



**TØI rapport
417/1999**

Katastroferisiko i transport

Rune Elvik

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0802-0175
ISBN 82-480-0076-1

Oslo, februar 1999

Tittel: Katastroferisiko i transport.

Forfatter(e): Rune Elvik

TØI rapport 417/1999
Oslo, 1999-02
31 sider
ISBN 82-480-0076-1
ISSN 0802-0175

Finansieringskilde:
Vegdirektoratet

Prosjekt: 2488 Sannsynlighet for katastrofer ved transport

Prosjektleder: Rune Elvik

Kvalitetsansvarlig: Marika Kolbenstvedt

Emneord:

Dødsulykke; Katastrofe; Hyppighet; Transportgrener;
Nasjonal transportplan

Sammendrag:

Rapporten inneholder en beregning av den forventede årlige hyppighet av store ulykker ved transport. Med store ulykker menes ulykker der mer enn 20 mennesker blir drept. Hyppigheten av slike ulykker er beregnet til ca 1 pr 11 år for luftfart, 1 pr 25 år i skipsfart, 1 pr 100 år i jernbanetrafikk og 1 pr ca 46.500 år i vegtrafikk.

Title: Risk of disasters in transport

Author(s): Rune Elvik

TØI report 417/1999
Oslo: 1999-02
31 pages
ISBN 82-480-0076-1
ISSN 0802-0175

Financed by:
Public Roads Administration

Project: 2488 Risk of disasters in transport

Project manager: Rune Elvik

Quality manager: Marika Kolbenstvedt

Key words:

Fatal accident; Disaster; Frequency; Mode of transport;
National transport plan

Summary:

The report contains an estimate of the annual frequency of disasters in transport. A disaster is defined as an accident in which more than 20 people are killed. The frequency of disasters is estimated to 1 in 11 years for air transport, 1 in 25 years for maritime travel, 1 in 100 years for rail transport and 1 in about 46,500 years for road transport.

Language of report: Norwegian

*Rapporten kan bestilles fra:
Transportøkonomisk institutt, Biblioteket
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no*

*The report can be ordered from:
Institute of Transport Economics, The library
Gaustadalleen 21, NO 0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no*

Forord

Denne rapporten er utarbeidet som ledd i arbeidet med Nasjonal Transportplan (NTP) for perioden 2002 til 2011. Rapporten handler om risikoen for katastrofer ved transport, det vil si ulykker der mer enn 20 mennesker blir drept. Bakgrunnen for rapporten er at det i arbeidet med Nasjonal Transportplan er blitt rettet oppmerksomhet mot det faktum at det generelle risikonivået i andre transportgrener enn vegtrafikk er lavere enn i vegtrafikk, men at sannsynligheten for store ulykker synes å være høyere enn i vegtrafikk. Det var derfor et ønske om å tallfeste sannsynligheten for store ulykker i de ulike transportgrener.

I denne rapporten er sannsynligheten for store ulykker i de enkelte transportgrener tallfestet i form av en forventet årlig hyppighet av slike ulykker. En forventet årlig hyppighet på for eksempel 0,1 betyr i gjennomsnitt i det lange løp en stor ulykke hvert tiende år.

Oppdragsgiver for prosjektet er Vegdirektoratet. Oppdragsgivers kontaktperson har vært kontorleder Finn Harald Amundsen. En spesiell takk rettes til Bjarne Hattestad, Luftfartsverket, for hjelp med innsamling av data om store flyulykker. Guro Ranes, Transportanalysekontoret, Vegdirektoratet, takkes for hjelp med å innsamle opplysninger om vegtrafikkulykker med mer enn 20 drepte i andre land og for en spesialutkjøring fra Statens vegvesens ulykkesregister av ulykker i tåke på motorveg. Rapporten er skrevet av Rune Elvik, som også har vært TØIs prosjektleder.

Oslo, februar 1999
TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

Knut Østmoe
instituttssjef

Marika Kolbenstvedt
avdelingsleder

Innhold

Forord

Sammendrag

Summary

1 Bakgrunn og problemstilling	1
2 Datakilder og metode	2
2.1 Metoder for å beskrive sannsynlighet for katastrofer	2
2.2 Datakilder og tilnæringsmåte	4
3 Store ulykker i Norge 1971-1995	7
4 Vegtrafikk.....	10
4.1 Hendelser som kan føre til katastrofer	10
4.2 Tallfesting av sannsynlighet for katastrofer	12
5 Jernbane	16
5.1 Hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i Norge	16
5.2 Tallfesting av sannsynlighet for katastrofer	16
6 Skipsfart.....	18
6.1 Hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte	18
6.2 Tallfesting av sannsynlighet for katastrofer	19
7 Luftfart	21
7.1 Hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i Norge	21
7.2 Tallfesting av sannsynlighet for katastrofer	21
8 Sammenstilling av resultater for ulike transportgrener	25
9 Drøfting og oppsummering	27
Referanser.....	30

Sammendrag:

Katastroferisiko i transport

Denne rapporten tallfester den forventede hyppighet i det lange løp av store ulykker under reiser og transport. Hyppigheten er uttrykt i form av forventet antall ulykker per år. En hyppighet på for eksempel 0,01 betyr at det i det lange løp forventes å skje en ulykke i løpet av hundre år. Ved beregning av hyppigheten av store ulykker, er kun dødsulykker inkludert. Dødsulykkene er delt inn i følgende grupper ut fra antallet drepte per ulykke:

1 drept

2-9 drepte

10-19 drepte

20-99 drepte, og

100 eller flere drepte

Beregning av hyppigheten av ulykker i hver av disse gruppene bygger på norske erfaringstall for perioden etter 1970 (jernbane og luftfart), 1980 (skipsfart), eller 1990 (vegtrafikk), supplert med utenlandske erfaringstall hentet fra Storbritannia (jernbane), Nordvest-Europa (skipsfart) eller OECD-landene (vegtrafikk og luftfart). I vegtrafikk er antallet ulykker per år så høyt at det kan brukes en kortere periode som grunnlag for beregningene enn i de andre transportgrenene. Tabell S.1 viser resultatene av beregningene.

Tabell S.1: Beregnet langsiktig hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i ulike transportgrener

Antall drepte per dødsulykke	Vegtrafikk	Jernbane	Skipsfart	Luffart
1	234,0	7,00	0,32	1,64
2-9	32,9	0,50	0,20	2,00
10-19	0,05007	0,006	0,11	0,10
20-99	0,00002	0,01	0,033	0,07
100-	0,0	0,00	0,0077	0,02
Sum dødsulykker per år	266,93	7,52	0,67	3,83
Beregnet antall drepte per år	301,63	10,09	5,56	14,62
Hyppighet av ulykker med mer enn 20 drepte	1 per 46510. år	1 per 100. år	1 per 25. år	1 per 11. år
Observert antall drepte per år	300,88	12,30	11,33	14,96
Periode for observert antall drepte	1990-97	1970-97	1981-95	1970-97

Det har i den perioden beregningene dekket vært omlag 300 drepte per år i vegtrafikk (1990-97), 12 drepte i jernbanetrafikk (1970-97), 11 drepte i skipsfart (1981-95) og 15 drepte i luftfart (1970-97). Etter 1970 er risikoen for å bli drept redusert i alle transportgrener, unntatt for skipsfart der det ikke foreligger et godt nok tallgrunnlag til å si hvordan risikoen har utviklet seg over tid. For de fleste transportgrener forventes det et lavere risikonivå kommende år enn gjennomsnittet for den perioden som er brukt som grunnlag for å beregne årlig antall drepte i tabell S.1.

Tabell S.1 viser at forventet hyppighet av store ulykker (mer enn 20 drepte) er høyest for luftfart, nest høyest i skipsfart, tredje høyest i jernbanetrafikk og lavest i vegtrafikk. Hyppigheten av ulykker med minst 20 drepte er beregnet til ca 1 per 11. år i luftfart, 1 per 25. år i skipsfart, 1 per 100. år i jernbanetrafikk og 1 per 46.500. år i vegtrafikk.

Vegtrafikk dominerer de andre transportgrenene fullstendig, både når det gjelder antall dødsulykker og antall drepte. I perioden 1990-1997 ble i gjennomsnitt 301 mennesker drept per år i vegtrafikkulykker. I hver av de andre transportgrenene er gjennomsnittlig antall drepte per år mindre enn 20. Katastrofepotensialet er imidlertid betydelig høyere i andre transportgrener enn i vegtrafikk.

Bidraget fra store og små ulykker til den samlede dødsrisikoen varierer mye mellom de ulike transportgrener. Tabell S.2 viser dødsrisikoen beregnet på grunnlag av den langsiktige hyppigheten av ulykker i tabell S.1 og transportomfanget i 1997.

Tabell S.2: Dødsrisiko i ulike transportgrener og bidrag fra store og små ulykker til dødsrisikoen

Transportgren	Drepte per år	Mill personkm 1997 (avrundet)	Drepte per milliard personkm	Andel av de drepte i store ulykker
Vegtrafikk	301,63	55.000	5,5	< 0,1%
Jernbane	10,09	2.600	3,9	5-10%
Skipsfart	5,56	1.700	3,3	45-55%
Luffart	14,62	4.100	3,6	35-40%

Tallene i tabell S.2 er ment å være representative på lang sikt. De er ikke nødvendigvis representative for ett bestemt år eller en annen gitt periode. Med store ulykker menes i tabell S.2 ulykker mer minst 20 drepte. Slike ulykker bidrar relativt sett mye mer til det samlede antall drepte i skipsfart og luftfart enn i vegtrafikk og jernbanetrafikk.

De beregnede hyppigheter av store ulykker er meget usikre. Usikkerheten er vanskelig å tallfeste på en meningsfull måte, fordi den ikke bare avhenger av antallet ulykker som ligger til grunn for beregningene, men også av antakelser om hvordan risikoen vil utvikle seg på lang sikt. Det har vært en tendens til synkende risiko over tid. På den annen side øker transportomfanget, slik at antallet ulykker likevel kan bli tilnærmet uendret. Ved en rekke av beregningene kan dessuten beregningsforutsetningene defineres på ulike måter, som kan gi ulike resultater.

Summary:

Risk of disasters in transport

This report contains an estimate of the risk of disasters in transport in Norway. The risk is expressed in terms of the long-term expected annual frequency of accidents. An annual frequency of, for example, 0.01 means that, on the average, there will be one accident during a period of one hundred years. The term disaster denotes accidents in which several people are killed. In estimating the frequency of disasters, the following categories of accidents were applied:

Accidents with 1 person killed

Accidents with 2-9 persons killed

Accidents with 10-19 people killed

Accidents with 20-99 people killed, and

Accidents with 100 or more people killed.

The estimates of the frequency of accidents in these categories are based on Norwegian experience after about 1970 (rail and air), 1980 (ships), or 1990 (road), supplemented with information concerning the historical frequency of major accidents in Great Britain (rail), Northwestern Europe (ships) and the OECD-countries (road and air travel). Table S.1 presents the results of the estimation.

Table S.1: Long-term frequency of major accidents in transport in Norway

Number of people killed per accident	Road	Rail	Ships	Air
1	234.0	7.00	0.32	1.64
2-9	32.9	0.50	0.20	2.00
10-19	0.0500 7	0.006	0.11	0.10
20-99	0.0000 2	0.01	0.033	0.07
100-	0.0	0.00	0.0077	0.02
Fatal accidents per year	266.93	7.52	0.67	3.83
People killed per year – long-term	301.63	10.09	5.56	14.62
Long-term frequency of accidents with at least 20 fatalities	1 in 46,510 years	1 in 100 years	1 in 25 years	1 in 11 years
Observed number of people killed per year	300.88	12.30	11.33	14.96
Period for observed number of deaths	1990-97	1970-97	1981-95	1970-97

*The report can be ordered from:
 Institute of Transport Economics, PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway
 Telephone: +47 22 57 38 00 Telefax: +47 22 57 02 90*

During the period covered by the estimates, there was about 300 fatalities per year in road transport (1990-97), about 12 per year in rail transport (1970-97), about 11 per year in maritime transport (1981-95), and about 15 per year in air travel (1970-97). The risk of being killed in an accident has been reduced for all modes of transport after 1970, except for maritime transport, for which data that show long-term trends in risk could not be obtained. For most modes of transport, it is expected that the risk of fatal accidents will be lower in the years ahead than it was during the period used to estimate the historical frequency of fatal accidents in Table S.1.

Table S.1 shows that the expected long-term frequency of disasters (accidents in which more than 20 people are killed) is highest for air travel, second highest for maritime travel, third highest for rail travel and lowest for road transport. The annual frequency of disasters is estimated to 1 in 11 for air travel, 1 in 25 for maritime travel, 1 in 100 for rail travel and 1 in about 46,500 for road transport.

The relative contributions of small and major accidents to total risk varies substantially between the various modes of transport. Table S.2 shows fatality risk, estimated on the basis of the long-term frequencies of fatal accidents taken from Table 1 and the amount of transport performed in 1997.

Table S.2: Fatality risk by mode of transport and the contribution of disasters to fatality risk

Mode of transport	Deaths per year	Mill personkms 1997 (rounded)	Deaths per billion personkms	Percentage of deaths in disasters
Road	301.63	55,000	5.5	< 0,1%
Rail	10.09	2,600	3.9	5-10%
Maritime	5.56	1,700	3.3	45-55%
Air	14.62	4,100	3.6	35-40%

The figures given in Table S.2 are intended to be representative of long-term frequencies and levels of risk. They will not necessarily be representative of events in a certain year or in a specific time period. Disasters in Table S.2 include all accidents in which at least 20 people are killed. It is seen that disasters contribute substantially more to overall fatality risk in air travel and maritime travel than for the other two modes of travel.

The estimates of the annual frequency of disasters are very uncertain. The uncertainty cannot be quantified in a meaningful sense, because it depends not just on the number of accidents on which the estimates are based, but also on the assumptions made with respect to future changes in risk levels. There has been a tendency for risk to go down, but at the same time the volume of transport has grown. The net effect of these trends may be an unchanged number of accidents. Moreover, the results of the calculations depend on what assumptions are made. In many cases, the assumptions made can be discussed and a different choice might have given a different result.

1 Bakgrunn og problemstilling

I arbeidet med Nasjonal Transportplan (NTP) for perioden 2002-2011 inngår blant annet en sammenligning av ulykkesrisikoen i ulike transportgrener. Risikobildet i de ulike transportgrener er ulikt. Vegtrafikk er kjennetegnet ved at det skjer svært mange ulykker med relativt lite alvorlige konsekvenser. De fleste vegtrafikkulykker der motorkjøretøy er innblandet fører kun til materielle skader på kjøretøyene. De andre transportgrenene – jernbane, skipsfart og luftfart – er kjennetegnet ved at det skjer langt færre ulykker enn i vegtrafikk, men at hver ulykke som regel har mer alvorlige og omfattende konsekvenser. I denne forbindelse har Vegdirektoratet kontaktet Transportøkonomisk institutt (TØI) med sikte på å få besvart følgende spørsmål:

Hva er sannsynligheten for katastrofer under transport innen de ulike transportgrener?

Med en katastrofe menes en ulykke der mange mennesker omkommer. Sannsynligheten for en katastrofe forutsettes beskrevet som den forventede hyppighet pr år av ulykker der mer enn, for eksempel, 20 eller 100 mennesker omkommer.

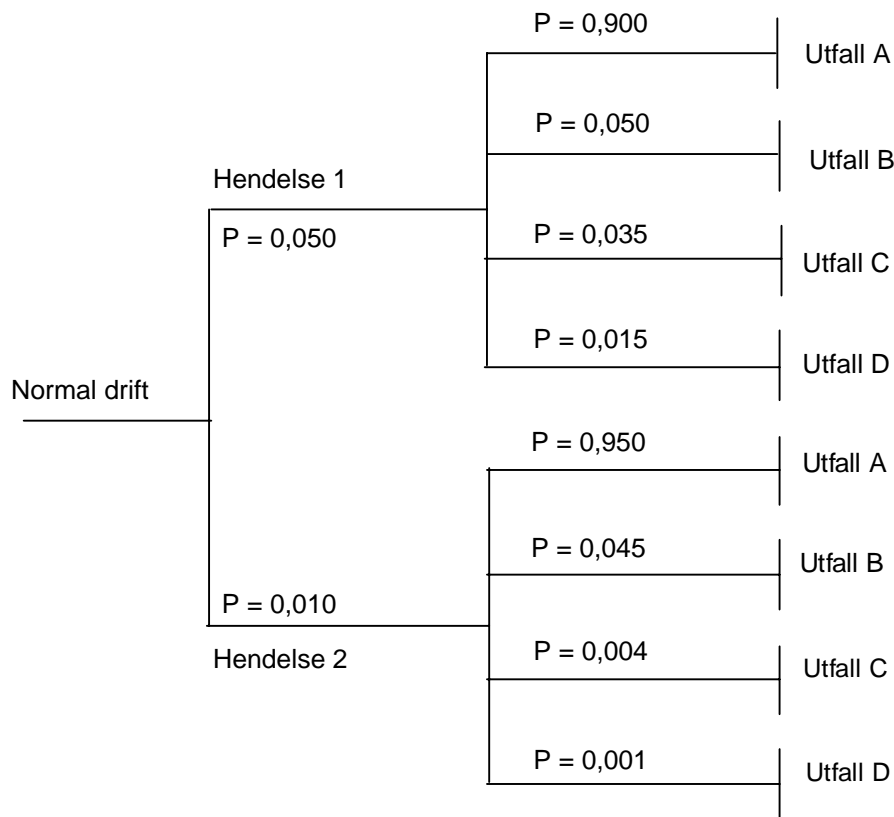
Formålet med denne rapporten er å forsøke å tallfeste sannsynligheten for katastrofer under transport i Norge. Sannsynligheten er beregnet for hver transportgren for seg.

2 Datakilder og metode

2.1 Metoder for å beskrive sannsynlighet for katastrofer

Innenfor risiko- og pålitelighetsanalyse er det utviklet flere metoder for å beskrive sannsynligheten for katastrofer (Aven 1991). To av de mest brukte metodene er utvikling og analyse av hendelsestrær og feiltrær og analyse av FN-kurver. Disse to metodene beskrives her kort.

Hendelsestrær. Et hendelsestre er en figur som viser mulige hendelser, mulige utfall av hendelsene og sannsynligheten for hver hendelse og hvert mulig utfall. Hendelsene og deres mulige utfall er vist som forgreningspunkter i et "tre". En hendelse kan for eksempel være grunnstøting under skipsfart. Mulige utfall kan for eksempel være at båten kommer av grunnen av seg selv ved høyvann og kan fortsette som om intet var skjedd, at båten tar inn vann og må få assistanse, at båten kantrer og deretter går ned, og så videre. Hvor detaljert man beskriver hendelser og deres mulige utfall avhenger av formålet med analysen. En prinsippskisse av et hendelsestre er vist i figur 1.



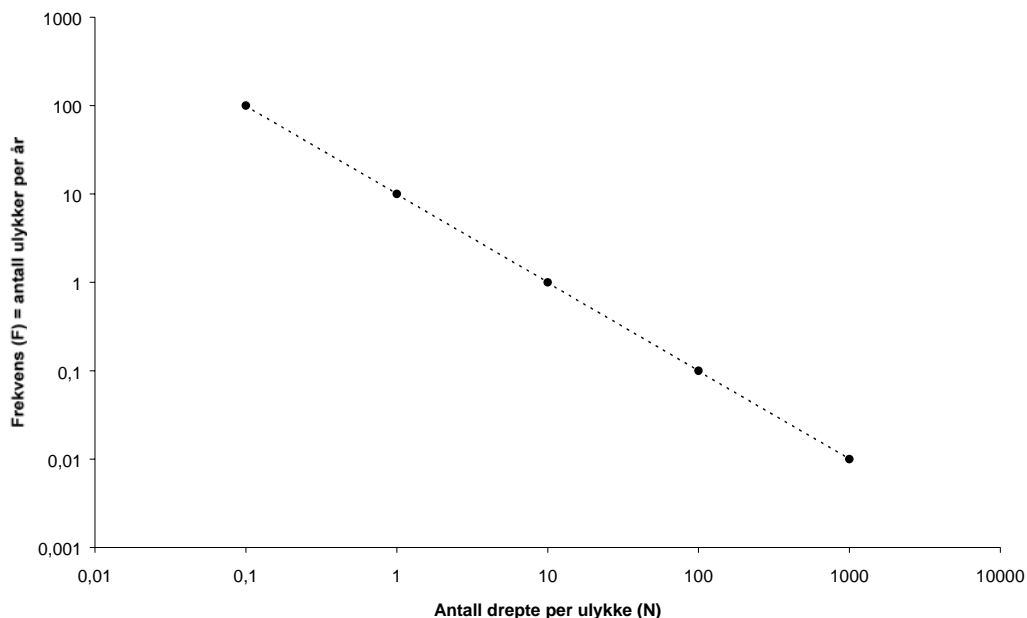
Figur 1: Prinsippskisse av hendelsestre

Normal drift danner stammen av treet. Uønskede hendelser danner hovedgrener. De ulike mulige utfall danner trekronen. Langs grenene oppgis sannsynligheten for de ulike hendelser og deres mulige utfall. I figur 1 er sannsynligheten for at det ikke skjer noen uønsket hendelse $1 - (0,05 + 0,01) = 0,94$. Sannsynligheten for utfall A er $(0,05 \times 0,90) + (0,01 \times 0,95) = 0,045 + 0,0095 = 0,0545$.

Et hendelsestre tar utgangspunkt i ulike ulykkestyper (hendelsestyper) og analyserer konsekvensene av ulykkene. Et feiltre tar derimot utgangspunkt i hva som kan gå galt under normale forhold og forsøker å nøste opp i mulige årsaker til ulykker. Ved for eksempel grunnstøting, vil man i et hendelsestre studere hva som kan skje etter at man har grunnstøtt. I et feiltre vil man studere hva som kan føre til grunnstøting. Det kan for eksempel være feilnavigering, feil ved sjøkart, teknisk svikt i båtens ror, maskinstans, og så videre. For å tallfeste sannsynligheten for katastrofer er det mest hensiktsmessig å benytte hendelsestrær.

Det ligger utenfor rammen for dette oppdraget å beskrive nærmere hvordan man utvikler og analyserer et hendelsestre. Et eksempel på et hendelsestre vil imidlertid bli gitt i kapittel 4, som handler om risikoen for katastrofer i vegtrafikk.

FN-kurver. En FN-kurve er en kurve som viser sammenhengen mellom hyppigheten av ulykker (frekvens = F; engelsk frequency) og antallet drepte pr ulykke (N = antall; engelsk number). Den første som analyserte slike kurver og forsøkte å finne regelmessigheter i deres form var Chauncey Starr (Starr, Rudman og Whipple 1976). Figur 2 viser et stilisert eksempel på en FN-kurve. Det er vanlig å tegne slike kurver i en logaritmisk skala. Det er en skala det hvert nytt trinn er 10 ganger så stort som det forrige (1, 10, 100, osv).



Figur 2: Stilisert eksempel på en FN-kurve

FN-kurver bygger vanligvis på historisk statistikk, men for analyseformål kan kurvene bli ekstrapolert utenfor det området som dekkes av historiske erfaringer. Dersom man skal beregne en FN-kurve på grunnlag av historisk statistikk, kreves

et omfattende materiale. Store ulykker er mer sjeldne enn små. Kurvene vil derfor ofte være mest usikre i det området som gjelder de største ulykkene.

2.2 Datakilder og tilnæringsmåte

Det er store begrensninger ved både hendelsestrær og FN-kurver som metoder for å tallfeste sannsynligheten for katastrofer. En analyse av hendelsestrær kan bygge på erfaringstall for hyppigheten av ulike hendelser, men vil ofte bli supplert med mer hypotetiske vurderinger. Man spør seg da for eksempel hva som er det verst tenkelige utfall av en hendelse, selv om den aktuelle hendelsen og det aktuelle utfallet hittil ikke har forekommet. Eksempelvis kan man tenke seg at to Jumbojetfly, begge med ca 400 passasjerer kolliderer i luften nær en flyplass og deretter styrter i et tett befolket område. I verste fall vil en slik hendelse kanskje føre til 1000 drepte (400 pluss 400 i flyene, pluss 200 på bakken).

Problemet med slike hypotetiske hendelser er at man må gjette på både sannsynligheten (hyppigheten pr tidsenhet) for hendelsen og på hva som er det verst tenkelige utfall. Når man skal beregne risiko knyttet til ny teknologi finnes det ingen andre muligheter, siden historiske erfaringstall da vil mangle. Når det derimot gjelder teknologi som har vært i bruk en viss tid, finnes som regel erfaringstall for hyppigheten av hendelser med ulike konsekvenser.

Men katastrofer er sjeldne. Det tilgjengelige historiske erfaringsmaterialet for et bestemt land for en bestemt periode kan derfor bli utilstrekkelig til å tallfeste sannsynligheten for katastrofer med ønsket grad av nøyaktighet. I Norge har det de siste 30 år bare vært to ulykker der mer enn 100 mennesker omkom. Det var ulykken med oljeplattformen "Alexander Kielland" i 1980 og ulykken med "Scandinavian Star" i 1990. Ulykker med mellom 10 og 100 drepte har forekommet oftere, men også slike ulykker er så få at de neppe gir et brukbart grunnlag for å tallfeste sannsynligheten for katastrofer i de enkelte transportgrener.

For å få et bedre tallgrunnlag for å beregne sannsynligheten for katastrofer, er det fristende å bruke erfaringstall fra flere land for en svært lang periode. Det er to problemer forbundet med dette. For det første kan risikonivået for bestemte ulykkestyper variere mye fra land til land. Overfylte, nedslitte gamle busser i India, der folk sitter på taket i tillegg til å utnytte all plass inne i bussen, representerer et helt annet risikonivå enn norske rutebusser. Indiske erfaringstall for bussulykker med mange drepte ville følgelig ikke si noe om forventet hyppighet av slike ulykker i Norge. For det andre kan risikoen for store ulykker endres over tid. Det vil for eksempel neppe gi et riktig bilde av dagens hyppighet av store flyulykker å bygge på erfaringstall som er eldre enn 25-30 år. For så lang tid siden ble mindre propellfly brukt mer enn i dag og lufttrafikkjenesten (flygeledertjenester) var bygget mindre ut.

I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i norske erfaringstall for å beregne sannsynligheten for katastrofer under transport. De norske erfaringstallene er supplert med erfaringstall som dekker OECD-landene i perioden etter 1970. De norske og utenlandske erfaringstallene er benyttet på følgende måte:

- 1 For hver transportgren, er hyppigheten av ulykker med ulikt antall drepte pr ulykke talt opp for perioden etter 1970 eller en annen tilgjengelig periode

- 2 Hyppigheten av ulykker er så omregnet til et risikomål, fortrinnsvis ulykker pr million personkilometer.
- 3 Den beregnede risikoen for ulykker med ulikt antall pr personkilometer er så omregnet til et forventet årlig antall ulykker i Norge ut fra antallet personkilometer som årlig produseres i hver transportgren.

En slik framgangsmåte forutsetter at risikonivået, regnet pr personkilometer, er tilnærmet det samme i alle land som data om store ulykker er hentet fra. Innenfor prosjektets rammer har det ikke vært mulig å granske holdbarheten av denne forutsetningen særlig nøye.

For Storbritannia har Evans (1994) gjort en egen analyse. Resultatene av denne analysen vil bli benyttet, da risikonivået i transport i Norge og Storbritannia ligger på omtrent samme nivå. Dette fremgår av tabell 1.

Tabell 1: Dødsrisiko i transport i Norge og Storbritannia. Kilder: Fosser og Elvik 1996 og Evans 1994

Transportmåte	Norge – drepte pr 100 millioner		Storbritannia – drepte pr 100 millioner	
	Persontimer	Personkilometer	Persontimer	Personkilometer
Fotgjenger	19,7	4,0	27,0	7,0
Sykkel	17,3	1,7	64,0	4,6
Moped eller mc	134,9	4,9	342,0	11,4
Personbil	20,7	0,46	12,4	0,40
Buss	3,3	0,10	1,4	0,06
Tog	6,2	0,10	6,0	0,10
Båt	5,2	0,26	16,0	0,80
Fly (*)	120,5	0,27	20,0	0,04

(*) Medregnet en ulykke med 36 drepte. Holdes denne utenfor blir risikoen henholdsvis 21,9 pr 100 mill persontimer og 0,05 pr 100 mill personkilometer. Dette viser hvilke store utslag en enkelt stor ulykke kan gi på risikoen i transport i Norge

Evans har beregnet FN-kurver for Storbritannia for vegtrafikk, jernbane medregnet tunnelbanen i London, og luftfart.

Ved vår beregning av katastroferisiko i norsk samferdsel, er kun dødsulykker inkludert, gruppert på følgende måte:

1 drept

2-9 drepte

10-19 drepte

20-99 drepte, og

100 eller flere drepte

Beregningene tar utgangspunkt i den ulykkesstatistikk som foreligger for de enkelte transportgrener. Denne statistikken er ikke helt sammenlignbar. Eksempelvis er norsk statistikk for flyulykker begrenset til ulykker med norskregistrerte luftfartøy, men omfatter alle ulykker med disse uansett om de skjer i Norge eller utlandet. Statistikken for vegtrafikkulykker omfatter bare

ulykker i Norge, men inkluderer både nordmenn og utlendinger. I den største vegtrafikkulykken som er registrert i Norge de siste 20 årene (bussulykken i Måbødalen i 1988), var alle de omkomne svenske statsborgere. Sjøulykkesstatistikken omfatter bare ulykker med skip i yrkesmessig transport, ikke ulykker med fritidsbåter. Vegtrafikkulykkesstatistikken omfatter alle ulykker, også dem som skjer under fritidsaktiviteter. Innenfor dette prosjektets rammer, har det ikke vært mulig å standardisere ulykkesstatistikken for de ulike transportgrener. Statistikken er brukt i den form den foreligger. En nærmere drøfting av forskjeller i ulykkesstatistikk mellom transportgrenene er gitt i TØI-notat 1089 (Assum 1998).

3 Store ulykker i Norge 1971-1995

I forbindelse med en utredning for Redningshelikopterutvalget i 1996 (Elvik 1996, jfr NOU 1997:3) ble det utarbeidet en oversikt over store ulykker i Norge i perioden 1971-1995. Oversikten omfattet ulykker med 5 eller flere drepte.

Oversikten ble utarbeidet på grunnlag av nyhetsårboken "Hvem-hva-hvor" og rapporten "Kartlegging av storulykker i Norge" (Sundet, Hovden, Ingstad, Sten 1990). Det tas forbehold om hvor fullstendig oversikten er når det gjelder ulykker med mellom 5 og 9 drepte. For ulykker mer 10 eller flere drepte er oversikten forhåpentligvis fullstendig. Oversikten omfatter ulykker der nordmenn har omkommet og der norsk redningstjeneste i prinsippet kunne ha deltatt i redningsarbeidet. Dette er ikke fullt ut i samsvar med de definisjoner av rapporteringspliktige ulykker som gjelder i ulykkesstatistikk for de enkelte transportgrener.

Tabell 2: Oversikt over store ulykker i Norge 1971-1995

År	Måned	Dag	Sted	Ulykkestype	Antall drepte
1971	11	24	Hjørundfjord	Snøskred	7
1972	06	11	Grytøra	Flystyrt	17
1972	12	23	Asker	Flystyrt	40
1974	02	11	Finnmark	Skipsforlis	11
1975	02	22	Tretten	Togkollisjon	27
1976	03	01	Fedje	Borerigg	6
1976	08	13	Hardanger	Bussulykke	6
1977	02	25	Statfjord	Brann	5
1977	05	24	Lærdal	Bussulykke	7
1977	11	23	Nordsjøen	Helikopter	12
1978	06	26	Nordsjøen	Helikopter	18
1979	03	16	Sandnessjøen	Brann	11
1980	02	16	Ådneram	Snøskred	5
1980	03	27	Nordsjøen	Oljerigg	123
1981	01	25	Helgeland	Skipsforlis	9
1982	03	15	Berlevåg	Flystyrt	15
1983	11	05	Nordsjøen	Dykking	5
1985	11	04	Stavanger	Oljerigg	10
1986	03	16	Vassdalen	Snøskred	16
1986	08	29	Norskehavet	Helikopter	8

Tabell 2: Oversikt over store ulykker i Norge 1971-1995, forts

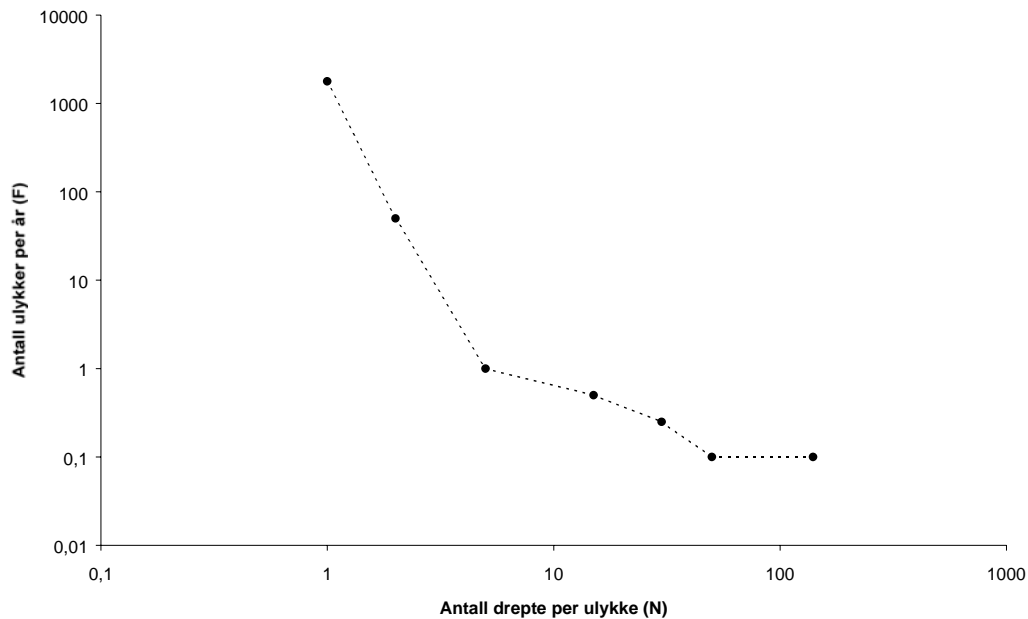
År	Måned	Dag	Sted	Ulykkestype	Antall drepte
1986	09	05	Kristiansand	Brann	14
1986	10	10	Longyearbyen	Flystyrt	6
1987	04	02	Skien	Flystyrt	10
1988	06	05	Brønnøysund	Flystyrt	36
1988	08	15	Måbødalen	Bussulykke	16
1989	03	04	Åsane	Bilulykke	5
1989	09	08	Hirtshals	Flystyrt	55
1990	04	07	Skagerak	Skipsbrann	158
1990	04	16	Skøyen	Togkollisjon	5
1990	10	03	Sunnfjord	Helikopter	5
1992	10	05	Svalbard	Skipsforlis	5
1993	10	03	Nordstrand	Togkollisjon	5
1993	10	27	Namsos	Flystyrt	6
1995	05	08	Os(ferge)	Buss rullet av ferge	6

På grunnlag av oversikten i tabell 2, ble det laget en oversikt over hvor ofte ulykker med ulikt antall drepte kan forventes å forekomme. I avrundede tall er denne oversikten vist i Tabell 3.

Tabell 3: Forventet årlig antall dødsulykker i Norge med ulikt antall drepte, basert på erfaringstall for perioden 1971-1995

Antall drepte pr ulykke	Forventet antall ulykker pr år
1	1775
2	50
3-9 (5)	1
10-19 (15)	0,5
20-49 (30)	0,25
50-99 (50)	0,1
100- (140)	0,1

Denne oversikten er vist som en FN-kurve på figur 3 (neste side). Ved beregning av denne kurven, er tallene i parentes i tabell 3 for ulykker med 5-9 (5), 10-19 (15), osv drepte pr ulykke brukt. I tabell 2 er 34 ulykker representert. 24 av disse skjedde under transport. Ulykker med oljerigger til havs er da ikke regnet med. De 24 ulykkene under transport fordelte seg med 12 i luftfart, medregnet helikoptertrafikk, 5 i skipsfart, 4 i vegtrafikk og 3 i jernbanetrafikk. I tabell 4 er en del viktige data om disse ulykkene oppsummert. Tabellene viser gjennomsnittlig antall ulykker pr år, gjennomsnittlig antall drepte pr ulykke og hvor mange drepte det var i den verste ulykken (høyeste antall drepte).



Figur 3: FN-kurve for årlig antall dødsulykker i Norge basert på erfaringstall 1971-1995

Tabell 4 viser at de største ulykkene har skjedd i skipsfart. Store ulykker har oftest skjedd i luftfart, men omfanget av de store ulykkene har her ikke vært like stort som i skipsfart. Jernbane har hatt færrest store ulykker. I vegtrafikk har det også vært få store ulykker. I den største omkom 16 mennesker.

De historiske erfaringstall for store ulykker i Norge gir alene ikke et godt nok grunnlag for å beregne risikoen for katastrofer ved transport. Katastrofer er sjeldne hendelser, men sannsynligheten for at de kan skje er ikke null, selv om det i en viss periode i et bestemt land ikke har skjedd katastrofer. Det er ikke nødvendig å gå lengre enn til våre naboland i løpet av de siste ti år for å finne eksempler på katastrofer i transport. To slike eksempler er Estonia-ulykken i 1994 (852 drepte) og den russiske flyulykken på Svalbard i 1996 (141 drepte; ifølge regler for internasjonal luftfartsstatistikk hører denne ulykken hjemme i russisk luftfart, ikke norsk, selv om den skjedd i norsk luftrom).

Tabell 4: Store ulykker ved transport i Norge. Erfaringstall 1971-1995

Transportgren	Ulykker med mer enn 5 drepte pr år	Gjennomsnittlig antall drepte pr ulykke	Høyeste antall drepte i en ulykke
Vegtrafikk	0,16	8,5	16
Jernbane	0,12	12,7	27
Skipsfart	0,20	38	158
Luffart	0,48	19	55

I de neste kapitlene vil derfor de norske erfaringstallene bli supplert med internasjonale erfaringstall for å få et bedre tallmessig grunnlag for å anslå sannsynligheten for katastrofer i transport.

4 Vegtrafikk

4.1 Hendelser som kan føre til katastrofer

De største potensialer for katastrofer under vegtrafikk er knyttet til:

- 1 Ulykker under transport av farlig gods
- 2 Bussulykker
- 3 Ulykker på motorveger i tett tåke

Transport av farlig gods. Det finnes ingen fullstendig statistikk for ulykker under transport av farlig gods i Norge. Ulykker under transport av brannfarlig vare, som utgjør anslagsvis 50% av alt farlig gods som transporteres på veg (Hokstad med flere 1997), blir registrert av Direktoratet for Brann- og Eksplosjonsvern (DBE). På grunnlag av statistikk for årene 1990-1994 er det i Trafikksikkerhetsåndboken (Elvik, Mysen og Vaa 1997) utarbeidet en oversikt over ulykker under transport av brannfarlig vare. Hovedpunktene i denne oversikten gjengis her. Tabell 5 gir en oversikt over antall ulykker og antall drepte og skadde med tankbil for brannfarlig vare og stykkgodskjøretøy for farlig gods perioden 1990-94 i ulykker registrert av DBE.

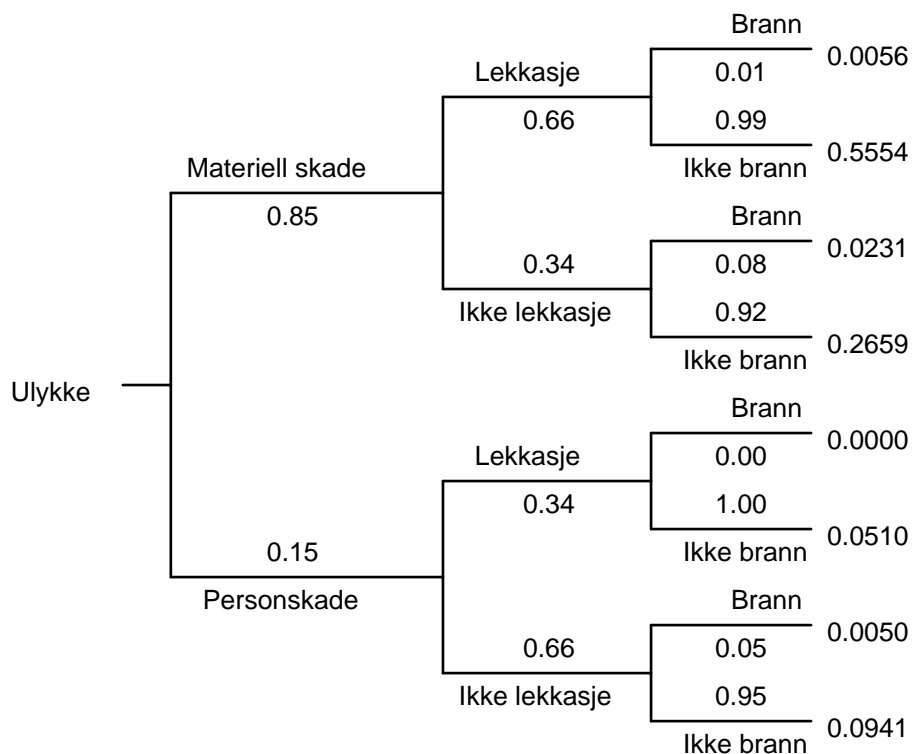
Tabell 5: Antall ulykker og antall drepte og skadde ved transport med farlig gods i perioden 1990-94. Kilde: DBE, bearbeidet av Borger 1996

År	1990	1991	1992	1993	1994
<i>Ulykker under transport i alt</i>	42	25	32	30	48
- med tankbil	39	20	27	25	40
- med stykkgodsbil	3	5	5	5	8
<i>Ledd i transportkjeden</i>					
- ulykker under kjøring	27	13	24	21	32
- ulykker ved terminaler mv	15	12	8	9	16
<i>Trafikkulykkers konsekvenser</i>					
- kun materiell skade	11	11	18	18	28
- personskadeulykke	16	1	6	3	4
- antall drepte	0	1	1	1	1
- antall skadde	16	1	5	2	3
<i>Fordeling på ulykkestyper</i>					
- utforkjøring	22	9	19	11	24
- kollisjoner	5	4	5	10	8

Det ble i 1994 registrert 48 uhell i alt. Av disse skjedde 32 under kjøring. 4 av ulykkene var personskadeulykker. I disse ulykkene ble til sammen 3 personer

skadet og 1 person drept. Den vanligste ulykkestypen er utforkjøringsulykker, ofte med velt og påfølgende lekkasje av brannfarlig vare. Ved utforkjøringer er det mange som oppgir ”vanskelige kjøreforhold” som årsak til uhellet. Trolig skjer flere ulykker på glatt føre (Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern 1995).

Konsekvensene av ulykker under transport av brannfarlig vare på veg i Norge er som regel nokså beskjedne. Figur 4 viser den faktiske hyppigheten av ulike konsekvenser av ulykker under kjøring, beregnet på grunnlag av alle registrerte ulykker i perioden i 1990-1995.



Figur 4: Hendelsestre for konsekvenser av ulykker under transport av brannfarlig vare på veg i Norge 1990-1995

Sannsynligheten for at det kun oppstår materiell skade ved en ulykke under transport av farlig gods er ca 85%. I ca to av tre materiellskadeulykker forekommer lekkasje av brannfarlig vare, mens dette bare forekommer i ca en av tre personskadeulykker. Forklaringen på disse forskjellene er trolig at ulykkene har ulik fordeling mellom ulykkestyper. De fleste materiellskadeulykker er utforkjøringer med velt. De fleste personskadeulykker er kollisjoner. Brann forekommer svært sjelden, i til sammen knappe 3% av ulykkene. De potensielle konsekvensene av ulykker under transport av farlig gods er likevel meget store.

Risikoen for personskadeulykke under kjøring med tankbil for brannfarlig vare er for perioden 1990-94 beregnet til 0,12 personskadeulykker pr million kjøretøykilometer (Borger 1996). Dette er betydelig lavere enn ulykkesrisikoen for tunge kjøretøy i sin alminnelighet (Sætermo 1995), som i samme periode var ca 0,45 personskadeulykker pr million kjøretøykilometer.

De personskader som har oppstått ved ulykker under transport av farlig gods på veg i Norge etter ca 1980 skyldes ikke det farlige godset. Dette innebærer ikke at farlig gods ikke representerer en fare for katastrofer, men betyr bare at det for

Norge for perioden etter 1980 ikke foreligger tilstrekkelige erfaringstall til å beregne hvor stor denne faren er.

Bussulykker. Transportbedriftenes Landsforening har nylig (Transportbedriftenes Landsforening 1998) utgitt et hefte om beredskap ved større bussulykker. I heftet er det gitt en oversikt over større bussulykker i Norge de siste ti år. Oversikten omfatter 38 ulykker. Det var 14 ulykker med 1 drept (1,4 pr år), 5 ulykker med 2 drepte (0,5 pr år), 1 ulykke med 4 drepte (0,1 pr år), 1 ulykke med 6 drepte (0,1 pr år) og 1 ulykke med 16 drepte (0,1 pr år). Ulykken med 6 drepte skjedde ved at en buss rullet av en ferge og regnes her ikke som vegtrafikkulykke. Ulykken er inkludert under skipsfart.

En full buss har omlag 50 passasjerer. Den verst tenkelige bussulykke er en kollisjon mellom to busser der alle omkommer, noe som vil kunne gi opp mot 100 omkomne. Under norske driftsforhold anses det som ytterst lite sannsynlig at en bussulykke vil kunne føre til et høyere antall omkomne, selv når omkomne utenfor bussen (andre trafikanter eller personer som oppholder i nærheten) regnes med. Gjennomsnittlig passasjerbelegg på norske rutebusser er 10-15 passasjerer.

Ulykker i tett tåke på motorveger. I Europa skjer det fra tid til annen meget store ulykker på motorveger i tett tåke. I slike ulykker kan mer enn 100 biler være innblandet, men antallet drepte er vanligvis mye lavere. Eksempelvis nevner Oppe (1991) en ulykke i Nederland i 1990 der 67 biler var innblandet, 10 mennesker ble drept og 25 skadet.

Det er tre grunner til å tro at slike ulykker vil forekomme sjeldnere i Norge enn i enkelte land i Mellom-Europa. For det første er trafikk tettheten på motorveger i Norge mindre enn på de mest trafikkerte motorveger i Europa. Det er derfor sannsynlig at færre kjøretøy vil bli innblandet i de mest alvorlige ulykkene. For det andre er fartsnivået på motorveger i Norge lavere enn i andre land.

Konsekvensene av ulykkene vil dermed bli mindre alvorlige. For det tredje er tett tåke mindre vanlig i Norge enn i enkelte andre land, for eksempel Nederland, der havtåke ofte driver inn over land. I Nederland er det tåke 76 dager pr år, av disse 25% med meteorologisk sikt under 200 meter (Oppe 1991).

Det er til nå ikke registrert ulykker i tett tåke med et høyt antall drepte på motorveger i Norge. Dette innebærer likevel ikke at slike ulykker ikke vil kunne skje.

4.2 Tallfesting av sannsynlighet for katastrofer

Ulykker under transport av farlig gods. Katastrofepotensialet ved transport av bensin og propan i Oslo er studert av Gjerstad og Andreassen (1988). Resultatene av deres undersøkelse legges her til grunn for å beregne katastrofepotensialet i hele landet.

Gjerstad og Andreassen (1988) studerte transport av bensin og propan langs utvalgte vegstrekninger i Oslo. Det årlige trafikkarbeidet på de undersøkte strekningene ble beregnet til ca 0,4 millioner kjøretøykilometer pr år. Trafikkarbeidet med tankbil for brannfarlig vare i hele landet i samme periode var ca 40 millioner kjøretøykilometer pr år, det vil si 100 ganger mer enn på de undersøkte strekningene i Oslo. Befolkningen som er eksponert for risiko er

imidlertid ikke 100 ganger større i hele landet enn i Oslo. Landets befolkning er omlag 8,9 ganger større enn Oslos befolkning.

Gjerstad og Andreassen beregnet sannsynligheten for lekkasje og antennelse av bensin og propan ved en ulykke på grunnlag av historiske erfaringstall for hele Norge for årene 1979-1987. De gjorde i denne forbindelse en del antakelser om forskjeller i risikonivå mellom Oslo og resten av landet. De anslo hyppigheten av brann i bensin til 0,0108 pr år i Oslo og hyppigheten av brann i propan til 0,00005 pr år i Oslo. Ved hjelp av en modell av mulige forløp av branner i bensin og propan, ble de verst tenkelige konsekvenser beregnet. For brann i bensin ble to mulige hendelsesforløp beskrevet, med maksimalt 3 og 6 drepte. For brann i propan ble seks mulige hendelsesforløp beskrevet, med fra 6 til 49 drepte. Anslag på sannsynligheten for de ulike hendelsesforløp lot seg ikke fremskaffe. Det vil her derfor bli forutsatt at alle hendelsesforløp er like sannsynlige. Det vil si at det forutsettes en sannsynlighet på 0,5 for hvert av de to mulige hendelsesforløpene som fører til dødsfall ved brann i bensin og en sannsynlighet på 0,167 for hvert av de seks mulige hendelsesforløpene som fører til dødsfall ved brann i propan. Men ikke alle branner medfører dødsfall. I perioden 1979-1987 omkom ingen mennesker i Norge som følge av brann i bensin eller propan utløst ved trafikkulykke. Heller ikke perioden 1990-1994 var det noen dødsfall. I den sistnevnte perioden var det 7 branner (Borger 1996). Sannsynligheten for at noen skal omkomme ved en brann er dermed i verste fall 1/7, sannsynligvis lavere. Her settes sannsynligheten til 0,1 (1/10).

Forventet hyppighet av utfall i ulike konsekvensklasser ved brann i bensin og propan ved en ulykke under transport i Oslo kan dermed, gitt de øvrige forutsetninger hos Gjerstad og Andreassen, beregnes til:

Brann i bensin, 2-9 drepte: $0,0108 \times 0,1 \times 1,0 = 0,00108$ pr år i Oslo

Brann i propan, 2-9 drepte: $0,00005 \times 0,1 \times 0,33 = 0,00000165$ pr år i Oslo

Brann i propan, 20-99 drepte: $0,00005 \times 0,1 \times 0,67 = 0,00000335$ pr år i Oslo

Her er første tall (**0,0108**) den årlige hyppigheten av brann, beregnet av Gjerstad og Andreassen, andre tall er sannsynligheten for at en brann fører til at noen blir drept (**0,1**), tredje tall er sannsynligheten for et hendelsesforløp som fører til 2-9, 10-19, 20-99, osv drepte. Som man ser, antas alle branner i bensin å kunne føre til 2-9 drepte (**sannsynlighet = 1,0**). Ved branner i propan antas det, ifølge Gjerstad og Andreassens beregninger, at antallet drepte enten blir 2-9 (sannsynlighet = 0,33) eller 20-99 (sannsynlighet = 0,67).

Med utgangspunkt i disse beregnede hyppighetene, er tilsvarende forventet hyppighet i hele landet beregnet. Først er hyppigheten av branner justert på grunnlag av endringer i risiko for tankbil for brannfarlig vare fra perioden 1979-1987 til perioden 1990-1994. Risikoen for at slike kjøretøy skulle bli innblandet i trafikkulykker, ble i denne perioden redusert fra 0,64 ulykker pr million kjøretøykilometer til 0,47 ulykker pr million kjøretøykilometer. Det gir en korreksjonsfaktor på 0,734.

Forventet hyppighet i landet som helhet av brann i bensin som fører til 2-9 dødsfall kan dermed beregnes til: $0,00108 \times 8,9 \times 0,734 = 0,00706$ pr år. Her er **0,00108** hyppigheten i Oslo pr år 1979-1987, **8,9** er oppblåsningsfaktoren fra Oslos befolkning til hele landets befolkning og **0,734** er korreksjonsfaktoren for

risikoutvikling fra 1979-1987 til 1990-1994. Tilsvarende kan forventet hyppighet av brann i propan med 2-9 drepte beregnes til: $0,00000165 \times 8,9 \times 0,734 = 0,00001$ pr år. Branner med 20-99 drepte forventes å forekomme med en hyppighet på $0,0000215$ pr år.

Avrundet blir hyppigheten av ulykker med 2-9 drepte ca $0,000707$ pr år for bensin og propan sett under ett. Hyppigheten av ulykker med 20-99 drepte er beregnet til $0,0000215$ pr år, eller 1 ulykker hvert 46510. år. Skjønnsmessig settes hyppigheten av ulykker med 10-19 drepte til $0,00007$ pr år.

Det kan nevnes at dersom antall kjøretøykilometer hadde vært som oppblåsningsfaktor i stedet for folketallet, ville den beregnede hyppighet av ulykker ha blitt ca 11 ganger så høy. Oppblåsningsfaktoren ville da ha vært 100, mens den er 8,9 med utgangspunkt i folketallet. Folketallet er valgt som oppblåsningsfaktor, fordi det antas at risikoen for dødsfall ved ulykker under transport av farlig gods i sterkere grad avhenger av folkemengden på og nær vegen enn av antallet kjørte kilometer. En relativt stor andel av kjørte kilometre utføres i spredtbygd strøk.

Store bussulykker. Det er her tatt utgangspunkt i den historiske frekvens av slike ulykker i Norge de siste 20 år. I denne perioden har kun en ulykke med mer 10 drepte forekommet. Det gir en årlig hyppighet på $0,05$.

Motorvegulykker i tett tåke. Det er utført en spesialutkjøring fra Statens vegvesens ulykkesregister (Ranes 1999) for å finne antall dødsulykker på motorveg i tåke. I perioden 1990-1997 (åtte år) ble det registrert 1 dødsulykke med 1 drept person i tåke på motorveg klasse A. På motorveg klasse B ble det i samme periode registrert 2 dødsulykker i tåke. I den ene av ulykkene ble 1 person drept, i den andre ble 2 personer drept. Når motorveger av klasse A og B ses under ett, gir dette en årlig hyppighet på $0,25$ ($2/8$) ulykker pr år med 1 drept og $0,125$ ($1/8$) ulykker pr år med 2-9 drepte.

Det er i tillegg rettet en forespørsel til 14 land som deltar i IRTAD (International Road and Traffic Accident Database, en internasjonal database som drives av Bundesanstalt für Strassenwesen på vegne av OECD) om hvor mange vegtrafikkulykker med mer enn 20 drepte som er registrert i årene fra og med 1990 til og med 1997 (Ranes 1998). Det var kommet svar fra 10 land pr 27. desember 1998. I disse 10 landene var det registrert 2 slike ulykker i denne perioden. Det gir en årlig hyppighet på $0,025$ pr år pr land ($2/80$, hvor $80 = 8 \text{ år} \times 10 \text{ land}$). Siden de fleste av landene er større enn Norge, må det antas at den årlige hyppigheten av slike ulykker, alt annet likt, er lavere enn $0,025$ i Norge. Dersom man bruker folketallet som omregningsnøkkel, gir det en forventet årlig hyppighet i Norge på $0,00054$ ($0,025/46$). Folketallet i de 10 landene er 46 ganger større enn i Norge.

Tabell 6 viser tallfesting av potensialet for katastrofer i vegtrafikk i Norge.

Tabell 6: Tallfesting av forventet hyppighet av store ulykker i vegtrafikk i Norge

Antall drepte pr ulykke	Transport av farlig gods	Busstransport	Motorvegulykker i tett tåke	Sum
1	0,8	1,3	0,25	2,35
2-9 (5)	0,0007	0,6	0,125	0,7257
10-19 (15)	0,00007	0,05	0,0	0,05007
20-99 (50)	0,00002	0,0	0,0	0,00002
100- (120)	0,0	0,0	0,0	0,0
Sum	0,806	5,05	0,375	6,23
Faktisk antall	0,8	4,5	0,375	5,68

Tabell 6 viser at når potensialet for store ulykker innlemmes, blir beregnet antall drepte pr år noe høyere enn det faktisk observerte tallet for de siste år.

Forklaringen på dette er at store ulykker ikke har skjedd i Norge i den perioden vi har data for. Dette innebærer likevel ikke at det kan utelukkes at store ulykker vil kunne skje. I følge beregningene i tabell 6 antas det at ulykker med mer enn 100 drepte ikke vil forekomme i vegtrafikk i Norge.

5 Jernbane

5.1 Hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i Norge

Foreliggende statistikk for ulykker under jernbanetransport i Norge skiller ikke mellom ulykker med ulikt antall drepte. Det er derfor ikke mulig å anslå hyppigheten av ulykker med ulikt antall drepte helt nøyaktig. De største ulykker blir imidlertid omtalt spesielt. For ulykker med mer enn 5 drepte antas derfor hyppigheten å være riktig.

Statistikken gir grunn til å tro at de aller fleste dødsulykker ved jernbanetransport kun fører til 1 drept person. De fleste år etter 1970 har flertallet av dødsulykker vært påkjøring av person som gikk i sporet, kollisjoner på planovergang og ulykker med reisende som hoppet av eller på tog i fart. I de aller fleste av disse ulykkene er kun en person innblandet. Tabell 7 viser den observerte hyppigheten av ulykker med ulikt antall drepte ved jernbanetransport i Norge i perioden 1970-1997 (28 år).

Tabell 7: Hyppighet av jernbaneulykker med ulikt antall drepte i Norge 1970-1997

Antall drepte pr dødsulykke	Årlig hyppighet 1970-1997
1	10,14
2-9	0,46
10-19	0,00
20-99	0,04
100-	0,00
Sum	10,64

I gjennomsnitt for perioden 1970-1997 var det i overkant av 10 dødsulykker pr år. Gjennomsnittlig antall drepte var 12,4 pr år for hele perioden sett under ett. Dette tallet viste en synkende tendens, fra i gjennomsnitt 18,2 drepte pr år i 1970-årene, til 10,7 drepte pr år i 1980-årene og 7,3 drepte pr år i 1990-årene (1990-1997). Det var i perioden kun en ulykke med mer enn 20 drepte. Det gir en årlig hyppighet på ca 0,035 (1/28). Det var i perioden ingen ulykker med mellom 10 og 19 drepte.

5.2 Tallfesting av sannsynlighet for katastrofer

For å tallfeste den langsiktige hyppigheten av katastrofer ved jernbanetransport i Norge, er det tatt utgangspunkt i de historiske hyppighetene i tabell 7 og en FN-kurve for Storbritannia, beregnet av Evans (1994). Kurven som er beregnet av Evans bygger på britiske erfaringstall for perioden 1963-1990. Den verste ulykken i denne perioden hadde 49 drepte. Tabell 8 viser den beregnede årlige hyppighet

av ulykker med ulikt antall drepte ved jernbanetransport i Norge, basert på disse to kildene.

Tabell 8: Beregnet hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte ved jernbanetransport i Norge

Antall drepte pr dødsulykke	Observert hyppighet 1970-1997	Beregnet langsiktig hyppighet
1	10,14	7,00
2-9 (5)	0,46	0,50
10-19 (15)	0,00	0,006
20-99 (50)	0,04	0,01
100- (120)	0,00	0,00
Sum	10,64	7,516
Antall drepte pr år	12,4	10,09

Den observerte hyppigheten av ulykker med 1 drept er skjønnsmessig redusert, for å ta hensyn til at risikonivået ved jernbanetransport har sunket over tid og trolig er lavere i dag enn gjennomsnittet for hele perioden 1970-1997.

Hyppigheten av ulykker med 2-9 drepte er satt tilnærmet lik observerte hyppighet. Hyppigheten av ulykker med 10-19 drepte er beregnet med utgangspunkt i britiske data.

I Storbritannia var det i perioden 1963-1990 ca 0,1 jernbaneulykke med 10-19 drepte pr år (Evans 1994). Jernbanetrafikken i Storbritannia i 1990 var 33200 millioner personkilometer (Department of Transport 1992). Tilsvarende tall i Norge var 2116 millioner personkilometer. Det gir et forholdstall på 15,7. Hyppigheten av ulykker med 10-19 drepte i Norge beregnes dermed til $0,1/15,7 = 0,006$ pr år. Hyppigheten av ulykker med 20-99 drepte er beregnet på samme måte.

Den beregnede langsiktige hyppigheten av jernbaneulykker med 20-99 drepte er lavere enn observerte hyppighet i perioden 1970-1997. Dette er ikke urimelig, da risikoen trolig er redusert med ca to tredjedeler fra 1970-årene til 1990-årene. Jernbanenettet er utbedret, flere strekninger har fått fjernstyring og automatisk togstopp er bygget ut. Lengden av kryssingsspor og dobbeltsporede strekninger er også økt.

6 Skipsfart

6.1 Hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte

Innenriks skipsfart. I en risikoanalyse for innenlands fergetransport, har SINTEF Sikkerhet og pålitelighet (Hokstad, Rosness, Sten, Stensaas, Sæbø, Haugen, Norddal og Wilson 1997) beregnet hyppigheten av ulykker med ulikt antall drepte i innenriks fergetransport i perioden 1981-1995. Resultatet fremgår av tabell 9.

Tabell 9: Hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i innenriks fergetransport i Norge 1981-1995

Antall drepte pr dødsulykke	Årlig hyppighet 1981-1995
1	0,20
2-9	0,07
10-19	0,00
20-99	0,00
100-	0,00
Sum	0,27

Det var i denne perioden 3 ulykker med 1 drept i hver ulykke og en ulykke med 6 drepte. Den sistnevnte ulykken skjedde ved at en buss rullet av en ferge. Antallet drepte var til sammen 9, det vil si 0,6 pr år (9/15).

Utenriks skipsfart. I den samme rapporten gis en oversikt over store ulykker i internasjonal skipsfart i Nordvest-Europa i perioden 1978-1994. Nordvest-Europa omfatter Østersjøen, Nordsjøen og Den Engelske Kanal. Det inntraff i denne perioden fire store ulykker i dette farvannet. Det var kantringen av Herald of Free Enterprise i 1987 (193 drepte), brannen i Scandinavian Star i 1990 (158 drepte), forliset til Jan Heweliusz i 1993 (52 drepte) og forliset til Estonia i 1994 (852 drepte). De øvrige dødsulykker som inntraff i denne perioden var små, med fra 1 til 6 drepte pr ulykke.

Risikoen for å bli drept beregnes til 2,1 drepte pr milliard personkilometer i innenriks fergetransport (Hokstad med flere 1997). For internasjonal fergetrafikk i Nordvest-Europa beregnes risikoen til ca 8,5 drepte pr milliard personkilometer på grunnlag av erfaringstall for perioden 1978-1994. Det påpekes imidlertid at risikoen må antas å synke kommende år, fordi de store ulykkene de siste årene har ført til at omfattende risikoreduserende tiltak iverksettes. For norske utenriksferger isolert sett (Scandinavian Star var en *dansk* ferge og regnes derfor ikke med) er risikoen beregnet til 0,065 drepte pr milliard personkilometer.

6.2 Tallfesting av sannsynlighet for katastrofer

Innenriks skipsfart. For innenriks fergetransport har SINTEF Sikkerhet og Pålitelighet tallfestet sannsynligheten for store ulykker (Hokstad med flere 1997). Deres anslag legges til grunn her og er vist i tabell 10.

Tabell 10: Beregnet langsiktig hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte ved innenriks fergetransport i Norge. Kilde: Hokstad med flere 1997

Antall drepte pr dødsulykke	Observert hyppighet 1981-1995	Beregnet langsiktig hyppighet
1	0,20	0,22
2-9 (4)	0,07	0,10
10-19 (15)	0,00	0,01
20-99 (50)	0,00	0,003
100- (150)	0,00	0,0007
Sum	0,27	0,3337
Antall drepte pr år	0,60	1,025

Når muligheten for store ulykker inkluderes, ser man at forventet antall drepte pr år blir noe høyere enn det er i dag. Hokstad med flere (1997) skiller ikke mellom ulykker med 10-19 og 20-99 drepte. Deres beregnede hyppighet for gruppen 10-99 drepte er her fordelt på disse to kategoriene slik at summen stemmer overens med den Hokstad med flere har beregnet.

Utenriks skipsfart. Når det gjelder utenriks skipsfart, gjør mangel på gode eksponeringsdata det vanskelig å beregne risikoen på en god måte. Omfanget av skipsfarten mellom Norge og andre land er beregnet med utgangspunkt i en tabell i Sjøfartsstatistikken som viser antall passasjerer årlig i rutefart mellom Norge og andre land 1985-1994 (Statistisk sentralbyrå 1995). Antall passasjerkilometer i årene 1985-1994 kan beregnes til 10655 millioner. Det var i samme periode 161 drepte, av dem 158 i en enkelt ulykke. Det gir en dødsrisiko på 15,1 pr milliard personkilometer. Tabell 11 sammenstiller ulike anslag på risiko ved internasjonal skipsfart.

Tabell 11: Sammenstilling av ulike anslag på dødsrisiko i skipsfart

Kilde til risikotall	Antall drepte pr milliard personkilometer	
	Alle ulykker	Store ulykker
Innenriks ferger (1981-1995)	2,1	1,4
Norske utenriksferger (norske rederier 1980-1996)	0,065	0,0
Ferger mellom Norge og andre land (alle 1985-1994)	15,1	14,8
Internasjonale ferger i Nordvest-Europa (1978-1994)	8,5	8,5

Tabell 11 viser problemene med å beregne sannsynligheten for store ulykker (her definert som ulykker med mer enn 1 drept) i internasjonal skipsfart. Risikotallene varierer voldsomt. En rekke store ulykker de siste ti årene bidrar mye til den beregnede risikoen. Men disse store ulykkene har trolig ført til at det iverksettes tiltak som vil redusere risikoen.

Selv om risikoen for store ulykker i internasjonal skipsfart trolig vil bli redusert de kommende år, synes det likevel rimelig å anta at risikoen er høyere enn for innenriks fergetrafikk. En grunn til det er at de internasjonale fergene er betydelig større enn dem som brukes i innenriks fergetrafikk. Det er flere personer ombord og det potensielle omfanget av en ulykke er dermed større. I Norsk Internasjonalt Skipsregister var det ved utgangen av 1996 registrert 17 passasjerskip med en tonnasje på 440.000 bruttotonn, det vil si vel 25.000 bruttotonn pr skip (Statistisk sentralbyrå 1998). Til sammenligning var det registrert 196 skip i bilfergeruter, med en tonnasje på til sammen 147.180 bruttotonn, det vil si 750 bruttotonn pr skip.

Sannsynligheten for store ulykker i skipsfart antas her å være proporsjonal med antall personer pr skip. I innenriks skipsfart var det i 1995 43,2 millioner passasjerer fordelt på 335 skip, i gjennomsnitt 129.000 pr skip pr år. I internasjonal rutetrafikk mellom Norge og andre land var det i 1994 5,1 millioner passasjerer, som antas fordelt på 20 skip. Det blir i gjennomsnitt 256.000 pr skip pr år. Antall personer pr skip er dermed dobbelt så høyt i utenriksfart som i innenriksfart. Risikoen for store ulykker beregnes dermed til $1,4 \times 2 = 2,8$ pr milliard personkilometer. Antall personer pr avgang hadde vært et bedre mål, men lar seg ikke beregne, fordi de nødvendige data ikke er tilgjengelige. Innenriks ferger har langt hyppigere avganger enn skipsruter til utlandet.

Årlig utføres ca 1,5 milliarder personkilometer i internasjonale skipsruter mellom Norge og andre land, mot ca 0,3 milliarder personkilometer for innenriks ferger. Eksponeringen er med andre ord fem ganger så høy i utenriksfart som i innenriksfart. Forventet årlig hyppighet av store ulykker i utenriksfart blir dermed 10 ganger høyere enn for innenriks fergetrafikk (dobbelte så høy risiko og fem ganger så høy eksponering gir ti ganger så mange ulykker). Det antas at dette kun gjelder ulykker med mer enn 10 drepte. Tabell 12 sammenfatter resultatene av disse beregningene.

Tabell 12: Oppsummering av beregnet hyppighet av store ulykker i skipsfart

Antall drepte pr dødsulykke	Innenriks skipsfart	Utenriks skipsfart	Sum
1	0,22	0,10	0,32
2-9 (4)	0,10	0,10	0,20
10-19 (15)	0,01	0,10	0,11
20-99 (50)	0,003	0,03	0,033
100- (150)	0,0007	0,007	0,0077
Sum, beregnet antall drepte	1,025	4,55	5,575
Faktisk antall drepte pr år	0,6	10,7	11,3

Faktisk antall drepte er årlig gjennomsnitt for perioden 1981-1995. Tallet for utenriks skipsfart inkluderer Scandinavian Star ulykken. Tabellen viser at den langsiktige risikoen for store ulykker i utenriks skipsfart antas å være noe lavere enn faktisk risiko i perioden 1981-1995. Tallene er meget usikre.

7 Luftfart

7.1 Hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i Norge

I likhet med andre transportgrener, er statistikken om hvordan flyulykker fordeler seg etter antall drepte mangelfull. Luftfartsstatistikken oppgir kun totalt antall dødsulykker og totalt antall drepte. Man kan likevel gi et tilnærmet holdbart anslag på hyppigheten av ulykker med ulikt antall drepte. De største ulykkene er kjent og kan skilles ut. Tallene for ulykker med 10 drepte eller mer er derfor pålitelige. Tallene for ulykker med mindre enn 10 drepte er derimot anslag. I for eksempel 1973 ble 7 mennesker drept i 4 ulykker. Det blir i gjennomsnitt 1,75 pr ulykke. I minst en av ulykkene kan derfor ikke mer enn 1 person ha blitt drept. Det kan imidlertid ikke ha vært mer enn 3 ulykker med 1 drept. I den fjerde ulykken ble i så fall 4 mennesker drept ($3 \times 1 + 1 \times 4 = 7$). Ved beregning av hvordan ulykkene fordeler seg etter antall drepte, er det tatt utgangspunkt i gjennomsnittlig antall drepte pr ulykke. Det maksimale antall ulykker med 1 drept som er forenlig med dette gjennomsnittet er så beregnet. Tabell 13 viser beregnet hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i norsk luftfart fra 1970 til 1997.

Tabell 13: Hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i Norsk luftfart 1970-1997

Antall drepte pr dødsulykke	Årlig hyppighet 1970-1997
1	1,64
2-9	2,00
10-19	0,14
20-99	0,11
100-	0,00
Sum ulykker pr år	3,89
Antall drepte pr år	14,96

Det var litt mindre enn 4 dødsulykker pr år. I gjennomsnitt ble ca 15 mennesker drept hvert år. Tre ulykker med mer enn 20 drepte har forekommet i perioden. Ingen ulykker med mer enn 100 drepte har forekommet.

7.2 Tallfesting av sannsynlighet for katastrofer

De største passasjerflyene som brukes i Norge tar mer enn 100 passasjerer. Selv om det i perioden 1970-1997 ikke forekom flyulykker med mer enn 100 drepte i Norge, kan man ikke utelukke at slike ulykker kan forekomme. For å få et grunnlag for å si noe om sannsynligheten for slike ulykker, er internasjonale erfaringer for perioden 1992-1997 gjennomgått.

Gjennomgangen omfatter en opptelling av ulykker med ulikt antall drepte i Europa og Nord-Amerika. I dette området er risikonivået i luftfart omtrent det samme som i Norge. Kilden til data er "Flight International", et uketidsskrift som i slutten av januar hvert år bringer en oversikt over dødsulykker i luftfart over hele verden. Tabell 14 viser resultatene av opptellingen.

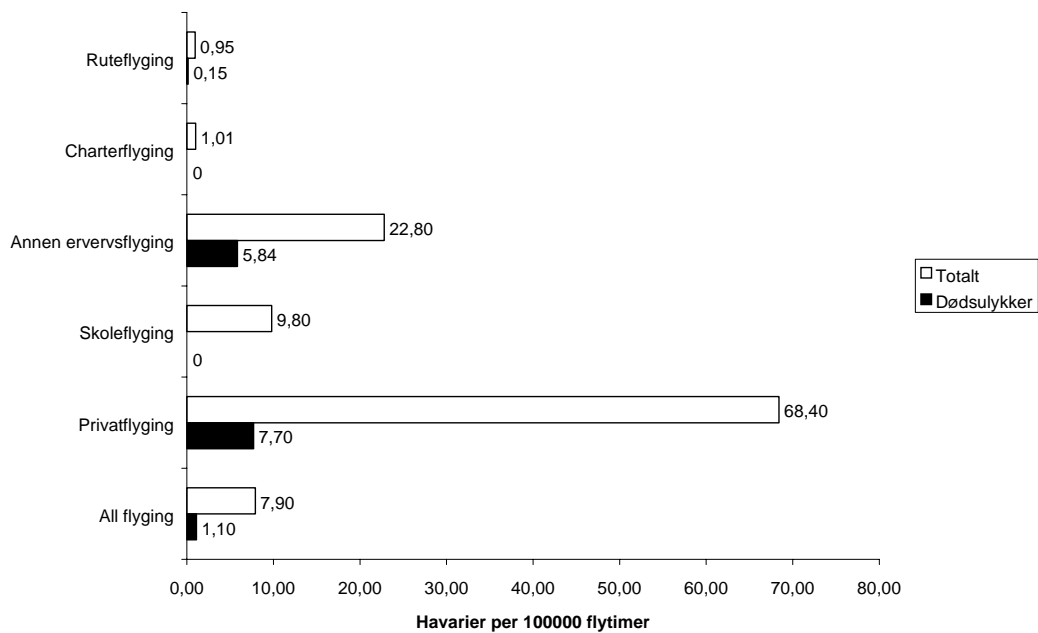
Tabell 14: Antall dødsulykker i luftfart i Europa og Nord-Amerika 1992-1997

Antall drepte pr dødsulykke	Type operasjoner		
	Ruteflyging	Charterflyging	Kortbaneflyging
1	0	0	2
2-9	4	0	27
10-19	0	0	9
20-99	9	3	5
100-	5	2	0
Sum ulykker	18	5	43

Tabell 14 viser at det er en markert forskjell mellom ulike typer flyging når det gjelder ulykkesfordeling etter antall drepte. I ruteflyging og charterflyging dominerer ulykker med mer enn 20 drepte pr ulykke. I kortbaneflyging dominerer derimot mindre ulykker. Ruteflyging ("scheduled") i tabell 14 omfatter tilnærmet det som i Norge er ruteflyging på stamrutenettet med store fly som DC9, MD80 og B737. Kortbaneflyging ("commuter and non-scheduled") er flyging på mindre flyplasser med flytyper som Twin Otter, Dash7 og Dash8. Ryteflyging i Norge kan sies å spenne over alle de tre typene flyging i tabell 14.

Civil Aviation Authority i Storbritannia (Civil Aviation Authority 1998) har utarbeidet en oversikt over dødsulykker i luftfart verden over. Oversikten dekker perioden 1984-1996. Det var i denne perioden 53 dødsulykker i Nord-Amerika, eller 0,33 dødsulykker pr milliard personkilometer. I Vest-Europa var det 35 dødsulykker, eller 0,78 pr milliard personkilometer. I Norge var det fra 1970 til 1997 109 dødsulykker, eller 1,90 pr milliard personkilometer. Ulykker under privatflyging bidrar imidlertid mye til dette tallet. For perioden 1986-1995 har Luftfartsverket beregnet ulykkesrisikoen pr 100.000 flytimer i Norge. Figur 5 viser resultatene av beregningene (Assum 1998). Figuren viser at risikoen for et havari med dødelig utgang er omlag 85% lavere ved ruteflyging enn gjennomsnittet for all flyging sett under ett. Det tilsier en dødsrisiko på ca 0,25 dødsulykker pr milliard personkilometer i ruteflyging i Norge. I 1997 ble vel 85% av flytimene i norsk luftfart produsert i ruteflyging.

Ifølge Bjørnskau (1991) var 71% av de drepte i flyulykker i Norge i perioden 1970-1989 passasjerer i rutefly eller rutegående helikopter. Antallet ulykker i ruteflyging var imidlertid lavere enn i ikke-rutegående flyging. Det er i ruteflyging de største ulykkene skjer. Skjønnsmessig antas det her at alle flyulykker med kun 1 drept, 50% av flyulykkene med 2-9 drepte og 10-19 drepte, og 10% av flyulykkene med 20-99 drepte i det lange løp vil ramme ikke-rutegående fly.



Figur 5: Risiko for havari og dødsulykke pr 100.000 flytimer i Norge 1986-1995

Den årlige hyppigheten av dødsulykker med rutefly i Norge 1970-1997 kan da beregnes til 1,00 med 2-9 drepte, 0,07 med 10-19 drepte og 0,10 med 20-99 drepte. Dersom den internasjonale statistikken i tabell 14 legges til grunn, vil ulykker under ruteflyging fordele seg med 3% med 1 drept, 47% med 2-9 drepte, 14% med 10-19 drepte, 25% med 20-99 drepte og 11% med mer enn 100 drepte. I 1988-1997 ble det produsert ca 2.112.000 flytimer i ruteflyging i Norge (Luftfartsverket 1998). Det var 3 havarier med dødelig utgang. Det gir en risiko på 0,14 pr 100.000 flytimer. Antallet flytimer i ruteflyging var i 1997 255.000. Det gir et årlig forventet ulykkestall på ca 0,35 dødsulykker. Alle ulykkene skjedde i perioden 1988-1993. Dette kan tyde på at risikoen er synkende. Beregner man risikoen i de to fem års periodene 1988-1992 og 1993-1997, blir den 0,21 havarier med dødelig utgang pr 100.000 flytimer i første periode og 0,09 havarier med dødelig utgang pr 100.000 flytimer i andre periode.

Hyppigheten av store ulykker i norsk luftfart kan dermed beregnes ved å kombinere de internasjonale tallene i tabell 14 med havarifrekvensene i figur 5. Tabell 15 viser resultatet av beregningen. Nåværende risiko er satt lik 64% av gjennomsnittet for perioden 1988-1997, noe som gir et forventet årlig ulykkestall på 0,22. For alle ulykker med mindre enn 10 drepte og for all ikke-rutegående flyging er den langsiktige hyppigheten satt lik den observerte hyppigheten i perioden 1970-1997. For ulykker med for eksempel 20-99 drepte fremkommer den langsiktige hyppigheten på følgende måte.

Observert hyppighet av ulykker med 20-99 drepte i perioden 1970-1997 var 0,11 pr år. Av dette antas 0,01 å gjelde ikke rutegående flyging. Den langsiktige hyppigheten av dødsulykker ved ruteflyging er beregnet til 0,22 pr år. Av dette gjelder 25% ulykker med 20-99 drepte. 25% av 0,22 er 0,06. Langsiktig hyppighet av ulykker med 20-99 drepte blir følgelig 0,01 (ikke ruteflyging) + 0,06 (ruteflyging) = 0,07. De andre tallene er beregnet på samme måte.

Tabell 15: Beregnet langsiktig hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte ved luftfart i Norge

Antall drepte pr dødsulykke	Observert hyppighet 1970-1997	Beregnet langsiktig hyppighet
1	1,64	1,64
2-9 (3)	2,00	2,00
10-19 (15)	0,14	0,10
20-99 (44)	0,11	0,07
100- (120)	0,00	0,02
Sum	3,89	3,83
Antall drepte pr år	14,96	14,62

Den beregnede langsiktige hyppighet av store ulykker blir lik observert hyppighet i perioden 1970-1997 for ulykker med opp til 10 drepte. Når potensialet for en ulykke med mer 100 drepte tas med, blir forventet antall drepte pr år 14,6 mennesker, mot 15 når dette potensialet ikke regnes med. Det er forventet nedgang i hyppigheten av ulykker med mellom 10 og 100 drepte, men en økt mulighet for en ulykke med mer enn 100 drepte.

Dette resultatet kan betraktes som rimelig i lys av tre utviklingstrekk i internasjonal luftfart i de vestlige landene de siste 25 år:

- 1 Det har vært en nedgang i risikoen for ulykker med store rutefly. Denne nedgangen forventes å fortsette.
- 2 De store ruteflyene er blitt større. Hver ulykke som skjer med et slikt fly kan derfor føre til flere drepte.
- 3 Risikoen for småflyulykker har vært høy i hele perioden. Med økende småflyaktivitet kan man ikke vente at dagens ulykkestall vil gå ned, selv om ulykkesrisikoen skulle bli redusert.

8 Sammenstilling av resultater for ulike transportgrener

Resultatene av beregningene for de enkelte transportgrener er sammenstilt i tabell 16. Tabellen viser den beregnede hyppighet av dødsulykker med ulikt antall drepte pr år i hver transportgren.

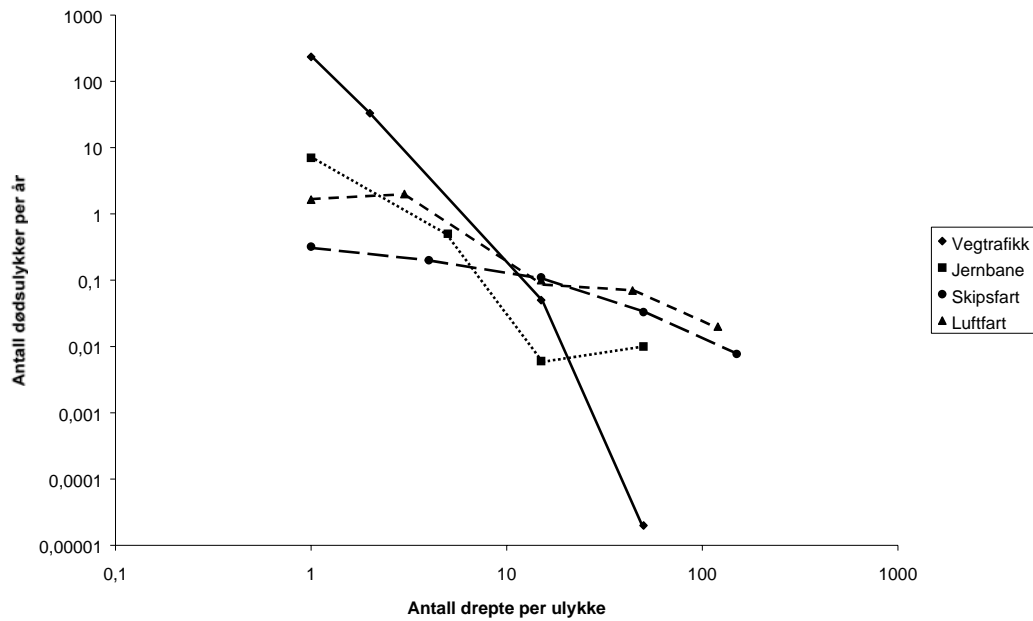
Tabell 16: Beregnet langsiktig hyppighet av ulykker med ulikt antall drepte i ulike transportgrener

Antall drepte pr dødsulykke	Vegtrafikk	Jernbane	Skipsfart	Luftfart
1	234,0	7,00	0,32	1,64
2-9	32,9	0,50	0,20	2,00
10-19	0,05007	0,006	0,11	0,10
20-99	0,00002	0,01	0,033	0,07
100-	0,0	0,00	0,0077	0,02
Sum dødsulykker pr år	266,93	7,52	0,67	3,83
Beregnet antall drepte pr år	301,63	10,09	5,56	14,62
Observert antall drepte pr år	300,88	12,30	11,33	14,96
Periode for observert antall drepte	1990-97	1970-97	1981-95	1970-97

Vegtrafikk dominerer de andre transportgrenene fullstendig, både når det gjelder antall dødsulykker og antall drepte. I perioden 1990-1997 ble i gjennomsnitt 301 mennesker drept pr år i vegtrafikkulykker. I hver av de andre transportgrenene er gjennomsnittlig antall drepte pr år mindre enn 20.

Katastrofepotensialet er imidlertid betydelig høyere i andre transportgrener enn i vegtrafikk. Det største potensialet for ulykker med mer enn 20 drepte finnes i luftfart, det nest største i skipsfart. Sannsynligheten for store ulykker i de ulike transportgrener er i figur 6 vist i form av FN-kurver. Den bratteste kurven gjelder vegtrafikk. Her har man mange små ulykker. Den flateste kurven gjelder skipsfart. Her er det få ulykker, men et relativt stort innslag av store ulykker. Kurven for luftfart er også relativt flat. Den ligger over kurven for skipsfart og viser at katastrofepotensialet er størst i luftfart.

Kurvene er usikre. Usikkerheten er drøftet i neste kapittel.



Figur 6: FN-kurver for de enkelte transportgrener. Langsiktig hyppighet av ulykker. Norge

9 Drøfting og oppsummering

Formålet med denne rapporten er å beregne sannsynligheten for katastrofer ved transport. Med katastrofer menes ulykker der et stort antall mennesker omkommer. I rapporten er sannsynligheten for katastrofer uttrykt i form av forventet antall ulykker med et visst antall drepte pr år. Hyppigheten av ulykker er anslått på grunnlag av en kombinasjon av norsk og utenlandsk erfaringsmateriale. Det er en rekke kilder til usikkerhet i beregningene. De viktigste kildene til usikkerhet er:

- 1 Sparsomt norsk erfaringsmateriale om store ulykker
- 2 Usikkerhet om overførbarheten av utenlandske erfaringstall
- 3 Muligheten for at risikoen endrer seg over tid

I Norge har det i perioden 1971-1995 skjedd 24 store ulykker i transport, det vil si ulykker der minst 5 mennesker ble drept. Dette erfaringsmaterialet er ikke tilstrekkelig til å beregne den langsiktige hyppigheten av store ulykker. Det at det i en 25 års periode ikke har skjedd store ulykker, for eksempel flyulykker med mer enn 100 drepte, utelukker ikke at slike ulykker kan skje. Dersom man bruker historisk erfaring som grunnlag for å beregne den årlige hyppigheten av slike ulykker, kommer man til at den må være lavere enn $1/25 = 0,04$. Det er likevel fullt mulig å tenke seg at man i en periode på 25 år ikke opplever dødsulykker med mer enn 100 drepte, selv om den forventede årlige hyppigheten av slike ulykker skulle være så høy som 0,1. Sannsynligheten for at det ikke registreres ulykker med mer enn 100 drepte i løpet av 25 år er da $(1 - 0,1)^{25} = 0,9^{25} = 0,071$. Det vil si at null ulykker på 25 år er nokså lite sannsynlig, men på ingen måte kan utelukkes.

For å skaffe et større datagrunnlag for å beregne den forventede hyppigheten av store ulykker, er utenlandske erfaringer trukket inn. Ser man verden under ett, skjer det hvert eneste år flere store ulykker under transport. Man kan imidlertid ikke uten videre overføre utenlandske erfaringer til Norge. I denne rapporten er utenlandske erfaringer bare brukt til å supplere norske data fra land eller områder hvor det er rimelig å anta at risikonivået ved transport ligger på tilnærmet samme nivå som i Norge.

I stedet for å trekke inn utenlandske erfaringer, kan man øke det norske datagrunnlaget ved å bygge på lengre tidsrekker av data. Et problem med dette, er at risikoen i alle transportgrener sannsynligvis er blitt redusert over tid. Tall fra før ca 1970 representerer derfor et annet risikonivå enn det man har i dag. Både i vegtrafikk og jernbane er det klart at dødsrisikoen er betydelig redusert fra 1970 til i dag. I skipsfart og luftfart er det ikke like klart at risikoen er redusert, men internasjonal statistikk tyder på at risikoen ved ruteflyging er redusert de siste 25-30 årene.

Flere store skipsulykker de siste årene gir et dramatisk bilde av risikoen ved skipsfart og skaper et inntrykk av at risikoen for store ulykker har økt. Dette er ikke nødvendigvis riktig. I Nordvest-Europa skjedde det i løpet av 7 år (1987-1994) tre store ulykker med over 100 drepte (Herald of Free Enterprise, Scandinavian Star og Estonia). Dersom man beregner hyppigheten av slike ulykker på grunnlag av erfaringene disse 7 årene får man $3/7 = 0,43$. Det er imidlertid meget tvilsomt om dette gir et riktig anslag på den langsiktige hyppigheten av store skipsulykker. Man kan ikke utelukke at det tilfeldigvis kan forekomme en slik opphopning av store ulykker i løpet av få år, selv om den langsiktige hyppigheten av slike ulykker i Nordvest-Europa skulle være mye lavere. Sett at den årlige hyppigheten av skipsulykker med mer enn 100 drepte var så lav som 0,05, det vil si nesten ti ganger lavere enn den observerte hyppigheten i 7 års perioden 1987-1994. Det er likevel en sannsynlighet på 0,0038 for at man i en tilfeldig valgt 7 års periode ville ha minst 3 ulykker (beregnet som en binomisk forsøksrekke med $N = 7$, $S = 3$, og $P = 0,05$). Det vil si at man i 1 av 263 tilfeldig valgte 7 års perioder ville observere minst 3 ulykker. Dette er riktignok meget usannsynlig, men også de mest usannsynlige hendelser inntreffer en sjelden gang.

Forlenger man perioden til 20 år (1978-1997), skjedde det fremdeles bare 3 skipsulykker med over 100 drepte i Nordvest-Europa. Observert hyppighet blir da $3/20 = 0,15$. Det er forenlig med en enda lavere langsiktig hyppighet enn 0,05, som brukt i regneeksemplet over. Dette viser hvor usikre – ja, nesten vilkårlige – anslag på den langsiktige hyppigheten av sjeldne hendelser er. Den beregnede hyppigheten er bestemt av hvor lang periode man betrakter og hvor stort område man henter data fra.

Nok en komplikasjon er at en opphopning av store ulykker, slik man hadde i skipsfart i perioden 1987-1994, fører til økt oppmerksomhet om sikkerhet og til at risikoreduserende tiltak settes inn. Små ulykker blir fort glemt. Store ulykker kan derimot få konsekvenser på lang sikt. Store ulykker ansporer til forsterket sikkerhetsarbeid og bidrar dermed trolig i seg selv til at risikoen går ned. Det er imidlertid vanskelig å ta hensyn til denne effekten av store ulykker på en god måte når man beregner den langsiktige hyppigheten av slike ulykker.

De viktigste resultater av beregningene som er gjort i denne rapporten kan oppsummeres i følgende punkter:

- 1 Ulykker med mer enn 100 drepte antas å kunne skje i Norge i skipsfart og luftfart. For jernbanen antas de største ulykkene å ha mellom 20 og 99 drepte. I vegtrafikk vil ulykker med mer enn 20 drepte forekomme uhyre sjelden.
- 2 Ulykker med mer enn 20 drepte forventes å forekomme hyppigst i luftfart, nest hyppigst i skipsfart, tredje hyppigst i jernbanetrafikk og mest sjelden i vegtrafikk. Hyppigheten av ulykker med minst 20 drepte er beregnet til ca 1 pr 11. år i luftfart, 1 pr 25. år i skipsfart, 1 pr 100. år i jernbanetrafikk og 1 pr 46.500. år i vegtrafikk.
- 3 Store ulykker, det vil si ulykker med mer enn 20 drepte, bidrar relativt mye til det samlede antall drepte i luftfart (35-40%) og skipsfart (ca 50%), men relativt lite i jernbanetrafikk (5-10%) og minimalt i vegtrafikk (mindre enn 0,1%).

- 4 Gjennomsnittlig antall drepte pr år er omlag 300 i vegtrafikk (1990-1997), ca 12 i jernbanetrafikk (1970-1997), ca 11 i skipsfart (1981-1995) og ca 15 i luftfart (1970-1997).
- 5 Antallet drepte viser for tiden en tendens til økning i vegtrafikk, fra 255 i 1996 til 303 i 1997 og et forventet tall på 340 i 1998. På lengre sikt, det vil si fra 1970 til i dag, er antall drepte redusert. I jernbanetrafikk er antall drepte pr år redusert med ca 60% fra 1970-årene til 1990-årene. I luftfart er antall drepte pr år redusert med 40% fra 1970-årene til 1990-årene. For skipsfart finnes det ikke gode nok data til å si noe om utviklingen i antall drepte over tid.
- 6 Det er forutsatt at risikoen de kommende år vil ligge lavere enn gjennomsnittet for hele perioden etter 1970 for alle transportgrener.
- 7 Norske erfaringstall fra tiden etter 1970 (jernbane, luftfart), 1980 (skipsfart) eller 1990 (vegtrafikk) gir alene ikke et tilstrekkelig grunnlag til å beregne den langsiktige hyppigheten av store ulykker. Ved beregningene er de norske tallene derfor supplert med internasjonale erfaringer, i første rekke fra Storbritannia (jernbane), Nordvest-Europa (skipsfart) og OECD-landene (luftfart).
- 8 De beregnede hyppigheter av store ulykker er meget usikre. Usikkerheten er vanskelig å tallfeste på en meningsfull måte, fordi den ikke bare avhenger av antallet ulykker som ligger til grunn for beregningene, men også av antakelser om hvordan risikoen vil utvikle seg på lang sikt.

Referanser

- Assum, T. Døds- og personskaderisiko i persontransport. TØI-notat 1089, revidert utgave. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1998.
- Aven, T. Pålitelighets- og risikoanalyse. Oslo, Universitetsforlaget, 1991.
- Bjørnskau, T. Risiko ved flytrafikk. Arbeidsdokument TST/0141/91. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1991.
- Borger, A. Risikoberegning for transport av farlig gods på veg 1990-94. Arbeidsdokument TST/0721/96. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1996.
- Civil Aviation Authority. Global fatal accident review 1980-1996. CAP 681. London, Civil Aviation Authority, 1998.
- Department of Transport. Transport Statistics Great Britain 1992. London, Her Majesty's Stationary Office, 1992.
- Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern. Årsberetning 1994. Tønsberg, Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, 1995.
- Elvik, R. Nytte-kostnadsanalyse av redningshelikoptrene. TØI-notat 1033. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1996.
- Elvik, R.; Mysen, A. B.; Vaa, T. Trafikksikkerhetshåndbok. Tredje utgave. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1997.
- Evans, A. W. Evaluating public transport and road safety measures. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 411-428, 1994.
- Flight International Magazine. Airline Safety Review. Publiseres i månedsskiftet januar/februar hvert år. Følgende nummer er bruk: 27 January – 2 February 1993; 19 – 25 January 1994; 18 – 24 January 1995; 17 – 23 January 1996; 15 – 21 January 1997; 21 – 27 January 1998.
- Gjerstad, T.; Andreassen, T. E. Risikoanalyse av transporten av bensin og propan i Oslo. Stavanger, Technica AS, 1988.
- Hokstad, P.; Rosness, R.; Sten, T.; Stensaas, J. P.; Sæbø, H. J.; Haugen, S.; Norddal, T.; Wilson, P. A. Risikoanalyse for innenriks fergetransport. Rapport STF63 A96424. Trondheim, SINTEF Teknologiledelse, Sikkerhet og pålitelighet, 1997.
- Norges Offentlige Utredninger (NOU). NOU 1997:3 Om redningshelikoptertjenesten. Oslo, Statens forvaltningstjeneste, 1997.
- Luftfartsverket. Årsstatistikk 1997. Oslo, Luftfartsverket, 1998.
- Oppe, S. Fog lamp regulation as a safety measure to reduce risk in fog conditions. Report R-91-87. Leidschendam, SWOV Institute for Road Safety Research, 1991.

- Ranes, G. Vegtrafikkulykker med mer enn 20 drepte. Notat datert 27. desember 1998. Oslo, Vegdirektoratet, Transportanalysekontoret, 1998.
- Ranes, G. Ulykker på motorveg i tåke. Notat datert 6. januar 1999. Oslo, Vegdirektoratet, Transportanalysekontoret, 1999.
- Starr, C.; Rudman, R.; Whipple, C. Philosophical basis for risk analysis. Annual review of energy, 1, 629-662, 1976.
- Statistisk sentralbyrå. Sjøfart 1994. NOS C 257. Oslo-Kongsvinger, 1995.
- Statistisk sentralbyrå. Samferdselsstatistikk 1996. NOS C 435. Oslo-Kongsvinger, 1998.
- Sundet, I.; Hovden, J.; Ingstad, O.; Sten, T. Kartlegging av storulykker i Norge. Rapport STF75 A90029. Trondheim, SINTEF Sikkerhet og pålitelighet, 1990.
- Sætermo, I-A. Risiko for tunge kjøretøy. Arbeidsdokument TST/0637/95. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1995.
- Transportbedriftenes Landsforening. Beredskap ved alvorlige bussulykker. Oslo, Transportbedriftenes Landsforening, 1998.