

Denne artikkel er udgivet i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)
ISSN 1603-9696
<https://journals.aau.dk/index.php/td>

Et moderne perspektiv på ulykkesårsaker

Rune Elvik (re@toi.no)

Transportøkonomisk institutt, Oslo, Norge

Abstrakt

Den viktigste grunn til å studere ulykkesårsaker er å finne tiltak for å forebygge ulykker. Tanken er at man løser et problem ved å fjerne eller kontrollere årsakene til problemet. Av dette følger at alle trafikk-sikkerhetstiltak som kan bidra til å redusere antall ulykker eller gjøre dem mindre alvorlige også må betraktes som ulykkesårsaker; det vil si at manglende iverksettelse av slike tiltak bidrar til at antall ulykker er høyere enn det ellers hadde vært. Tradisjonelt har imidlertid studiet av ulykkesårsaker fokusert på risikofaktorer som øker sannsynligheten for at ulykker skal inntreffe, og da spesielt risikofaktorer knyttet til trafikantene. Slike risikofaktorer kan kun betraktes som ulykkesårsaker dersom det er mulig å påvirke dem med ett eller flere trafikk-sikkerhetstiltak. Dette innebærer at en rekke kjennetegn ved mennesker som påvirker deres sannsynlighet for å bli innblandet i ulykker, som kjønn, alder, erfaring, forventninger, og så videre, ikke kan betraktes som ulykkesårsaker fordi disse egenskapene ikke kan endres eller påvirkes med trafikk-sikkerhetstiltak. En studie av ulykkesårsaker er ufullstendig så lenge den ikke inneholder en drøfting av mulige tiltak for å gjøre fremtidige ulykker mindre sannsynlige. Det kan defineres kriterier for å avgjøre når en liste over risikofaktorer som anses for å ha utløst en ulykke er fullstendig. En liste over mulige trafikk-sikkerhetstiltak begrenses kun av fantasien og kan dermed aldri betraktes som fullstendig.

Innledning og problemstillinger

Studiet av ulykkesårsaker er like gammelt som det moderne studium av ulykker, som kan tidfestes til forrige århundreskifte, da Bortkiewicz (1898) publiserte sin klassiske studie av dødsulykker ved hestespark i den Prøyssiske hær. Mange teorier har gjennom årene vært lansert for å forklare ulykker, men denne artikkelen tar ikke sikte på å gå gjennom disse teoriene. I stedet vil artikkelen skissere et moderne perspektiv på ulykkesårsaker. Dette perspektiv er sterkt påvirket av artikler av Shinar (2019) og Hauer (2020), som begge drøfter det de anser som svakheter ved den tradisjonelle oppfatningen av ulykkesårsaker, spesielt forestillingen om at de aller fleste ulykker skyldes menneskelige feilhandlinger. Artikkelen tar sikte på å besvare følgende spørsmål:

1. Hva er en fruktbar definisjon av en ulykkesårsak?
2. Hvordan kan ulykkesårsaker påvises empirisk under ideelle og mindre ideelle betingelser?
3. Er det mulig å avgjøre om en liste over risikofaktorer som bedømmes å ha bidratt til en bestemt ulykke er fullstendig eller ikke?
4. Er det mulig å avgjøre om en statistisk analyse av systematisk variasjon i ulykestall er fullstendig eller ikke?

5. Er det mulig å tolke regresjonskoeffisienter som er beregnet i multivariate statistiske analyser som uttrykk for årsakssammenhenger?
6. Er det riktig å hevde at ulykker som er tilfeldig fordelt mellom enheter i en gruppe ikke kan forebygges?
7. Hvilke risikofaktorer kan anses som årsaker til ulykker og hvilke risikofaktorer kan ikke anses som årsaker til ulykker?

Hva er en ulykkesårsak?

Det finnes ingen alment akseptert definisjon av hva en ulykkesårsak er. Tradisjonelt har studiet av ulykkesårsaker fokusert på hva som utløste ulykken; hva som skjedde umiddelbart før ulykken inntraff og gjorde den umulig å unngå. En vanlig konklusjon har vært at ulike feilhandlinger hos trafikantene har utløst de fleste ulykker. Grime (1987) kommenterer dette slik:

“Human factors were judged to be present in about 95 percent of the accidents. This is perhaps not surprising since all accidents involve road users and it is almost always possible to think of some action which could have been taken by the road user to avoid the accident. However, when considering remedial measures, the most effective remedy is not necessarily related to the main factor and may lie in a different area. Human behaviour may often be influenced more readily by engineering means than by education or the enforcement of legislation.”

Her sier Grime tilsynelatende at man kan forebygge ulykker uten å fjerne deres viktigste årsaker. Rent logisk er dette vanskelig å godta. Dersom man aksepterer at ulykker har årsaker, følger det at de bare kan forebygges ved å fjerne eller kontrollere disse årsakene. Shinar (2019) og Hauer (2020) argumenterer for at den tradisjonelle oppfatningen av ulykkesårsaker, som tillegger menneskelige faktorer en avgjørende betydning i nesten alle ulykker, er feilaktig. Hauer (2020, 1) kaller dette ”a quasi-finding” som skyldes at man i mange undersøkelser kun har studert det som skjedde umiddelbart før ulykken og tatt alle andre forhold, som vegutforming og kjøretøyets egenskaper, for gitt. Man har med andre ord ikke spurt om ulykken kunne ha vært unngått dersom vegen hadde hatt en annen utforming; dersom fartsgrensen hadde vært lavere; eller dersom kjøretøyet hadde hatt en form for kollisjonsvarsling og nødbrems. Hauer definerer en ulykkesårsak slik (2020, 12):

“A crash cause is a circumstance or action that, were it different, the frequency of crashes and/or their severity would be different.”

En årsak er med andre ord noe som kan endres, som kan manipuleres. En slik definisjon av en årsak støttes blant annet av Woodward (2003), som definerer en årsak slik (litt forkortet):

“X er en årsak til Y dersom (1) det finnes et tiltak som kan endre verdien av X slik at (2) dersom dette tiltaket (og ingen andre tiltak) iverksettes, så vil verdien av Y, eller sannsynlighetsfordelingen til Y, endres.”

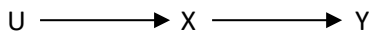
Denne definisjonen kan anvendes til å definere når en risikofaktor som har en statistisk sammenheng med ulykker kan betraktes som en årsak til de ulykker faktorene har sammenheng med:

En risikofaktor er en (medvirkende) årsak til ulykker dersom det finnes ett eller flere trafiksikkerhetstiltak som kan påvirke risikofaktoren og dermed endre dens sammenheng med ulykker.

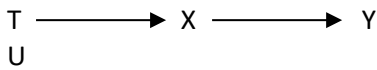
Ved å definere risikofaktorer som årsaker kun hvis de kan påvirkes av et trafiksikkerhetstiltak knytter man studiet av ulykkesårsaker direkte til studiet av ulykkesforebygging og unngår at ulykkesårsaker og trafiksikkerhetstiltak betraktes som løsrevne fra hverandre, slik Grime synes å mene at de er.

Påvisning av årsaker under ideelle og mindre ideelle betingelser

Kausaldiagrammer benyttes mye til å modellere årsakssammenhenger (Woodward 2003, Pearl og Mackenzie 2018). Woodward (2003) presiserer sin definisjon av en årsak ved hjelp av slike diagrammer. Før et tiltak (T) innføres, kan vi tenke oss at følgende årsakskjede finnes:



Etter at et tiltak T er innført, gjelder følgende årsakskjede:

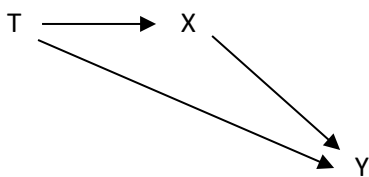


Dersom T er et trafikksikkerhetstiltak, X er en risikofaktor og Y er ulykker, krever årsaksdefinisjonen til Woodward (2003) at det etter at trafikksikkerhetstiltaket er innført kun er dette som påvirker risikofaktoren, ikke de forholdene U som tidligere påvirket risikofaktoren.

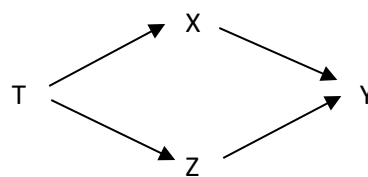
Anvendt på trafikksikkerhetstiltak er dette kravet for strengt. Hvis vi tenker oss at U er jordens rotasjon, X er mørke og Y er ulykker, vil et tiltak som vegbelysning ikke hindre at jordens rotasjon fortsetter å frembringe mørke. Vegbelysning fjerner ikke jordrotasjon som årsak til mørke, men reduserer risikoen knyttet til mørke ved å skape kunstig lys.

Andre tilfeller der Woodward sier at T ikke er en årsak er følgende:

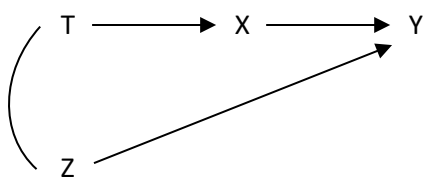
A: Direkte sammenheng:



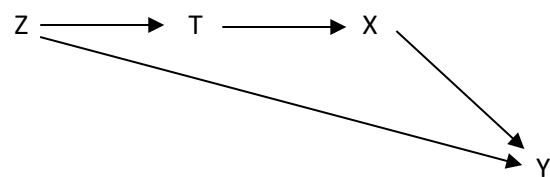
B: Mer enn en årsakskjede:



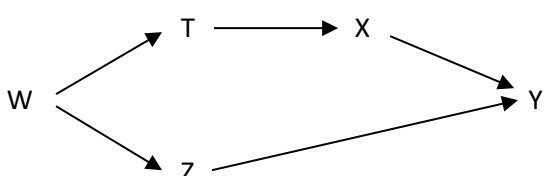
C: Korrelasjon med en annen variabel:



D: Bakenforliggende årsak:



E: Felles årsak:



Tilfelle A er uproblematisk. Ethvert trafikksikkerhetstiltak (T i figuren) virker på ulykkene ved å påvirke en eller flere risikofaktorer (X). Ingen tiltak påvirker ulykkene direkte. Tilfelle A vil derfor ikke forekomme når man studerer hvordan trafikksikkerhetstiltak påvirker risikofaktorer som igjen påvirker ulykkene.

Tilfelle B kan derimot forekomme ved trafiksikkerhetstiltak. Dersom T er salting av veg, kan X være friksjon (det saltingen tar sikte på å påvirke), Z kan være fart (som også påvirkes) og Y ulykkestall. I et slikt tilfelle er det et empirisk spørsmål hvilken årsakskjede som er sterkest. Dersom variablene som inngår i begge årsakskjeder kan måles og har en kjent sammenheng med ulykkestall, kan dette avgjøres. T er i dette tilfellet en årsak både til tilsiktede endringer i en risikofaktor og utilsiktede endringer i en annen risikofaktor.

I tilfelle C er innføring av tiltaket (T) korrelert med en annen variabel (Z) som også påvirker ulykkestallet. Her kan Z for eksempel være trafikkmengde; et kryss signalreguleres bare dersom trafikkmengden er mer enn en grenseverdi. Samtidig er trafikkmengde en variabel som påvirker ulykkestall. I praksis vil en direkte sammenheng mellom Z og Y, som vist for tilfelle C, ikke nødvendigvis forekomme. Hvis trafikkmengden er uendret fra før til etter signalregulering påvirker korrelasjonen mellom trafikkmengde og signalregulering bare om tiltaket innføres eller ikke.

Tilfelle D er problematisk. Her påvirker en bakenforliggende variabel både tiltaket og ulykkestall. Et eksempel kan være at et unormalt høyt ulykkestall fører til innføring av et tiltak. Samtidig vil et unormalt høyt ulykkestall ofte bli redusert gjennom regresjon mot gjennomsnittet, selv om tiltaket ikke har noen virkning. Det er utviklet gode statistiske metoder for å kontrollere for regresjonseffekt i ulykkestall (Hauer 1997), slik at det i tilfelle D er mulig å beregne virkningen av tiltaket, kontrollert for regresjonseffekt.

I tilfelle E finnes det en felles årsak (W) til tiltaket og en annen variabel Z, som påvirker ulykkestallet. Et eksempel kan være at billigere drivstoff (W) fører til mer trafikk (Z), men samtidig til økt politikontroll (T), fordi politibiler blir billigere i drift. Dersom sammenhengen mellom trafikkmengde (Z) og ulykkestall er kjent, kan man kontrollere for endringer i trafikkmengde ved beregning av virkninger av endringer i kontroll (T).

Disse eksemplene viser at Woodward (2003) definerer en årsak som en eksperimentell manipulering under kontrollerte betingelser. Han sier at dette representerer ideelle betingelser for påvisning av årsaks-sammenhenger, men at det ofte er ønskelig å påvise slike sammenhenger også under betingelser som ikke er ideelle. De ideelle betingelser fungerer da som en "regulativ ide", det vil si at vi forsøker å gjøre de faktiske betingelser så ideelle som forholdene tillater. Det betyr, eksempelvis, at undersøkelser som kontrollerer statistisk for regresjonseffekter er bedre enn undersøkelser som ikke gjør dette.

Lister over risikofaktorer knyttet til ulykker: når er de fullstendige?

I dybdestudier av ulykker er det vanlig å lage en liste over faktorer som anses for å ha bidratt til ulykken. Et eksempel på dette finnes i en dybestudie av ulykker med tunge kjøretøy i Østfold fylke i Norge i 1988. En av ulykkene beskrives slik (Muskaug 1988):

"Eneulykke hvor trekkvognen på et vogntog veltet i en meget skarp venstresving. Krysset hvor velten skjedde er oversiktig. Trafikanten skulle (svinge til venstre inn på en påkjøringsrampe i et toplankryss) og under denne svingebevegelsen veltet trekkvognen ut av kjørebanelen på høyre side. Det var ingen andre trafikanter med i trafikksituasjonen da ulykken skjedde."

Ulykkeskommisjonen peker i sin rapport på en rekke faktorer som kan ha medvirket til ulykken:

1. Svingen hvor vogntoget veltet var meget krapp (kurveradius 10-15 meter) og dreide 115 grader.
2. Hovedvegen gjennom krysset går i kurve. Dette medfører et uheldig tverrfall for kjøretøy som skal svinge til venstre. Det var ikke innlagt eget tverrfall for venstresvingbevegelsen.
3. Teoretisk beregnet velte hastighet for et kjøretøy med samme dimensjoner som det forulykkede vogntoget i en kurve med radius 10-15 meter er ca 21 km/t.
4. Føreren var uheldig med sporvalget gjennom kurven. Dette medførte at kurveradius kom ned mot 10 meter, ikke opp mot 15 meter som ved et gunstigere sporvalg.

5. Da føreren merket at kjøretøyet begynte å krenge, forsøkte han å rette det opp. Dette mislyktes, da tilhengeren i vogntoget hang seg fast i en stein på ca 25 kg som lå i vegkanten.
6. Føreren hadde forholdsvis liten erfaring med å kjøre vogntog og oppfattet ikke kurven som farlig.

Slike lister er meget vanlige. Spørsmålet er: Når er slike lister fullstendige? Det vil si når nevnes alle faktorer som til sammen utløste ulykken (utgjorde en tilstrekkelig betingelse for den). Når er slike lister mer enn fullstendige? En mer enn fullstendig liste nevner faktorer som ikke direkte bidro til å utløse ulykken og ikke var en del av dens tilstrekkelige betingelse. Når er slike lister mangelfulle? Det vil si når unnlater de å nevne alle faktorer som til sammen utgjorde en tilstrekkelig betingelse for ulykken. Er det mulig å gi et tilnærmet objektivt svar på disse spørsmålene?

Filosofen John Mackie (1965) har foreslått at en sammensatt betingelse som han kaller en "INUS-condition" spesifiserer en fullstendig liste over elementer i en sammensatt tilstrekkelig betingelse for en ulykke. INUS betyr: Insufficient, but Necessary element of an Unnecessary but Sufficient condition. Han bruker forklaring av brann i et hus til å illustrere begrepet. Et lynnedslag kan starte brann i et hus, men er isolert sett ikke tilstrekkelig. Det må finnes noe brennbart lyntet kommer i kontakt med. Men heller ikke kombinasjonen av lynnedslag og brennbart materiale er tilstrekkelig, sier Mackie, hvis huset har et sprinkleranlegg som slukker et tilløp til brann. Et slikt anlegg må følgelig ikke finnes. Til sammen danner de tre elementene: (1) lynnedslag; (2) brennbart materiale; (3) ikke sprinkleranlegg en tilstrekkelig betingelse for brannen. De er imidlertid ikke en nødvendig betingelse, siden mange andre faktorer enn disse tre kan føre til brann i hus.

Hvordan kan en slik tankegang anvendes på ulykken over? En rimelig vurdering er at kombinasjonen av: (1) liten kurveradius; (2) stor avbøyningsvinkel (115 grader); (3) uheldig tverrfall; (4) høyt tyngdepunkt på kjøretøyet og (5) uheldig valg av kjørespor utgjør en tilstrekkelig betingelse for ulykken. Faktoren som nevnes i punkt nummer 5 på listen, at tilhengeren hang seg fast i en stein, vurderes ikke som en del av den tilstrekkelige betingelsen, siden trekkvognen da allerede hadde begynt å krenge og trolig ikke kunne ha vært rettet opp selv om tilhengeren hadde kunnet bevege seg fritt. Punkt nummer 6 på listen vurderes som fullstendig irrelevant.

De tilstrekkelige betingelsene for en ulykke må være årsaker, det vil si at de må være risikofaktorer det er mulig å gjøre noe med ved hjelp av trafiksikkerhetstiltak. Liten kurveradius oppfyller dette kravet, siden den kan økes ved å endre vegens linjeføring. Avbøyningsvinkelen er det også i prinsippet mulig å endre, selv om det kanskje krever en større ombygging av krysset (vegen der kjøretøyet veltet var en påkjøringsrampe i et toplankryss). Overhøyde i kurver er en faktor vegmyndighetene kan endre. Høyt tyngdepunkt på lastebiler kan endres ved å endre bilens sporvidde og høyde. Man kan også tenke seg mer avanserte førerstøttesystemer, som en gyro som hindrer at det er mulig å velge en så krapp kurveradius at veltefare oppstår. Endelig kunne føreren ha valgt et annet kjørespor, men også på dette punkt er det nærliggende å tenke at mer avanserte førerstøttesystemer kan hjelpe føreren med dette.

Førerens manglende erfaring er ikke en faktor det er mulig å endre med noe tiltak. Den er følgelig ikke en ulykkesårsak. Erfaring opparbeides naturlig over tid og er ikke direkte manipulerbart på samme måte som de faktorene som er drøftet over.

Årsaksanalyse av hypotetiske ulykker

Årsaksanalyse av ulykker betyr (1) å identifisere de tilstrekkelige betingelser for ulykken, og (2) å peke på trafiksikkerhetstiltak som kan endre disse betingelsene. Det viktigste spørsmålet i årsaksanalysen er: hvordan kan ulykker av denne typen tenkes forebygget? Det er dette spørsmålet som må besvares dersom studiet av ulykkesårsaker skal tjene det formål slike analyser har, nemlig å gi innsikt om hvordan ulykker kan forebygges.

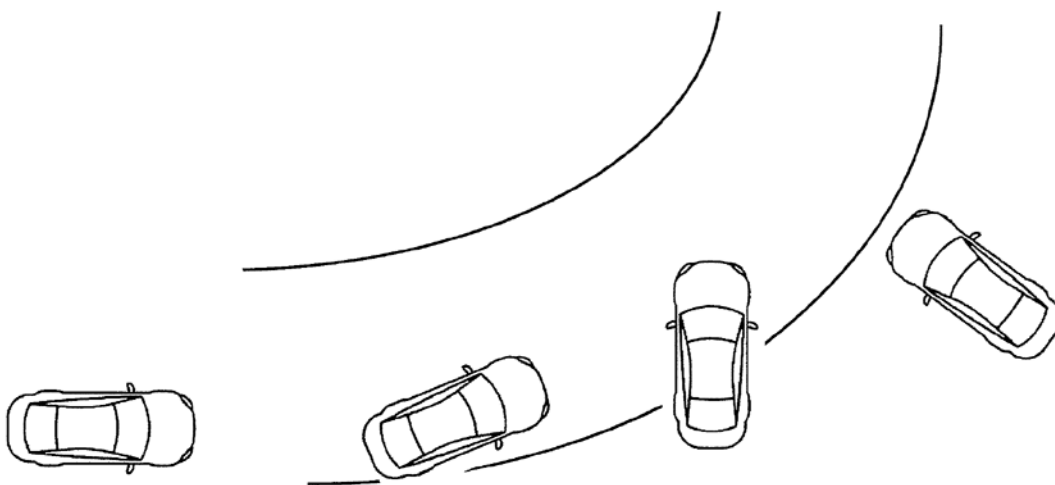
Eksempel: Utforkjøring i kurve

Et par hypotetiske ulykker kan brukes som eksempel til å illustrere dette perspektivet på ulykkesårsaker. I den første ulykken, som er illustrert i figur 1, kjørte en bil utfor vegen i en kurve. Farten ved inngangen til kurven var for høy. Dette skyldtes at føreren for sent ble oppmerksom på kurven, fordi han var distraherert med å betjene et instrument i bilen. Da føreren oppdaget at bilen var på veg utfor, forsøkte han å unngå dette ved en rask rattbevegelse. Rattbevegelsen var imidlertid for stor og det oppstod skrens. Føreren mistet dermed kontroll over bilen som skrenset ut i grøften og stanset opp med fronten mot kjøreretningen. Hendelsesforløpet ved denne ulykken kan beskrives slik:

Distraksjon → Fartsvalg → Kurve → Rask rattbevegelse → Skrens → Ulykke

Hvilke av disse faktorene danner en tilstrekkelig betingelse for ulykken (var INUS-conditions)? Trolig ville de fleste dybdestudier feste seg ved at føreren var distraherert og dermed holdt for høy fart ved inngangen til kurven. Dette er riktig, men samtidig hypotetisk. Det er ikke sikkert at en fører som ikke var distraherert hadde valgt en annen fart. Føreren kunne feilaktig ha oppfattet kurven som mindre krapp enn den var og dermed holdt for høy fart uten å være distraherert. Eller føreren kunne ha overvurdert sin evne til å kjøre gjennom kurven i høy fart. Høy fart kunne med andre ord ha oppstått uten distraksjon. Det er følgelig irrelevant hvorfor farten var høy; hovedsaken er at farten var høy, ikke hvorfor den var det. Det er unødvendig å forklare fartsvalget for å kunne forklare ulykken.

Høy fart hadde ikke vært et problem dersom vegen hadde fortsatt rett frem. Det hadde da ikke vært nødvendig å dreie på rattet. Hadde rattbevegelsen vært mindre, kunne skrens muligens ha vært unngått og bilen kunne ha endret kurs på en kontrollert måte. Følgelig betraktes kombinasjonen av fart, kurve, rattbevegelse og skrens som en tilstrekkelig betingelse for ulykken.



Figur 1: Bil kjører utfor vegen i en kurve

Det er nå mulig å begynne med hoveddelen av årsaksanalysen. Den går som nevnt ut på å finne svar på spørsmålet: hvordan kan ulykker av denne typen unngås? I årsaksanalysen er det hensiktsmessig å betrakte ulykken som et eksempel på en type ulykker med viktige fellestrekk. Det finnes ikke to ulykker som er helt like i alle henseender, men det finnes fellestrekk mellom ulykker. Ulykken som er beskrevet i dette tilfellet kan sies å tilhøre gruppen: utforkjøring til høyre i kurve.

Tabell 1 viser årsaksanalysen av denne ulykken. Første linje viser trinnene i hendelsesforløpet. De øvrige linjer viser trafiksikkerhetstiltak som kan virke på de ulike trinnene i hendelsesforløpet.

Tabel 1: Tiltak som kan virke på risikofaktorer som utløste ulforkjøring i kurve

Hendelser	Distraksjon	Fartsvalg	Kurve	Rattbevegelse	Skrens	Ulykke
Utløsende	0	1	1	1	1	
Tiltak	A: Fareskilt	B: Anbefalt fart	D: Økt kurveradius	H: Treghetsratt	K: Høy-friksjonsdekke	
		C: Forutseende ISA	E: Jevnere overhøyde	I: Dekktrykkmåler	L: Elektronisk stabilitetskontroll	
			F: Rekkverk	J: Mønsterdybdemåler		
			G: Bakgrunns- eller retningsmarkering			
Antall tiltak	1	2	4	3	2	

I tabell 1 er ialt 12 mulige tiltak nevnt. Det forutsettes at ingen av disse tiltakene allerede var gjennomført. Etter hvert som tiltak gjennomføres, kan de slettes fra tabellen.

Det første tiltaket, fareskilt, hadde muligens ikke hatt noen virkning i dette tilfellet, siden sannsynligheten er stor for at føreren ville ha oversett skiltet. Et skilt med anbefalt fart kunne trolig også blitt oversett. Derimot kan forutseende ISA tenkes å være et virksomt tiltak. Med dette menes en intelligent fartssperre som er forutseende i den forstand at den vet at bilen nærmer seg en kurve og vet hva høyeste sikre fart i kurven er. Et tvingende system vil da sørge for å redusere farten før bilen kommer inn i kurven.

Selve kurven kan det også gjøres en del med. Terrenget på stedet gjør det mulig å øke kurvens radius noe. Overhøyden gjennom kurven var ujevn og ujevnhetene kunne ha vært utbedret. Det kunne ha vært rekkverk i kurven. Endelig kunne kurven hatt bakgrunns- eller retningsmarkering.

Ny kjøretøyteknologi kan også tenkes å gjøre kjøring i kurver sikrere. Med et treghetsratt kan mulige rattbevegelser gjøres til en funksjon av farten. I høy fart kan man ikke dreie så mye eller fort på rattet. Ved lavere fart kan man dreie hurtigere på rattet og gjøre større svingebevegelser. Et slikt system finnes, så vidt vites, ikke i dag, men prinsippene for å lage det burde være enkle. Hjulenes omdreiningsdhastighet blir allerede registrert, så det handler kun om å knytte dette sammen med hvor store og hurtige rattbevegelser som er mulig. Mange biler har allerede utstyr som måler lufttrykket i dekkene. Det burde også være mulig å utvikle utstyr som måler mønsterdybden.

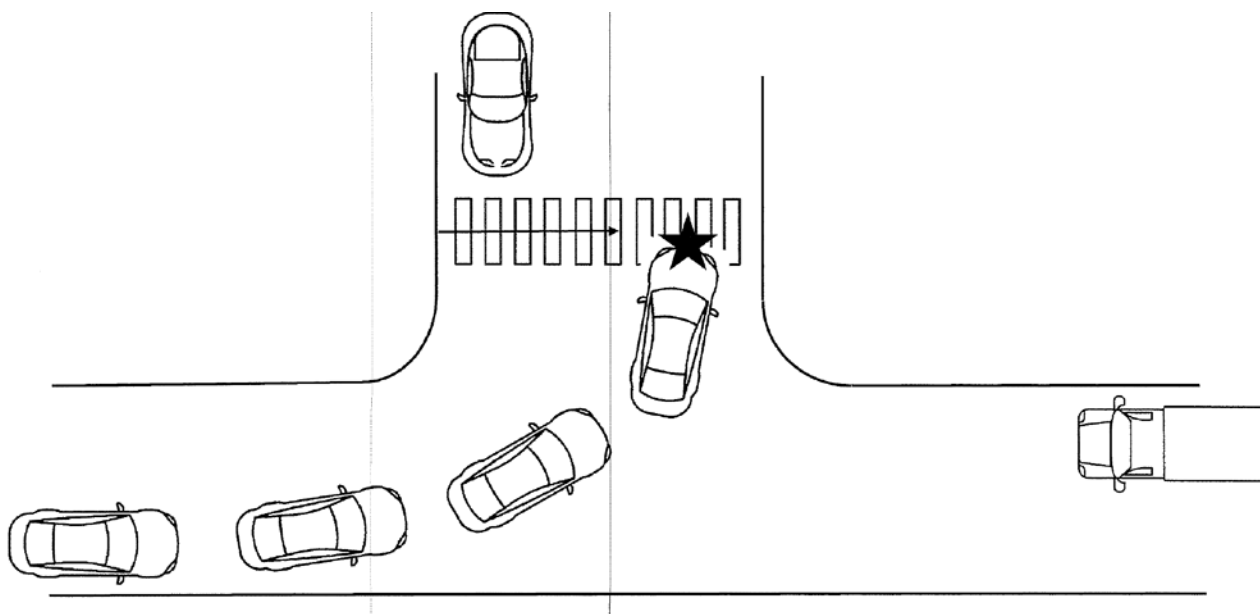
Faren for skrens kan reduseres med et vegdekke med høy friksjon. Biler med elektronisk stabilitetskontroll er mindre utsatt for skrens enn biler uten dette.

Dette eksemplet viser at når man stiller spørsmålet om hvordan en ulykke av en bestemt type kan forebygges, så ledes tanken i retning av aktuelle trafikksikkerhetstiltak som kunne ha påvirket de risikofaktorer som var utløsende for ulykken. Det er videre grunn til å merke seg at de utløsende risikofaktorer er nært knyttet til fysiske lover, og har lite å gjøre med menneskelige faktorer som førte til at de fysiske lover for sikker ferdsel ble utfordret og overskredet.

Eksempel: Påkjøring av fotgjenger i gangfelt

Denne ulykken inntraff på følgende måte. En bil nærmer seg et kryss der den skal svinge til venstre. Føreren ser at det kommer en varebil i motsatt kjøreretning, men bedømmer situasjonen slik at det er tid til å svinge til venstre før denne bilen kommer frem til krysset. I mellomtiden har en bil i sidevegen stanset ved et gangfelt der en fotgjenger krysser vegen. Føreren av bilen som skal svinge til venstre, svinger før

varebilen kommer frem, men har ikke sett fotgjengeren og kjører på denne i gangfeltet. Figur 2 viser hendelsesforløpet.



Figur 2: Påkjørsel av fotgjenger i gangfelt

Hendelsesforløpet kan beskrives i følgende trinn:

Forventning → Oppmerksomhetsfokus → Synbarhet → Kjørefart → Gangfart → Ulykke

Føreren har en forventning om at det ikke er noen fotgjenger i gangfeltet. En slik forventning er i mange situasjoner på ingen måte urimelig, se de observasjoner Vaa (2013) presenterer. Vi kan, for eksempel, anta at føreren har passert gangfeltet 2000 ganger uten at det har vært en fotgjenger der. Føreren retter derfor oppmerksomheten mot varebilen, siden han har vikeplikt for denne når han skal svinge til venstre. Han bedømmer, korrekt, avstanden til varebilen slik at han rekker å svinge til venstre før varebilen når frem til krysset. Han blir imidlertid ikke oppmerksom på fotgjengeren før det er for sent å stoppe for denne. Fotgjengeren hadde intet reflekterende materiale på seg.

Hva er de tilstrekkelige betingelser for denne ulykken? Som ved andre ulykker, dannes de tilstrekkelige betingelser fra det tidspunkt før ulykken da den var i ferd med å bli umulig å unngå. I dette tilfellet er det fra det tidligste tidspunkt fotgjengeren kunne ha vært observert av føreren av den venstresvingende bilen. Følgelig er synbarhet – eller rettere sagt mangelen på dette – en første betingelse for ulykken. Den er imidlertid ikke tilstrekkelig. Hadde enten bilen, eller fotgjengeren, eller begge parter holdt en annen fart enn de gjorde, kunne ulykken ha vært unngått. Følgelig bedømmes kombinasjonen av synbarhet, kjørefart og gangfart som utløsende for ulykken.

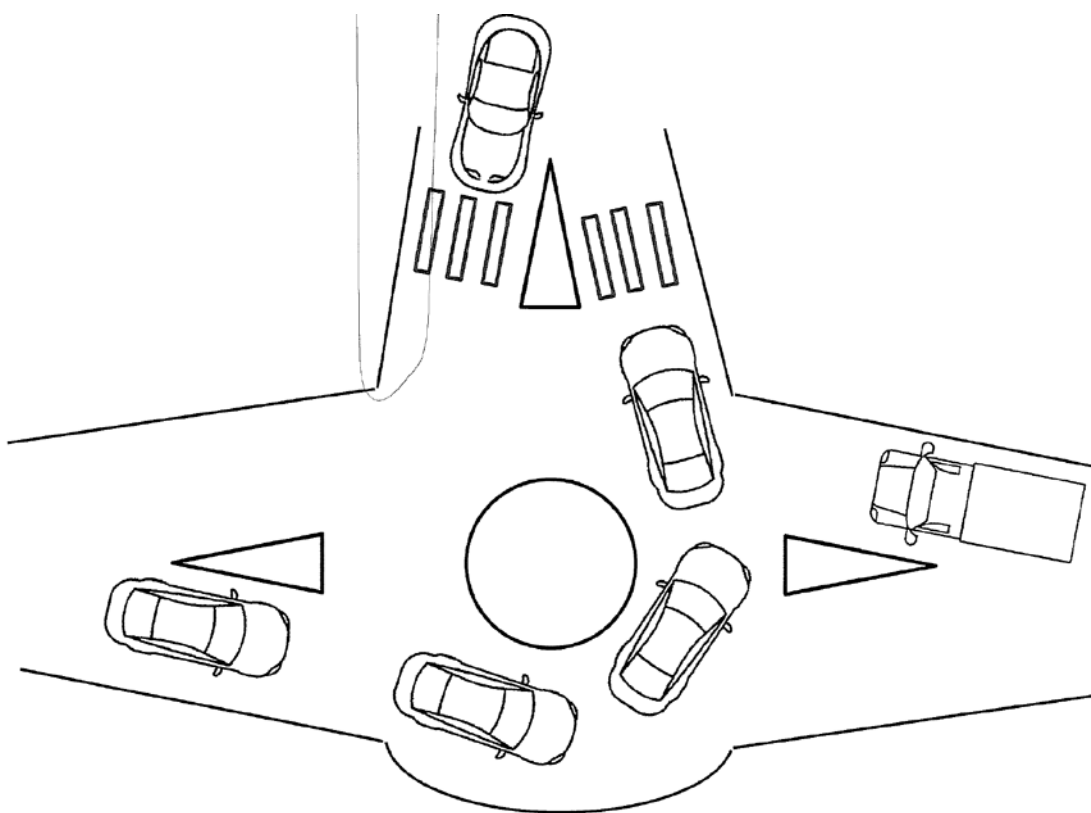
Førerens forventning om at det ikke er en fotgjenger i gangfeltet kan vanskelig tenkes å være annerledes eller påvirkes av noe tiltak. Den er følgelig ikke årsak til ulykken, men tvert om en velbegrunnet oppfatning føreren har dannet seg på bakgrunn av tidligere erfaring. Av samme grunn er førerens fokus på den møtende varebilen heller ikke en medvirkende årsak til ulykken. Det er både naturlig og riktig at føreren har et slikt fokus, og det er ikke en risikofaktor det gir mening å forsøke å endre.

Tabell 2 viser en årsaksanalyse av ulykken. Hovedspørsmålet i denne analysen er hvordan ulykker av denne type – påkjøring av fotgjenger i gangfelt ved sving til venstre – kan tenkes å bli forebygget.

Tabell 2: Tiltak som kan forebygge påkjøring av fotgjenger ved venstresving

Hendelser	Forventning	Fokus for oppmerksomhet	Synbarhet	Kjørefart	Gangfart	Ulykke
Utløsende	0	0	1	1	1	
Tiltak			A: Refleks på fotgjenger	F: Automatisk nødbrems		
			B: Vegbelysning	G: Hump foran gangfelt		
			C: Flytte gangfelt inn i sideveg	H: Opphøyd gangfelt		
			D: Gangbro eller tunnel	I: Bygge om til rundkjøring		
			E: Bygge om til rundkjøring			
Antall tiltak			5	4		

I likhet med det første eksemplet på en hypotetisk ulykke, kan det pekes på en rekke tiltak som kan redusere hyppigheten av denne typen ulykker. I dette eksemplet fremstår likevel ett av tiltakene som det klart beste: å bygge om krysset til rundkjøring. Spillereglene for samhandling mellom trafikantene vil da endre seg fundamentalt. Figur 3 viser krysset ombygget til rundkjøring.



Figur 3: Krysset ombygget til rundkjøring

Føreren av bilen som skal svinge til venstre vil nå ha sitt fokus mot venstre, fordi han har vikeplikt for biler som er inne i rundkjøringen. Han vil da muligens oppdage at en bil han normalt ville hatt vikeplikt for er stanset for å la en fotgjenger krysse vegen i gangfeltet. Den møtende varebilen kan føreren som skal svinge til venstre nå se bort fra, siden varebilen har vikeplikt for ham når han er kommet inn i rundkjøringen. På veg ut av rundkjøringen, vil føreren kunne se fotgjengeren rett foran bilen. Før ombygging til rundkjøring nærmet fotgjengeren seg bakfra og var dermed vanskeligere å observere.

Slike systemendringer er i nesten alle tilfeller en bedre måte å forebygge ulykker på enn å fokusere på menneskelige feilhandlinger eller feilobservasjoner. Man kan gjerne hevde at bilførere alltid må være forberedt på sjeldne hendelser, som at det er en fotgjenger i et gangfelt der det de tidligere 2000 ganger ikke var det. Dette er imidlertid ikke noe annet enn en formålsløs moralpreken. Selv om føreren i denne hypotetiske ulykken har det juridiske ansvar for den ("er skyldig"), er det vanskelig å peke på noe kritikkverdig ved førerens atferd.

Statistiske ulykkesforklaringer: Når er de fullstendige?

De siste 30 år er hundrevis av multivariate statistiske modeller av faktorer som har sammenheng med ulykker utviklet. Den vanligste formen for modell, er en negativ binomial regresjonsmodell (Lord og Mannering 2010). I noen slike modeller kan mer enn 20 uavhengige variabler inngå (Elvik et al. 2013). Når kan slike modeller sies å gi en fullstendig forklaring av systematisk variasjon i ulykkestall? Når gir de mer enn en fullstendig forklaring? Når lar de noe av den systematiske variasjonen i ulykkestall forbli uforklart?

Disse spørsmålene er enkle å besvare. En rent tilfeldig variasjon i ulykkestall kan beskrives av Poissonfordelingen. I en Poissonfordeling har gjennomsnitt (forventning) og varians samme verdi. Dersom man i en ulykkesfordeling finner at variansen er større enn forventningen inneholder dermed fordelingen systematisk variasjon i ulykkestall. Det betyr at noen enheter i fordelingen har et høyere forventet ulykkestall enn andre. Forventet ulykkestall er det gjennomsnittlige antall ulykker per tidsenhet i det lange løp ved uendret eksponering og uendrede risikoforhold.

Målet med multivariate ulykkesmodeller er å forklare den systematiske variasjonen i ulykkestall. Hvor godt modellene lykkes med dette fremgår av deres overspredningsparameter. Overspredningsparameteren er et mål på systematisk variasjon i modellens restledd. En positiv overspredningsparameter betyr at det finnes uforklart systematisk variasjon. En overspredningsparameter med verdien null betyr at all systematisk variasjon er forklart. En negativ overspredningsparameter betyr at modellen er overbestemt; den "forklarer" noe av den tilfeldige variasjonen i ulykkestall i tillegg til den systematiske.

Det er ikke nødvendigvis slik at en modell med få variabler forklarer lite av den systematiske variasjonen i ulykkestall, mens en modell med mange variabler forklarer mye av den systematiske variasjonen. Således utviklet Commandeur et al. (2013) en tidsrekkemodell for antall drepte i trafikken i Norge fra 1970 til 2009. Modellen inneholdt kun en variabel: år. Den ble imidlertid tilpasset med et variabelt konstantledd, som kunne anta ulike verdier fra år til år. Det kan fastslås at modellen er overbestemt. Tidsrekkenes gjennomsnittsverdi var 363,6. Restleddets varians var 259,3. Modellen reproduerte svært godt de årlige variasjoner i antall drepte, selv om disse i stor grad var tilfeldige. Et eksempel på en modell med mange variabler er utviklet av Elvik et al. (2013). 24 uavhengige variabler inngikk, men modellen forklarte likevel ikke mer enn 91,9 % av den systematiske variasjonen i ulykkestall.

Viser regresjonskoeffisienter årsakssammenhenger?

Kan regresjonskoeffisienter som er beregnet for bestemte variabler i multivariate ulykkesmodeller brukes til å beregne virkninger på ulykkestall av å endre verdier på disse variablene? Kan man, for eksempel, bruke koeffisienten for radius i horisontalkurver til å predikere endringer i ulykkestall dersom radius endres?

En slik anvendelse av regresjonskoeffisienter forutsetter at disse er uttrykk for årsakssammenhenger. En slik tolkning kan ikke alltid forvares. Hauer (2010) drøfter spørsmålet og foreslår følgende retningslinje:

“Suppose ... that two regressions that differ in some variables yield roughly the same ϑ for a treatment. The interpretation of such a consistency depends on the ‘state of nature’. If ϑ depends only weakly on all variables included in one regression but not the other, then the consistency could be viewed as genuine. However, if ϑ depends strongly on the not-in-common variables, then the noted consistency should carry little causal weight.”

Tankegangen bak denne retningslinjen er at årsakssammenhenger er relativt invariante: de er lovmessige. Sett at vi er interessert i variabel A. I modell 1 er koeffisienten -0.623. I modell 2 er koeffisienten -0.676. Umiddelbart virker disse resultatene konsistente, det vil si at de ”yield roughly the same θ for a treatment”. Sett nå at modell 1 i tillegg til variabelen A, inneholder B, C, D, E og F. Modell 2 inneholder i tillegg til A variablene D, E, F, G, H, I. Her inngår variablene D, E, og F i begge modeller. B og C inngår bare i modell 1 og G, H og I inngår bare i modell 2.

For å finne ut om verdien av koeffisienten for variabel A avhenger av hvilke variabler som inngår i en modell, men ikke en annen, kan man utvikle tre modeller og sammenligne deres resultater:

1. Modell 1 og modell 2 med de samme variabler: A, D, E og F.
2. Modell 1 med B og C i tillegg til A, D, E og F.
3. Modell 2 med G, H, og I i tillegg til A, D, E og F.

Sett at koeffisienten for A i modell 1 og 2 i den første varianten er, henholdsvis, -0.663 og -0.702. Når modell 1 utvides med variablene B og C, får koeffisienten for A verdien -0.623. Når modell 2 utvides med variablene G, H og I får koeffisienten for A verdien -0.676.

Denne typen konsistens støtter en årsakstolkning. Dersom de beregnede koeffisientene derimot varierer mer, svekker dette en årsakstolkning. Kriteriet er imidlertid vanskelig å anvende i praksis, fordi det ikke alltid er mulig å sammenligne ulike versjoner av modeller, der ulike variabler inngår. Man kan imidlertid finne holdepunkter for å tolke regresjonskoeffisienter som uttrykk for årsakssammenhenger dersom følgende kriterier er oppfylt:

1. En koeffisients stabilitet i ulike modellspesifikasjoner. En stabil koeffisient kan vise en årsakssammenheng, en ustabil gjør neppe det. Eksempelvis fant Elvik og Haugvik (2023) at koeffisienten for horisontalkurveradius i tre ulike modellspesifikasjoner var -0.69; -0.74 og -0.79. Disse verdiene må regnes som stabile.
2. Resultater av ulike studier er konsistente med hverandre. Eksempelvis fant Elvik (2023) at synkende horisontalkurveradius hadde sammenheng med økt ulykkestall i 47 studier. Det ble ikke funnet noen eksempler på at sammenhengen gikk i motsatt retning.
3. Robusthet med hensyn til hvor mange andre variabler en modell inneholder. De tre estimatene på koeffisienten for horisontalkurveradius i Elvik og Haugvik (2023) gjaldt modeller med 6, 10 og 17 variabler. Koeffisienten for horisontalkurveradius ble ikke svekket når flere variabler ble inkludert.
4. Variabelen er ikke klart endogen. En endogen variabel i en multivariat statistisk modell, er en variabel som påvirkes av den avhengige variabelen i modellen. Koeffisienter for endogene variabler kan ikke tolkes som uttrykk for årsakssammenhenger.
5. Før-og-etterundersøkelser viser samme resultater som multiivariate modeller. For horisontalkurveradius ble det funnet en undersøkelse (Srinivasan et al. 2018) der resultatene viste samme mønster som i de multivariate ulykkesmodellene.

Disse kriteriene er ikke tilstrekkelige til å vise at regresjonskoeffisienter viser årsakssammenhenger, men de gir argumenter for at en slik tolkning ikke er urimelig.

Er det umulig å forebygge ulykker som er tilfeldig fordelt?

En ulykkesårsak er foran definert som enhver risikofaktor knyttet til en ulykke som kan endres ved at det iverksettes ett eller flere trafiksikkerhetstiltak. Trafiksikkerhetstiltak fjerner ulykkesårsaker ved at de virker på risikofaktorer. En risikofaktor kan defineres som enhver faktor som øker sannsynligheten for en ulykke.

Risikofaktorer produserer systematisk variasjon i ulykkestall. Men hvis man finner at fordelingen av ulykker i en gruppe, for eksempel 100 vegkryss, er rent tilfeldig, da er det vel ikke mulig å finne tiltak som kan redusere antall ulykker i denne gruppen. En slik oppfatning er meget utbredt. Eksempelvis skrev Davis og Pless i 2001:

“For many years safety officials and public health authorities have discouraged use of the word “accident” when it refers to injuries or the events that produce them. An accident is often understood to be unpredictable – a chance occurrence or an “act of God” – and therefore unavoidable. However, most injuries and their precipitating events are predictable and preventable. That is why the BMJ has decided to ban the word accident.”

To spørsmål fortjener diskusjon med utgangspunkt i dette sitatet. For det første, er ulykker predikerbare, slik Davis og Pless hevder? Svaret er nei, i det minste når vi betrakter den enkelte ulykke. Det er rimelig å anta at ingen ønsker å bli innblandet i en ulykke. De vil derfor forsøke å unngå det. Dersom ulykker kunne predikeres, ville de ikke skje. Ulykker kan først predikeres når det er for sent å unngå dem. Dette tidsrommet er i beste fall på noen sekunder.

For det andre, er det umulig å forebygge ulykker hvis de inntreffer tilfeldig? Svaret er nei. Den enkelte ulykke kan betraktes som et resultat av en tilfeldig opphopning av risikofaktorer. Men når Davis og Pless omtaler ulykker som predikerbare, tenker de ganske sikkert på det totale antall ulykker i et samfunn. Dette tallet er langt på veg predikerbart. Norge har de siste årene hatt 106, 108, 108, 93, 80 og 118 drepte i trafikken. På grunnlag av disse tallene kan man predikere at årets tall vil bli omkring 100. Tallet kan avvike noe fra dette – la oss si mellom 85 og 115. Men det er meget usannsynlig at antall drepte blir 350 eller 25. Prediksjon av det totale antall ulykker eller antall drepte er i stor grad mulig, i det minste på kort sikt.

En tilfeldig fordeling av ulykker mellom enheter av en viss type, er en fordeling som ikke inneholder systematisk variasjon, det vil si en fordeling som passer godt til Poissonfordelingen. La oss tenke oss at en vegstrekning deles inn i 100 strekninger som hver er en 1 kilometer. Antall ulykker på hver av de 100 1-kilometer strekningene telles opp og man finner at fordelingen av ulykker mellom de 100 strekningene er tilfeldig. Betyr dette at det er umulig å redusere antall ulykker på disse strekningene? Nei.

- Dersom trafikkmengden på vegen gikk ned med 10 %, ville trolig også antall ulykker gå ned. Alle de 100 1-kilometer strekningene har like stor trafikk, så dette skaper ingen systematisk variasjon i ulykkestall mellom strekningene.
- Dersom alle kjørte 10 km/t saktere på vegen, ville trolig antall ulykker gå ned. Farten varierer ikke mellom strekningene og skaper derfor ingen systematisk variasjon mellom dem.
- Dersom alle motorsykler forsvant fra vegen, ville trolig antall ulykker gå ned. Andelen motorsykler er den samme på alle de 100 strekningene.
- Dersom vegen fikk belysning, ville trolig antall ulykker gå ned. Det er like mørkt på alle 100 strekninger, så dette skaper ingen systematisk variasjon mellom dem.

Slik kunne man fortsette. Det må selvsagt finnes en risikofaktor som endres ved et tiltak. Vegbelysning endrer risikofaktoren mørke. Det er høyere ulykkesrisiko i mørke enn i dagslys. Poenget er at dette ikke varierer mellom strekningene. Ingen av dem har en større økning av risikoen i mørke enn de andre.

Risikofaktorer som er årsaker og risikofaktorer som ikke er det

Et begrep er fruktbart i en vitenskapelig undersøkelse dersom det kan brukes til å avgrense fenomener; for eksempel til å avgjøre om noe er en årsak eller ikke er det. En årsak er noe som frembringer en endring som ellers ikke ville ha skjedd. Dersom vi kan kontrollere en årsak, kan vår kunnskap om dette brukes til å frembringe endringer som ellers ikke ville skjedd. Risikofaktorer er følgelig årsaker til ulykker hvis det er mulig å endre dem, og dermed endre antall ulykker og/eller deres alvorlighetsgrad.

Mange av de menneskelige faktorer som tradisjonelt har vært regnet som risikofaktorer for ulykker, er ikke årsaker til ulykker, fordi de enten ikke i det hele tatt, eller bare i liten grad kan endres. Det som ikke kan være annerledes, kan ikke være en årsak. Årsaker er bare det som i prinsippet kan endres eller påvirkes.

Alder og kjønn kan ikke være årsaker til ulykker. Det kan heller ikke erfaring. Man kan ikke endre erfaring annet enn på lang sikt. Trafikanteres forventninger er vanligvis heller ikke ulykkesårsaker. Hvis en bilfører vet at det så å si aldri er en fotgjenger i et gangfelt, er det vanskelig for bilføreren å tenke seg noe annet. Uoppmerksomhet er en annen faktor som ofte nevnes som medvirkende til ulykker. Her kan det muligens gi mening å skille mellom villet og ikke-villet uoppmerksomhet. I den første hypotetiske ulykken som ble nevnt, var føreren distraheret av et instrument. Føreren kunne ha latt være å forsøke å betjene dette instrumentet. I den andre hypotetiske ulykken, ble føreren for sent oppmerksom på fotgjengeren. Dette skyldtes ikke uoppmerksomhet, men at oppmerksomhet er en begrenset ressurs som bare kan fokuseres på en, eller et fåtall, ting samtidig. Situasjonens fysiske kjennetegn - der fotgjengeren nærmet seg den svingende bilen bakfra i førerens perifere synsfelt, gjorde fotgjengeren vanskelig å oppdage. Dette kan man gjøre noe med ved å endre kryssets fysiske utforming, men man kan trolig ikke gjøre noe med det ved å be fotgjengere om å snu seg for å se etter biler, eller ved å be bilførere om å snu seg for å se etter fotgjengere.

Referanser

Bortkiewicz, L. von. 1898. Das Gesetz der Kleinen Zahlen. Leipzig, B. G. Teubner.

Commandeur, J. J. F., Bijleveld, F. D., Bergel-Hayat, R., Antoniou, C., Yannis, G., Papadimitriou, E. 2013. On statistical inference in time series analysis of the evolution of road safety. *Accident Analysis and Prevention*, 60, 424-434.

Davis, R. M., Pless, B. 2001. BMJ bans "accidents". Accidents are not unpredictable. *British Medical Journal*, 322, 1320-1321.

Elvik, R. 2023. Vegers linjeføring og trafiksikkerhet. Rapport 1933. Oslo, Transportøkonomisk institutt.

Elvik, R., Fridstrøm, L., Kaminska, J., Meyer, S. F. 2013. Effects on accidents of changes in the use of studded tyres in major cities in Norway: A long-term investigation. *Accident Analysis and Prevention*, 54, 15-25.

Elvik, R., Haugvik, E. S. 2023. Safety of horizontal curves on rural two-lane roads in Norway. *Traffic Safety Research*, 4, 00026.

Grime, G. 1987. Handbook of road safety research. London, Butterworths.

Hauer, E. 1997. Observational before-after studies in road safety. Oxford, Pergamon Press (Elsevier Science).

Hauer, E. 2010. Cause, effect and regression in road safety: A case study. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1128-1135.

Hauer, E. 2020. Crash causation and prevention. *Accident Analysis and Prevention*, 143, 105528.

Lord, D., Mannering, F. 2010. The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A*, 44, 291-305.

Mackie, J. L. 1965. Causes and conditions. *American Philosophical Quarterly*, 2/4, 245-264. Reprinted in Sosa and Tooley (1993), 33-55.

- Muskaug, R. 1988. Ulykkeskomisjon for tunge kjøretøy i Østfold. Kommissjonens rapporter. TØI notat 878, konfidensielt. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- Pearl, J., Mackenzie, D. 2018. The book of why. The new science of cause and effect. Penguin books.
- Shinar, D. 2019. Crash causes, countermeasures, and safety policy implications. Accident Analysis and Prevention, 125, 224-231.
- Sosa, E., Tooley, M. 1993. (Eds). Causation. Oxford, Oxford University Press.
- Srinivasan, R., Carter, D., Lyon, C., Albee, M. 2018. Before-after evaluation of the realignment of horizontal curves on rural two-lane roads. Transportation Research Record, 2672, 43-52.
- Vaa, T. 2013. Proposing a driver behaviour model based on emotions and feelings: Exploring the boundaries of perception and learning. Pages 103-119 In M.A. Regan, John D. Lee and Trent W. Victor (Eds): Driver distraction and inattention: Advances in research and countermeasures. Surrey, United Kingdom, Ashgate.
- Woodward, J. 2003. Making things happen. A theory of causal explanation. New York, Oxford University Press.