

Simpson's paradoks: noen eksempler fra trafikksikkerhet og akuttmedisin

Rune Elvik (re@toi.no)

Transportøkonomisk institutt, Gaustadalleen 21, 0349 Oslo

Abstrakt

Simpson's paradoks ble oppdaget av Edward Simpson i 1951. Det betegner en statistisk samspillseffekt, som er slik at retningen på en sammenheng endres når man slår sammen ulike kategorier på den variabel som skaper samspillet. Simpson illustrerte dette med hypotetiske data om en medisinsk behandling som bedret helsen for kvinner og bedret den for menn, men var skadelig for helsen til mennesker (kvinner og menn slått sammen). Senere er paradokset påvist i en rekke reelle data. I artikkelen gis eksempler på Simpson's paradoks når det gjelder:

1. Risikoforskjell mellom kvinner og menn: ved enhver kjørelengde har kvinner lavere ulykkesrisiko som bilførere enn menn, men når alle kjørelengder slås sammen har kvinner høyere ulykkesrisiko enn menn.
2. Risikoforskjell mellom aldersgrupper: eldre bilførere har lavere ulykkesrisiko enn middelaldrende førere ved en gitt kjørelengde, men når alle kjørelengder slås sammen har eldre bilførere høyere ulykkesrisiko enn middelaldrende førere.
3. Ulykkesrisikoen i horisontalkurver er høyere enn på en rett strekning, men veger med mange horisontalkurver har lavere samlet ulykkesrisiko enn veger med få horisontalkurver.
4. Ulykkesrisikoen i bygater med midtdeler er lavere enn i bygater uten midtdeler når alle gater ses under ett, men forskjellen i risiko snus i motsatt retning når man studerer gater med ulik parkeringsregulering hver for seg.
5. I hver studie der man har sammenlignet biler med forbedret beskyttelse mot nakkeskader ved påkjørsel bakfra, er risikoen for nakkeskade lavere i biler med forbedret beskyttelse. Når datagrunnlaget i alle undersøkelser summeres, blir resultatet det motsatte.
6. Ved enhver sannsynlighet for å overleve en skade, unntatt skader der overlevelse er nesten helt sikkert, gir transport til sykehus med helikopter høyere sannsynlighet for overlevelse enn transport til sykehus med ambulanse på veg. Når resultater for alle nivåer for sannsynlighet for overlevelse slås sammen, gir helikoptertransport lavere sannsynlighet for å overleve enn ambulansetransport.

For hvert av disse eksempler, vil det bli vist hvordan man ved statistisk analyse kan oppdage paradokset og unngå å trekke de feilaktige konklusjoner man vil trekke dersom paradokset ikke oppdages. Det drøftes om det finnes tilfeller av paradokset som ikke er oppdaget og der man derfor har feilaktig kunnskap om retningen på en sammenheng.

Simpson's paradoks: en illustrasjon

Pearl (2011) gjengir en tabell som illustrerer Simpson's paradoks. Tabell 1 gjengir denne tabellen, dog slik at behandlingen er antatt å øke sannsynligheten for helbredelse. I eksemplet til Pearl var behandling antatt å redusere sannsynligheten for helbredelse.

Tabell 1: Sannsynlighet for helbredelse ved behandling av kvinner og menn og begge kjønn sett under ett. Basert på Pearl (2011)

Kjønn	Behandling	Ble ikke helbredet	Ble helbredet	Sum	Sannsynlighet for helbredelse	Oddsforhold for helbredelse
Kvinner	Behandlet	21	9	30	0,30	1,714
	Ikke behandlet	8	2	10	0,20	
Menn	Behandlet	3	7	10	0,70	1,556
	Ikke behandlet	12	18	30	0,60	
Alle	Behandlet	24	16	40	0,40	0,667
	Ikke behandlet	20	20	40	0,50	

Blant kvinner var andelen som ble helbredet blant dem som fikk behandling på 30 %. Blant dem som ikke fikk behandling, var andelen som ble helbredet på 20 %. Behandling økte sannsynligheten for å bli helbredet. Blant menn var andelen som ble helbredet 70 % blant dem som fikk behandling. Blant dem som ikke fikk behandling, var andelen som ble helbredet på 60 %. Behandling økte sannsynligheten for å bli helbredet.

Dersom man ser begge kjønn under ett, er sannsynligheten for helbredelse blant dem som ble behandlet på 40 %. Blant dem som ikke ble behandlet er sannsynligheten for helbredelse på 50 %. En behandling som øker sannsynligheten for helbredelse blant kvinner og blant menn, ser ut til å redusere den når man slår sammen resultatene for kvinner og menn. Dette tilsynelatende paradokset oppstår fordi det er samspill mellom kjønn, behandling og helbredelse. Blant kvinner ble 75 % behandlet, men bare 30 % ble friske. Blant menn ble 25 % behandlet, men 70 % ble friske.

Paradokset kan unngås dersom man uttrykker virkningene av behandling i form av oddsforhold og vekter sammen oddsforholdene med vanlige teknikker for meta-analyse. Virkningen av behandling blant kvinner uttrykt som oddsforhold er:

$$\text{Oddsforhold for helbredelse} = \frac{\left(\frac{9}{21}\right)}{\left(\frac{2}{8}\right)} = 1,714.$$

Det tilsvarende oddsforhold blant menn er 1,556. Hvert oddsforhold kan tillegges en statistisk vekt som er omvendt proporsjonal med variansen til logaritmen til oddsforholdet. For kvinner blir dette.

$$\text{Statistisk vekt} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{21} + \frac{1}{2} + \frac{1}{8}} = 1,276.$$

For menn blir den statistiske vekten 1,626. En vektet gjennomsnittlig virkning kan beregnes ved å summere produktene av logaritmen til oddsforholdet og de statistiske vektene:

$$\ln(1,714) \cdot 1,276 = 0,688 + \ln(1,556) \cdot 1,626 = 0,718.$$

$$\text{Sum av vekter} = 1,276 + 1,626 = 2,902. \text{ Sum av produkter av logaritmer og vekter} = 0,688 + 0,718 = 1,406.$$

Den vektete gjennomsnittlige virkningen av behandling er:

$$\text{Vektet gjennomsnittlig oddsforhold} = e^{\left(\frac{1,406}{2,902}\right)} = 1,623.$$

Her er e grunntallet til de naturlige logaritmer (2,71828). Et oddsforhold på 1,623 tilsvarer en sannsynlighet på 61,9 %.

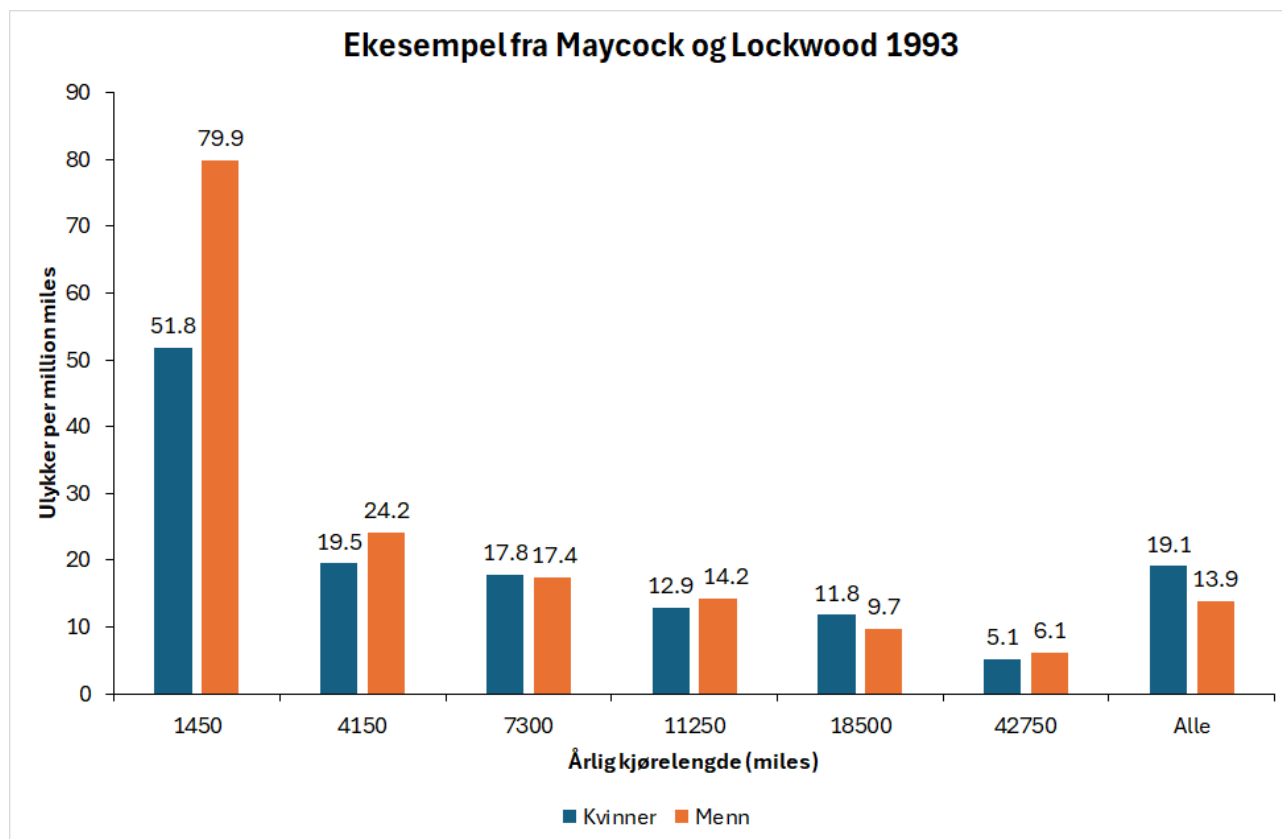
I de følgende avsnitt gis eksempler på Simpson's paradoks fra trafiksikkerhetsforskning og akuttmedisin. Etter eksemplene drøftes det hvilke feilslutninger man kan begå dersom paradokset ikke oppdages og kontrolleres for slik det er vist i avsnittet over.

Eksempler på Simpson's paradoks fra trafiksikkerhetsforskning

Sammenhengen mellom kjønn og ulykkesrisiko

Har kvinner eller menn lavest ulykkesrisiko i trafikken? Svaret avhenger av om vi kontrollerer for kjørelengde eller ikke. Det er godt kjent (Elvik 2023) at ulykkesrisikoen, det vil si antall ulykker per kjørt kilometer, ikke er uavhengig av kjørelengden. Jo lengre man kjører, desto lavere er ulykkesrisikoen. Kvinner kjører gjennomsnitt kortere enn menn og kan av den grunn ha en høyere gjennomsnittlig ulykkesrisiko enn menn.

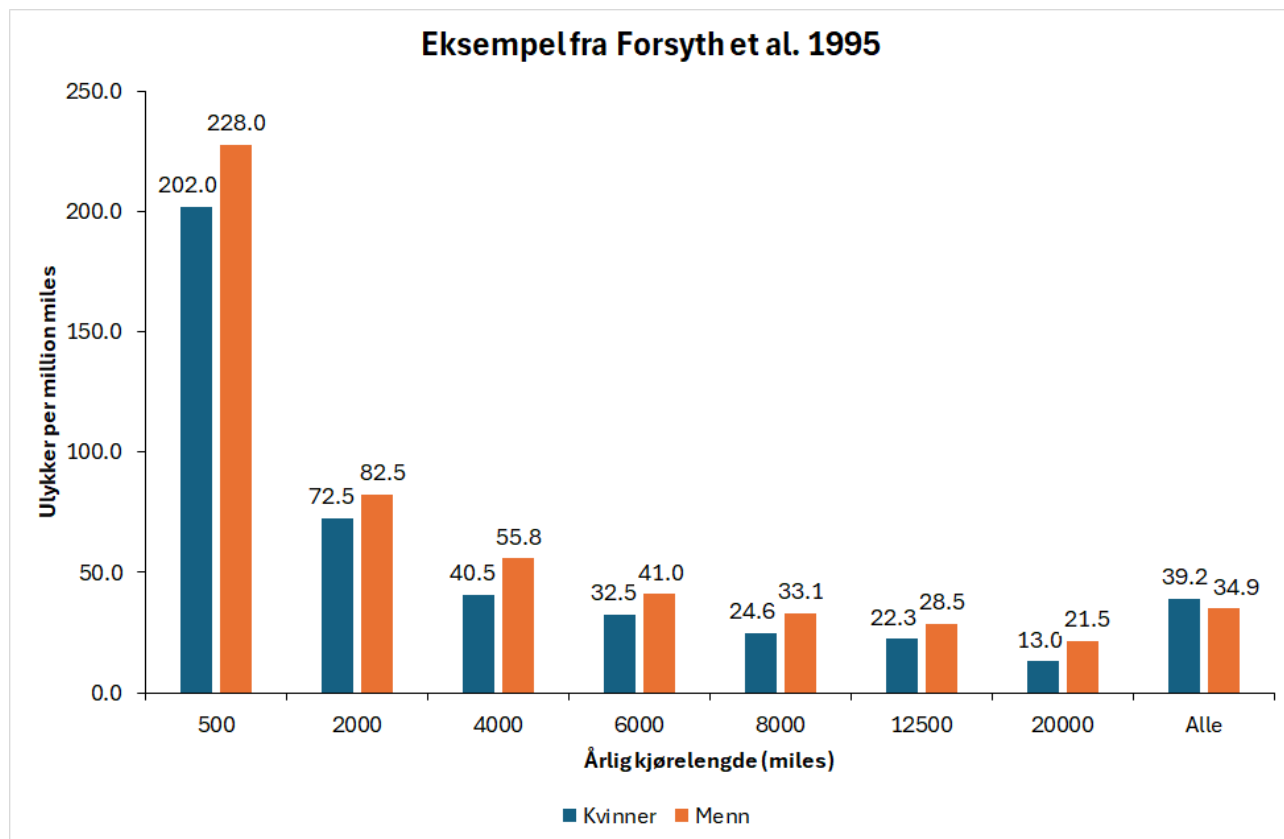
Figur 1 er laget på grunnlag av en studie utført av Maycock og Lockwood (1993). Et utvalg av unge bilførere ble delt inn i seks grupper på grunnlag av kjørelengde. I hver gruppe ble antall ulykker per million miles beregnet.



Figur 1: Ulykker per million miles blant kvinner og menn i grupper etter årlig kjørelengde. Maycock og Lockwood 1993

I fire av de seks gruppene hadde kvinner lavere ulykkesrisiko enn menn. Ser man alle grupper under ett, hadde kvinner 37 % høyere ulykkesrisiko enn menn (19,1 mot 13,9). Forklaringen er at kvinner i gjennomsnitt kjørte 5128 miles per år, mens menn i gjennomsnitt kjørte 10470 miles per år. Dersom man beregner en vektet gjennomsnittlig risiko ved å benytte statistiske vektorer som er omvendt proporsjonale med ulykkestallene i hver gruppe, som vist i eksemplet over for virkninger av behandling, finner man at kvinner i gjennomsnitt hadde 13 % lavere ulykkesrisiko enn menn.

Figur 2 bygger på en tilsvarende undersøkelse av Forsyth et al. (1995).



Figur 2: Ulykker per million miles blant kvinner og menn i grupper etter årlig kjørelengde. Forsyth et al. 1995

Det er 7 grupper for kjørelengde. I hver gruppe er kjørelengden oppgitt som midtpunktet i et intervall. Kvinner har lavere risiko enn menn i alle grupper for kjørelengde, men har når gruppene slås sammen 12 % høyere ulykkesrisiko enn menn (39,2 mot 34,9). Ved kontroll for kjørelengde har kvinner 24 % lavere ulykkesrisiko enn menn.

Sammenhengen mellom alder og ulykkesrisiko

Ulykkesrisikoen for bilførere varierer med alderen. Det er vanlig å finne en U-formet kurve der de yngste og de eldste bilførere har høyest ulykkesrisiko. For noen år siden oppstod en diskusjon om eldre førere virkelig har høyere ulykkesrisiko enn førere i andre aldersgrupper. Den første undersøkelsen som hevdet at dette ikke var tilfellet ble publisert av Hakamies-Blomqvist et al. i 2002 (Hakamies-Blomqvist et al. 2002). Resultatene av denne undersøkelsen er gjengitt i tabell 2.

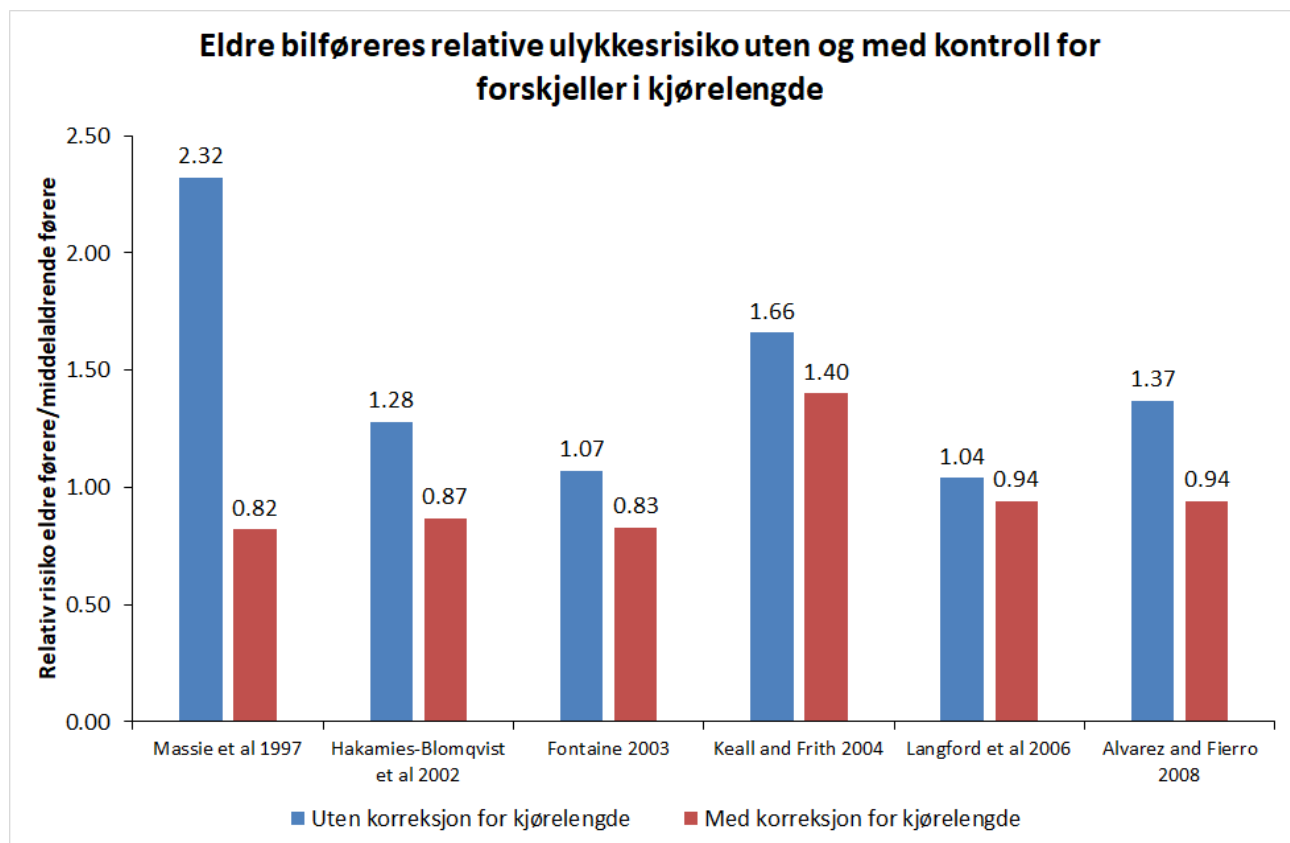
Ulykkesrisikoen for førere med ulik årlig kjørelengde ble sammenliknet mellom førere på 65 år eller mer og førere i aldersgruppen 26-40 år. I hver aldersgruppe ble det skilt mellom kort årlig kjørelengde (inntil 2000 kilometer), middels lang årlig kjørelengde (2000-20.000 kilometer) og lang årlig kjørelengde (over 20.000 kilometer).

Tabell 2: Bilføreres ulykkesrisiko etter kjørelengde og alder. Basert på Hakamies-Blomqvist et al. 2002

Førere på 65 år eller mer			Førere i alderen 26-40 år			
Kilometer per år	Antall ulykker	Ulykker per million kilometer	Kilometer per år	Antall ulykker	Ulykker per million kilometer	Risiko 65+/26-40
1581	31	47,55	1272	7	72,38	0,671
9059	96	11,56	8497	16	14,71	0,786
20438	41	6,15	25536	29	5,79	1,062
8865	168	10,77	15473	52	8,40	1,282

Eldre bilførere hadde lavere ulykkesrisiko enn bilførere i aldersgruppen 26-40 år i to av de tre gruppene for kjørelengde. Ser man alle grupper under ett, hadde eldre førere 28 % høyere ulykkesrisiko enn middelaldrende førere. Ved kontroll for forskjellene i kjørelengde hadde eldre førere 12 % lavere ulykkesrisiko enn middelaldrende.

Dette er ikke et enestående funn. En rekke tilsvarende resultater ble drøftet i en artikkel presentert på Trafikdage i 2012 (Elvik 2012). Fra denne artikkelen er figur 3 hentet.

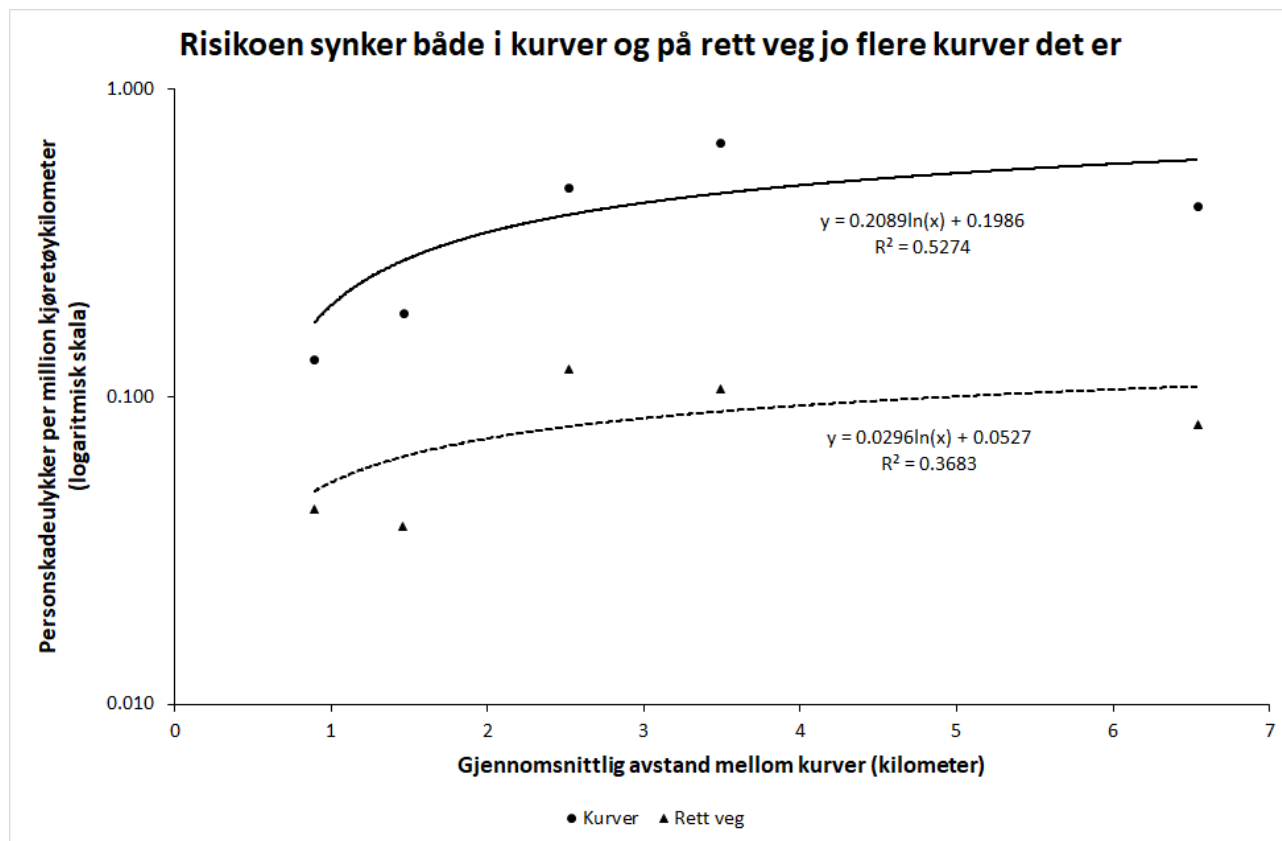


Figur 3: Eldre bilføreres relative ulykkesrisiko uten og med kontroll for forskjeller i årlig kjørelengde. Hentet fra Elvik (2012)

I fem av seks undersøkelser endres retningen på forskjellen i risiko. Uten kontroll for forskjeller i kjørelengde viser disse studiene at eldre bilførere har høyere ulykkesrisiko enn middelaldrende. Med kontroll for forskjeller i kjørelengde viser de at eldre bilførere har lavere ulykkesrisiko enn middelaldrende. Bare undersøkelsen til Keall og Frith fant at eldre bilførere hadde høyere ulykkesrisiko enn middelaldrende etter kontroll for forskjeller i kjørelengde.

Ulykkesrisiko i kurver og på rett veg

Det er godt dokumentert at ulykkesrisikoen er høyere i horisontalkurver enn på rette vegstrekninger (Elvik 2023). Alt annet likt skulle man derfor tro at veger med mange kurver har høyere ulykkesrisiko enn veger med få kurver. Det er ikke tilfellet. Jo flere kurver det er på en veg, desto lavere er ulykkesrisikoen (Elvik 2019). Dette fremgår av figur 4, som bygger på norske data sammenstilt av Elvik (2019).



Figur 4: Ulykkesrisiko i kurver og på rett veg som funksjon av gjennomsnittlig avstand mellom kurver. Basert på Elvik (2019)

Uansett hvor mange kurver det er på en veg, er ulykkesrisikoen høyere i kurver enn på rette strekninger. Men jo flere kurver det er, desto lavere er ulykkesrisikoen både i kurver og på rette strekninger. Veger med mange kurver har derfor lavere total risiko for ulykker, kurver og rette strekninger sett under ett, enn veger med få kurver. Forklaringen på dette er trolig at på veger med mange kurver er førerne bedre forberedt på kurver enn på veger med få kurver. Når kurvene kommer tett etter hverandre, er det heller ikke mulig å øke farten så mye mellom hver kurve som når kurvene har større innbyrdes avstand.

Dersom alle kurver og alle rette strekninger hadde hatt samme ulykkesrisiko som i gruppen der avstanden mellom kurvene var størst (6,54 kilometer; lengst til høye i figur 4), ville ulykkestallet ha økt med 38 % når avstanden mellom kurvene ble redusert fra 6,54 til 0,89 kilometer. Det er da forutsatt at hver kurve har en lengde på 100 meter. I stedet viser risikotallene at antall ulykker på veger med en avstand på 0,89 kilometer mellom kurvene var 38,5 % lavere enn på veger der avstanden mellom kurvene var 6,54 kilometer.

Ulykkesrisiko med og uten midtdeler i bygater

En midtdeler skaper et fysisk skille eller barriere mellom trafikk i motsatte retninger. Dette har vist seg å bedre sikkerheten på motorveger og andre veger der trafikken avvikes i høy fart. En nederlandsk undersøkelse (Dijkstra 1990) tyder imidlertid på at sammenhengen mellom midtdelere og ulykkesrisiko er mer komplisert i bygater, spesielt når det gjelder risiko for ulykker med kun materielle skader. Tabell 3 viser

ulykker og ulykkesrisiko i bygater med og uten midtdeler og med ulik parkeringsregulering og forekomst av fortau.

Det er et uryddig mønster. I fem av de åtte gruppene har gater med midtdeler høyere ulykkesrisiko enn gater uten midtdeler. Når de åtte gruppene legges sammen, har gater med midtdeler ca 30 % lavere ulykkesrisiko enn gater uten midtdeler.

Tabell 3: Ulykkesrisiko (ulykker med materielle skader) i gater med og uten midtdeler. Basert på Dijkstra (1990)

	Gater uten midtdeler		Gater med midtdeler		
	Ulykker	Ulykker per million kjøretøy-kilometer	Ulykker	Ulykker per million kjøretøy-kilometer	Relativ risiko (med/uten midtdeler)
Fortau og parkering					
Ikke fortau; ikke parkering	1050	2,598	605	1,251	0,481
Ikke fortau; parkering tillatt	2005	2,799	180	3,103	1,109
Ikke fortau; parkering regulert	1404	2,827	153	6,955	2,460
Ensidig fortau; ikke parkering	236	1,292	324	1,129	0,873
Ensidig fortau; parkering regulert	91	1,750	98	2,450	1,400
Tosidig fortau; ikke parkering	803	1,699	1470	1,240	0,730
Tosidig fortau; parkering tillatt	1626	1,998	347	2,199	1,101
Tosidig fortau; parkering regulert	887	2,188	637	5,904	2,698
Alle gater	8545	2,317	3814	1,628	0,703

Når en vektet gjennomsnittlig ulykkesrisiko beregnes, har gater med midtdeler 4,5 % høyere ulykkesrisiko enn gater uten midtdeler. Forklaringer på dette er ikke kjent. Men alle gater der midtdeler er forbundet med høyere risiko har parkering. Bare i gater uten parkering er risikoen lavere med midtdeler enn uten.

Risiko for nakkeskade med gamle og nye seter

For mange år siden innledet Chalmers tekniske høyskole i Gøteborg i samarbeid med Volvo og Saab forskning med sikte på å utvikle bedre beskyttelse mot nakkeskader ved påkjøring bakfra. Denne forskningen førte til at både Volvo og Saab utviklet nye seter som ga bedre beskyttelse mot skader ved påkjøring bakfra enn før. Eriksen et al. (2004) presenterte resultatene av en del undersøkelser om virkninger på nakkeslengskader av de nye setene. Resultatene av disse undersøkelsene fremgår av tabell 4.

Tabell 4: Risiko for nakkeslengskade ved tradisjonelle og nye seter. Basert på Eriksen et al. (2004)

Studie	Tradisjonelle seter		Forbedrede seter		Relativ skaderisiko (forbedret/tradisjonell)
	Skadet	Alle	Skadet	Alle	
Viano, Olsen 2001	48	85	38	92	0,780
Farmer et al. 2003	18	112	8	84	0,518
Farmer et al. 2003	3	15	9	68	0,622
Farmer et al. 2003	15	65	8	47	0,464
Krafft et al. 2003	605	15892	57	1813	0,826
Krafft et al. 2004	55	82	20	58	0,514
Jakobsson 2004	69	89	123	235	0,675
Alle studier	811	16340	263	2396	2,211

Alle studier fant at de forbedrede setene ga en lavere risiko for nakkeslengskade enn de tradisjonelle setene. Dersom man legger sammen resultatene av undersøkelsene, finner man det stikk motsatte: skaderisikoen mer enn fordobles i de forbedrede setene. Dette er et misvisende resultat og viser godt en av

grunnreglene i meta-analyse (Rosenthal 1991): legg aldri sammen rådata. Dersom man beregner et vektet gjennomsnittlig resultat, viser dette en nedgang i risikoen for nakkeslengskade på 25 %.

Eksempel på Simpson's paradoks fra akuttmedisin

Transport til sykehus med ambulanse eller helikopter

Simpsons paradoks forekommer hyppig i studier av valget mellom helikoptertransport eller transport med ambulanse fra et skadested til sykehus. Paradokset fremkommer her ved at helikoptertransport gir større sannsynlighet for å overleve for de fleste grupper av skadde, men lavere sannsynlighet for å overleve når alle skadde ses under ett.

Et tidlig eksempel kan hentes fra en studie av Boyd et al. (1989). Resultatene av undersøkelsen finnes i tabell 5. Pasientene ble delt i fem grupper på grunnlag av sannsynligheten for å overleve. Oddsforholdet for å dø når helikopter ble sammenlignet med ambulanse ble beregnet i hver gruppe. Helikopter ga lavere oddsforhold (større sannsynlighet for å overleve) i tre av fem grupper. Når alle grupper slås sammen var imidlertid sannsynlighetsfor å dø langt høyere (33 av døde 103 pasienter) blant dem som blir transportert med helikopter enn blant dem som ble transportert med ambulanse (15 døde av 110 pasienter).

Tabell 5: Overlevelse ved transport til sykehus med ambulanse eller helikopter. Basert på Boyd et al. (1989)

	Ambulanse		Helikopter		
Sannsynlighet for å overleve	Pasienter	Forholdet faktiske/predikerte dødsfall	Pasienter	Forholdet faktiske/predikerte dødsfall	Oddsforhold for å dø (helikopter/ambulanse)
>0,90	81	0,617	36	1,789	2,919
0,75-0,89	11	2,442	13	0,497	0,204
0,50-0,74	7	0,904	13	0,435	0,481
0,25-0,49	4	1,111	9	0,722	0,650
≤0,24	7	0,771	32	0,822	1,066
All	110	Døde: 15	103	Døde: 33	2,986

Når et statistisk vektet gjennomsnittlig oddsforhold beregnes, blir verdien 0,704, som viser at sannsynligheten for å dø er omkring 30 % lavere ved helikoptertransport enn ved ambulansetransport.

Tabell 6 viser et annet eksempel. Det er hentet fra en svensk undersøkelse av Lapidus et al. (2023).

Tabell 6: Overlevelse ved transport til sykehus med ambulanse eller helikopter. Basert på Lapidus et al. (2023)

	Ambulanse		Helikopter		
Injury severity score	Døde	I alt	Døde	I alt	Oddsforhold for å dø (helikopter/ambulanse)
<8	558	45883	27	1919	1,159
9-15	603	13900	23	1211	0,427
16-24	504	5520	39	722	0,568
≥25	1766	4200	210	677	0,620
Totalt	3431	69503	299	4529	1,361

Den totale dødeligheten var høyere ved transport med helikopter enn ved transport med ambulanse (6,6 % mot 4,9 %). Men når et vektet gjennomsnitt for de fire gruppene for «Injury severity score» beregnes, blir

det 0,634, noe som indikerer en nesten 37 % lavere dødelighet knyttet til helikoptertransport enn ambulansetransport.

Diskusjon

Hvor vanlig er Simpsons paradoks i trafiksikkerhetsforskning og akuttmedisin? Det er ukjent hvor vanlig det er. Det kan lett passere uoppdaget. Hvis, for eksempel, Forsyth et al. (1995) ikke hadde beregnet ulykkestall i grupper med ulike årlige kjørelengder, ville de aldri ha oppdaget at kvinner i hver gruppe hadde en lavere ulykkesrisiko enn menn, og kunne feilaktig ha konkludert med at det motsatte var tilfellet.

Å oppdage Simpsons paradoks er i hovedsak et spørsmål om å kontrollere for en eller flere bakenforliggende faktorer. Men for å kontrollere for en bakenforliggende faktor, må man minst (1) mistenke at faktoren kan påvirke resultatene og (2) ha data som gjør det mulig å kontrollere for faktoren. Manglende kontroll for bakenforliggende faktorer medfører ofte overdrevne anslag på virkninger av et tiltak eller en bestemt faktor. Elvik (2002) viser for eksempel at effektene som tilskrives et trafiksikkerhetstiltak ofte blir mindre når kontrollen for bakenforliggende faktorer blir bedre. Som et eksempel ble virkningen på antall ulykker av en ny innfartsveg til Bergen beregnet til en nedgang på 25,5 % når det ikke ble kontrollert for en langsiktig trend i antall ulykker og regresjon mot gjennomsnittet. Beregnet virkning ble redusert til 8,5 % nedgang i ulykker ved kontroll for disse feilkildene.

Slike tilfeller er velkjente. Simpsons paradoks ser ut til å være mindre kjent, selv om det er en mer alvorlig feilkilde. Simpsons paradoks innebærer ikke bare en svekkelse av en effekt når det kontrolleres for bakenforliggende faktorer kontrolleres. Effekten endrer retning. Tabell 7 oppsummerer eksemplene som er presentert i denne artikkelen.

Tabell 7: Oppsummering av eksempler på Simpson's paradoks som er diskutert i denne artikkelen

Sammenligning	Ukontrollert forholdstall	Kontrollert forholdstall	Kontrollert for
Ulykkesrisiko etter kjønn (kvinner/menn)	1,370	0,868	Kjørelengde
Ulykkesrisiko etter kjønn (kvinner/menn)	1,124	0,762	Kjørelengde
Ulykkesrisiko etter alder (eldre/middelaldrende)	1,282	0,882	Kjørelengde
Ulykkesrisiko etter alder (eldre/middelaldrende)	1,045	0,929	Kjørelengde
Ulykkesrisiko i kurver (kurver/rett veg)	1,382	0,615	Kurvetetthet
Ulykkesrisiko med/uten midtdeler	0,703	1,045	Fortau, parkering
Nakkeskadebeskyttelse (forbedret/gammel)	2,211	0,745	Antall personer
Transport med ambulanse eller helikopter	2,986	0,704	Sannsynlighet for å dø
Transport med ambulanse eller helikopter	1,361	0,634	Injury severity score

Hvis man ikke oppdager Simpsons paradoks, kan det få konsekvenser for bruken av trafiksikkerhetstiltak. Hvis man feilaktig tror at eldre førere har en høyere ulykkesrisiko enn middelaldrende førere, kan man innføre tiltak rettet mot eldre førere – som opplæring, begrensninger i førerkortet, legekontroller eller andre tiltak som ville fremstå som ubegrunnede dersom man visste at eldre førere har lavere ulykkesrisiko enn middelaldrende førere.

Ved helikoptertransport av pasienter er det et svært systematisk mønster. Det gir en fordel når skadene er alvorlige, eller overlevelsessannsynligheten er lav. Når alle pasienter sammenlignes, snus fordelene til en ulempe, men dette skyldes overforbruk av helikoptre for mindre livstruende tilstander. Det kan imidlertid være vanskelig å unngå dette overforbruket helt.

Når det gjelder midtdelere i bygater, ble alle tilfeller av økt ulykkesrisiko funnet i gater med parkering. En retningslinje for bruk av midtdelere i bygater, kan derfor være å unngå å bruke dem i gater med parkering.

Konklusjoner

Simpsons paradoks betegner et fenomen som finnes når retningen til en forskjell eller forhold endrer fortegn når celler i en tabell legges sammen. Hvis for eksempel kvinner har en lavere ulykkesrisiko enn menn i hver av flere grupper dannet etter årlig kjøreavstand, men kvinner har en høyere ulykkesrisiko enn menn når data for alle grupper legges sammen, er det et tilfelle av Simpsons paradoks. Denne artikkelen har vist eksempler på Simpsons paradoks hentet fra trafikksikkerhetsforskning og akuttmedisin. Dette er kun eksempler, og det er helt klart at flere eksempler kan finnes. Det er imidlertid ikke kjent hvor vanlig paradokset er og hvor ofte det ikke blir oppdaget.

Referanser

Alvarez, F. J., Fierro, I. 2008. Older drivers, medical condition, medical impairment and crash risk. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 55-60.

Boyd, C. R., Corse, K. M., Campbell, R. C. 1989. Emergency interhospital transport of the major trauma patient: Air versus ground. *The Journal of Trauma*, 29, 789-793.

Dijkstra, A. 1990. Problemsituaties op verkeersaders in de bebouwde kom: Tweede fase: Selectie van problemsituaties. SWOV Rapport R-90-13. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Elvik, R. 2002. The importance of confounding in observational before-after studies of road safety measures. *Accident Analysis and Prevention*, 34, 631-635.

Elvik, R. 2012. Er særskilte tiltak for regulering og kontroll av eldre førere etisk forsvarlige? Artikkel på Trafikdage 2012.

Elvik, R. 2019. The more (sharp) curves, the lower the risk. *Accident Analysis and Prevention*, 133, 105322.

Elvik, R. 2023. Driver mileage and accident involvement: a synthesis of evidence. *Accident Analysis and Prevention*, 179, 106899.

Eriksen K. S., Hervik, A., Elvik, R., Hagman, R. Steen, A. H. 2004. Effektanalyse av nakkeskadeforskningen på Chalmers. Rapport 719. Oslo, Transportøkonomisk institutt.

Farmer, C. M., Wells, J. K., Lund, A. K. 2003. Effects of head restraints and seat redesign on neck injury risk in rear-end crashes. *Traffic Injury Prevention*, 4, 83-90.

Fontaine, H. 2003. Âge des conducteurs de voiture et accidents de la route. Quel risque pour les seniors? *Recherche Transports Sécurité*, 79, 107-120.

Forsyth, E., Maycock, G., Sexton, B. 1995. Cohort study of learner and novice drivers: Part 3, accidents, offences and driving experience in the first three years of driving. Project Report 111. Crowthorne, Berkshire, Transport Research Laboratory.

Hakamies-Blomqvist, L., Raitanen, T., O'Neill, D. 2002. Driver ageing does not cause higher accident rates per km. *Transportation Research Part F*, 5, 271-274.

Jakobsson L. 2004. Whiplash Associated Disorders in Frontal and Rear-End Car Impacts. Göteborg, Chalmers University of Technology.

- Keall, M. D., Frith, W. J. 2004. Association between older driver characteristics, on-road driving test performance, and crash liability. *Traffic Injury Prevention*, 5, 112-116.
- Krafft M., Kullgren, A. Lie, A., Tingvall, C. 2003. Utvärdering av whiplashskydd vid påkörning bakifrån – verkliga olyckor och krockprov. Folksam och Vägverket. Preliminär rapport. Juni 2003.
- Krafft, M., Kullgren, A., Ydenius, A. 2004. Utvärdering av projekt whiplashskydd för eftermarknad. Stockholm, Folksam.
- Langford, J., Methorst, R., Hakamies-Blomqvist, L. 2006. Older drivers do not have a high crash risk: a replication of low mileage bias. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 574-578.
- Lapidus, O., Wahlin, R. R., Bäckström, D. 2023. Trauma patient transport to hospital using helicopter emergency medical services or road ambulance in Sweden: a comparison of survival and prehospital time intervals. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 31:101.
- Massie, D. L., Green, P. E., Campbell, K. L. 1997. Crash involvement rates by driver gender and the role of average annual mileage. *Accident Analysis and Prevention*, 29, 675-685.
- Maycock, G., Lockwood, C. R. 1993. The accident liability of British car drivers. *Transport Reviews*, 13, 231-245.
- Pearl, J. 2011. Simpson's paradox: an anatomy. UCLA Department of statistics papers. 2011-10-25.
- Rosenthal, R. 1991. Meta-analytic procedures for social research. Applied social research methods series volume 6. Newbury Park, CA, Sage publications.
- Simpson, E. H. 1951. The interpretation of interaction in contingency tables. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 13, 238–241.
- Viano, D. C. Olsen. S. 2001. The Effectiveness of Active Head Restraint in Preventing Whiplash. *The Journal of Trauma*, 51, 959-969.