes side, men den kan give en negativ bias i den estimerede risikoelasticitet ved brug af tværnsnitsdata.

Alt i alt kan der således argumenteres for, at de faktiske risikoelasticiteter kan være mindre negative end det, der fremgår af tabel A.1.

Knap 80 pct. af den samlede kørsel foregår som personbiltrafik (inklusive kørsel udført af taxa og mindre varebiler). Selvom størstedelen af den samlede kørsel bliver udført af personbiler, synes en risikoelasticitet på -0,4 derfor at være for stor ved en ændring i personbiler kørsel. Tages der højde for, at biltrafikken kun omfatter en del af den samlede kørsel, kan risikoelasticiteten opgøres til -0,32.

Sammenfattende tyder nylige danske og norske undersøgelser på, at risikoelasticiteten er negativ. Alt i alt synes -0,4, at være et godt bud på en risikoelasticitet for den samlede kørsel på vejene. Risikoelasticiteten synes at være den samme i byer og landområder.

Den samlede trafik foregår dog ikke kun i personbiler. Risikoelasticiteten opgjort for personbiler alene svarer til -0,32.

Der kan dog argumenteres for, at pågældende elasticiteter er kunstigt små eller ikke opfanger andre omkostninger ved risikoen for uheld i form af kompenserende adfærd (langsommere eller mere forsigtig kørsel). Dette taler for at lave følsomhedsanalyser med en risikoelasticitet, som er halvt så stor (-0,16). Med hensyn til sammenstød mellem personbiler og lette trafikanter (cykler og fodgængere) peger udenlandske undersøgelser på, at risikoelasticiteten for sådanne uheld kan være lavere end de -0,32. Derfor er udført en supplerende følsomhedsanalyse med en risikoelasticitet på -0,5.

Litteratur:

DTU Transport (2010): Transportøkonomiske Enhedspriser - til brug for samfundsøkonomiske analyser Version 1.3, Juli 2010.

DTU Transport (2012): Risiko i trafikken, 2007-2010.

Edlin, A.S. og P. Karaca-Mandic (2006): The Accident Externality from Driving. *Journal of Political Economy*, 114 (5), s. 931-955.

Friedstrøm, L. (2011): A Framework for Assessing the Marginal External Accident Cost of Road Use and its Implications for Unsurance Ratemaking. Discussion Paper 2011-22. International Transport Forum.

Lindberg, G. (2001): Traffic Insurance and Accident Externality Charges. *Journal of Transport Economics and Policy*, 35 (3), s. 399-416.

Mayeres, I., S. Ochelen og S. Proost (1996): The marginal external costs of urban transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1 (2), s. 111-130.

Newbery, D.M. (1988): Road User Charges in Britain. *The Economic Journal*, 98 (390), s. 161-176.

Parry, I.W.H., M. Walls og W. Harrington (2007): Automobile Externalities and Policies. *Journal of Economic Literature*, 45 (2), s. 373-399.

Ulykkes Analyse Gruppen (2005): Ulykker 2004. Tilskadekomne registreret på skadestuen, Odense Universitetshospital.

Ulykkes Analyse Gruppen (2012): <http://www.ouh.dk/wm370357>

Vejdirektoratet (2006): AP-parametre til uheldsmodeller - Baseret på data for 2001-2005. Vejdirektoratet.

Vejdirektoratet (2012): AP-parametre til uheldsmodeller - Baseret på data for 2007-2011. Vejdirektoratet.