



**SINTEF Teknologi og samfunn**  
Sikkerhet og pålitelighet

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: S P Andersens veg 5  
7031 Trondheim  
Telefon: 73 59 27 56  
Telefaks: 73 59 28 96

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Møte- og utforkjøringsulykker i et barriereperspektiv**

FORFATTER(E)

Bodil Alteren, Per Hokstad, Dagfinn Moe, Kristian Sakshaug

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens Vegvesen

RAPPORTNR. STF50 A05001	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Richard Muskaug	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-03562-7	PROSJEKTNR. 384538	ANTALL SIDER OG BILAG 63/5
ELEKTRONISK ARKIVKODE Sluttrapport BarrVeg_feb2005.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Per Hokstad	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Lars Bodsberg
ARKIVKODE	DATO 2005-02-15	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Lars Bodsberg, Forskningsjef	

## SAMMENDRAG

Rapporten beskriver en risikoanalysemodell for møte- og utforkjøringsulykker, basert på barrierer og risikopåvirkende faktorer. Modellen er benyttet til å analysere 55 møte- og utforkjøringsulykker i kurver. Resultatene av disse analysene er sammenfattet, og risikoreduserende tiltak er presentert.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Transport	Transport
GRUPPE 2	Sikkerhet	Safety
EGENVALGTE	Risikoanalyse	Risk Analysis
	Barrierer	Barriers
	Ulykkesanalyse	Accident Investigation

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Møte- og utforkjøringsulykker	7
1.2 Bruk av barriereanalyse	8
<b>2 Barrieremodell for analyse av møte- og utforkjøringsulykker</b>	<b>10</b>
2.1 Ulykkesprosessen	10
2.2 Hva er en barriere?	11
2.3 Barrierefunksjon, barriereelement og barrieresystem	12
2.4 Mennesket (føreren) som et barriereelement	12
2.5 Passive og aktive barrierer	12
2.6 Klassifisering av barrierer	13
2.7 Risikopåvirkende faktorer	15
2.8 Skillet mellom barriere og risikopåvirkende faktorer (RPF)	16
2.9 Barrieremodellen og risikopåvirkende aktører	17
2.10 Ulykkesmodell og STEP diagram	20
<b>3 Metode for ulykkesanalyse</b>	<b>21</b>
3.1 Vurdering av barrierers og RPFers betydning for ulykken	21
3.2 Barriereanalyse eksempel	22
<b>4 Resultat fra ulykkesanalysene</b>	<b>27</b>
4.1 Datamaterialet	27
4.2 Vurdering av barrierer	28
4.3 Vurdering av risikopåvirkende faktorer	31
<b>5 Tiltak for reduksjon av risiko</b>	<b>34</b>
5.1 Barrierer og tiltak	34
5.2 RPFer og tiltak	36
5.3 Sammenlikning av ”barriereanalysen” og resultater fra dybdeanalysen av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning	37
<b>6 Diskusjon og konklusjoner</b>	<b>43</b>
<b>7 Referanser</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg 1 Bruk av barrierebegrepet i risikoanalyse</b>	<b>49</b>
1.1 Barrierebegrepet	49
1.2 Oversikt over definisjoner	52
1.3 Barrieremodellen	54
<b>Vedlegg 2 Kjøretøyteknologier som detekterer og avverger avvik</b>	<b>55</b>
<b>Vedlegg 3 Evaluering av barrierer</b>	<b>58</b>
<b>Vedlegg 4 Representativitet til de analyserte ulykker</b>	<b>61</b>
<b>Vedlegg 5 Ulykkesanalysen: Personsikring</b>	<b>63</b>

## **Forord**

SINTEF Teknologi og samfunn har ved et samarbeid mellom avdelingene Sikkerhet og pålitelighet og Veg og samferdsel utført forskningsprosjektet ”Barriereanalyse av møte- og utforkjøringsulykker” for Statens Vegvesen. Dette er et del av etatsprogrammet for nullvisjonen. Prosjektet er gjennomført i perioden november 2002 – januar 2005.

Vi vil takke vår kontakt i Statens Vegvesen, Richard Muskaug for godt samarbeid og nyttige innspill.

Per Hokstad

## Sammendrag

### Modell

Barrierer har i de senere år blitt et sentralt begrep i risikoanalyser innen en rekke områder som er kommet langt i "risikotenkningen". Det gjelder for eksempel både kjernekraftindustrien og norsk offshore-industri (se Vedlegg 1). Det finnes noe ulike definisjoner av barriere, men begrepet brukes i denne rapporten i en vid betydning som betegnelse for ulike tiltak som skal forhindre eller redusere konsekvens av (trafikk)ulykker; (alt fra *fysiske* som "midtrekkverk" til *lovgivende* som "lovregulering/kontroll av bilførers promillegrense"). Barrierer klassifiseres som enten

1. Fysiske barrierer (f. eks. *midtrekkverk, bilbelte*)
2. Funksjonsbarrierer (f. eks. *alkolås, intelligente førerstøttesystem som griper inn*)
3. Varslende barrierer (f.eks. *profilert vegmerking, varsel ved tretthet*)
4. Lovgivende og kontrollerende barrierer (f.eks. *teknisk kontroll av kjøretøy, lovregulering/kontroll av førers hviletid/promillegrense*).

Dessuten vil også mennesket omtales som et "barriere-element", (dvs. kan være nødvendig for at barrieren totalt sett virker etter hensikten).

Videre vil modellen inkludere *Risikopåvirkende faktorer (RPF)*, dvs ulike forhold som påvirker sannsynligheten eller konsekvensen av ulykker. Slike RPF kan f.eks. være *vegdekkets tilstand* og *førers kjøremønster*. Rapporten spesifiseres ulike RPF knyttet til henholdsvis Veg, Kjøretøy, Fører og Eksterne forhold, (som f. eks. *sikt* og "*distraksjoner*" langs veien). Endelig vil rapporten introdusere *tiltak*, som vil bestå i å enten innføre barrierer, opprettholde og bedre standard/effektivitet på disse eller påvirke tilstanden til RPFer.

Til dels kan nok skillet mellom barriere og RPF diskuteres, men mens barrierene har en konkret oppgave (funksjon) og altså er bevisst innført for å hindre ulykke, eventuelt redusere skade, er de ulike RPF uansett "til stede".

Videre er det f.eks. *offshore* slik at når en har identifisert en bestemt funksjon som krever barriere(r), vil det medføre at en har et spesielt ansvar med hensyn til oppfølging av disse. Vi mener det kan være nyttig at sentrale tiltak slik blir utpekt for nærmere vurdering/evaluering og krav til oppfølging, og dermed får *status* som barriere. I denne sammenhengen blir utvelgning av barrierer et ledd i sikkerhetsarbeidet (innen vegtrafikk), og bør slik kunne gi et positivt bidrag til dette arbeidet.

Møte- og utforkjøringsulykker representerer en stor andel av registrerte vegtrafikkulykker med personskade. Disse er derfor valgt som utgangspunkt for modelleringen. Den totale risikomodellen for møte- og utforkjøringsulykker er basert på begrepene barriere og RPF. En inkluderer også såkalt "risikopåvirkende aktører", dvs. aktører som enten (direkte eller indirekte) har ansvar for å iverksette tiltak eller på annen måte kan påvirke prioritering/iverksetting av tiltak.

Et hovedformål med denne studien har vært å vurdere om noe av begrepsbruken og tankegangen som ligger bak bruk av barrierer og RPF kan overføres til vegtrafikk. Den form for systematikk og helhetstankegang på dette området, som nå utvikles bl.a. i norsk oljeindustri, kan muligens gi fruktbare innspill til den sikkerhetstenkning en har innen vegsektoren. Den foreslåtte risikomodellen gir en systematikk, som med visse utvidelser og tilpasninger bør kunne anvendes i både ulykkesgransking, og planlegging og drift av veier.

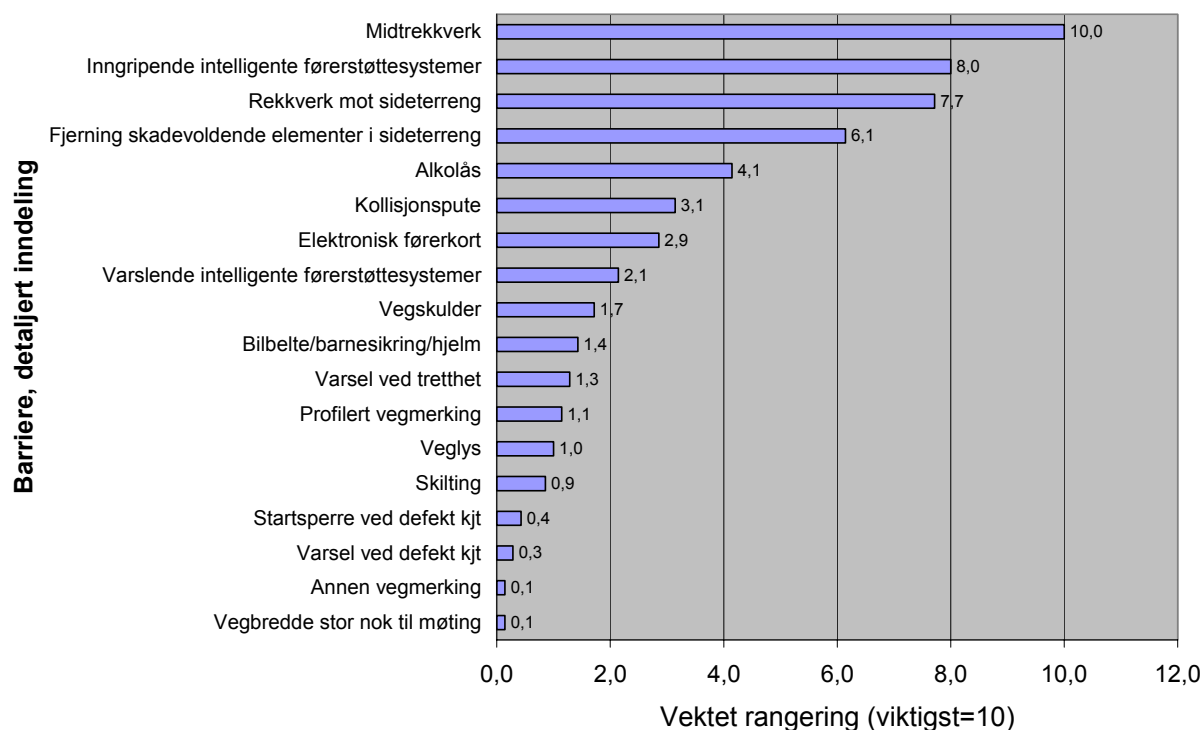
Ellers er en primær nytteverdi ved metodikken at den gir et enhetlig verktøy/begreps-apparat bl.a. til analyse av ulykker. En har forhåndsdefinert barrierer og RPFer som alle skal vurderes ved hver ulykke, og alle resultater i analysen relateres til dette begrepsapparatet. Dette gir gode muligheter til enhetlige fremstillinger/analyser (uavhengig av hvem som gjennomfører den). Analysene kan også sammenfattes på en relativt strukturert måte.

Prosjektet er neppe helt i mål med den modellen som er foreslått, da det nok er behov for visse utvidelser og presiseringer (se Kapittel 6). Det kan bl.a. være behov for å raffinere metodikken for ulykkesanalyser noe, utdype hvordan effektivitet/ pålitelighet til barrierer skal evalueres, og kanskje igjen se på avgrensingen/definisjonen av barrierebegrepet. Dessuten er ”beredskapsfasen” (redning) lite dekket i denne rapporten, og risikomodellen kan videre utvides til å gjelde flere ulykkestyper.

### Ulykkesanalyser

Modellen kan bl.a. brukes til analyse av konkrete ulykker, og til å sammenfatte resultatene av disse ulykkene. Møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning er analysert i en tidligere rapport. En har derfor som et eksempel valgt møte- og utforkjøringsulykker i kurve for analysen. Kapittel 3 gir ett eksempel på analyse av én bestemt ulykke.

Kapittel 4 presenterer en del samleresultat fra de 55 analyserte møte- og utforkjøringsulykker i kurve. En får der oversikt over hvilke (evt. manglende) barrierer som ville hatt størst betydning for antall drepte (skadde). I Kapittel 5 diskuteres hva en er kommet fram til som de mest relevante tiltak.



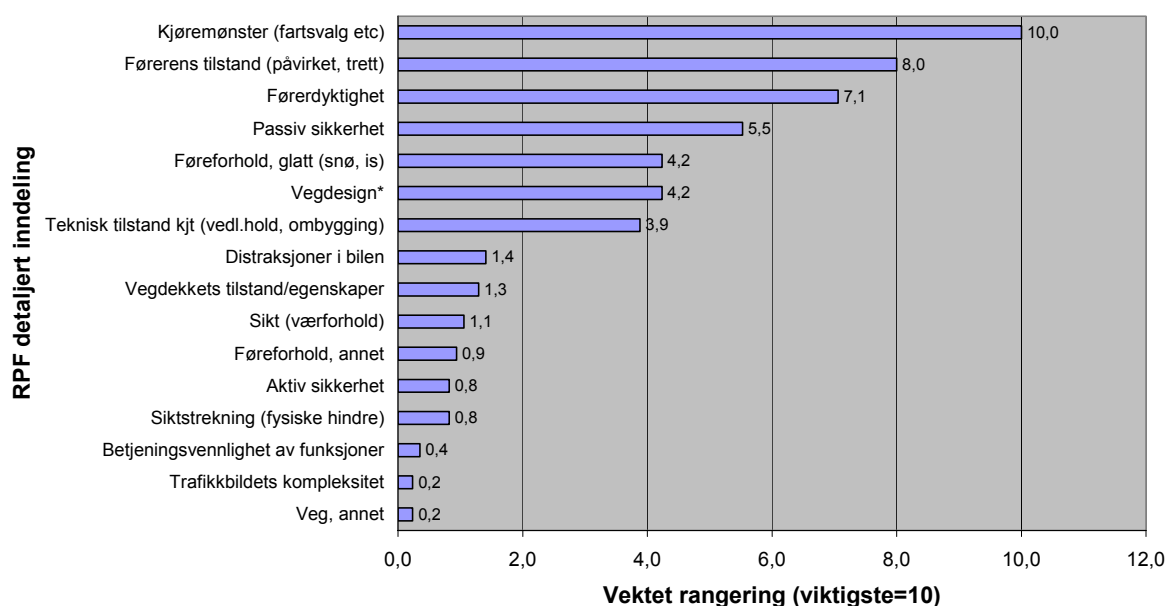
**Figur S1: Rangering av barrierer (fra ulykkesanalyse)**

Når det gjelder barrierer (som ikke var til stede i de undersøkte ulykker) viser Figur S1 en rangering av de som hadde størst ulykkeshindrende/konsekvensreducerende potensial.

Rangeringen her er både basert på *antall* ulykker der barrieren var relevant og på en vurdering av *viktigheten* til barrieren (med hensyn til utfallet). Dette har resultert i en ”score”, der skalaen er valgt slik at 10 representerer maksimal score

En ser at rene fysiske hinder (*midtrettverk, rekkverk, fjerning av skadelige elementer*) kommer meget høyt på lista. Dessuten er *intelligente førersystem som griper inn* også vurdert som meget viktig. Også *alkolås* kommer forholdsvis høyt på lista for denne type ulykker.

Når det gjelder RPFer viser Figur S2 en rangering ut fra hvilke som har hatt størst negativ påvirkning av risikoen. En har vurdert både antall ganger RPFen har hatt betydning og dens viktighet, og regnet dette om til en ”score” der 10 svarer til maksimum.



\* Horisontalkurvatur som RPF er bare tatt med der kurveradius er bedømt til å være mindre enn vedtatt/normal standard

**Figur S2: Rangering av RPFer (fra ulykkesanalysen).**

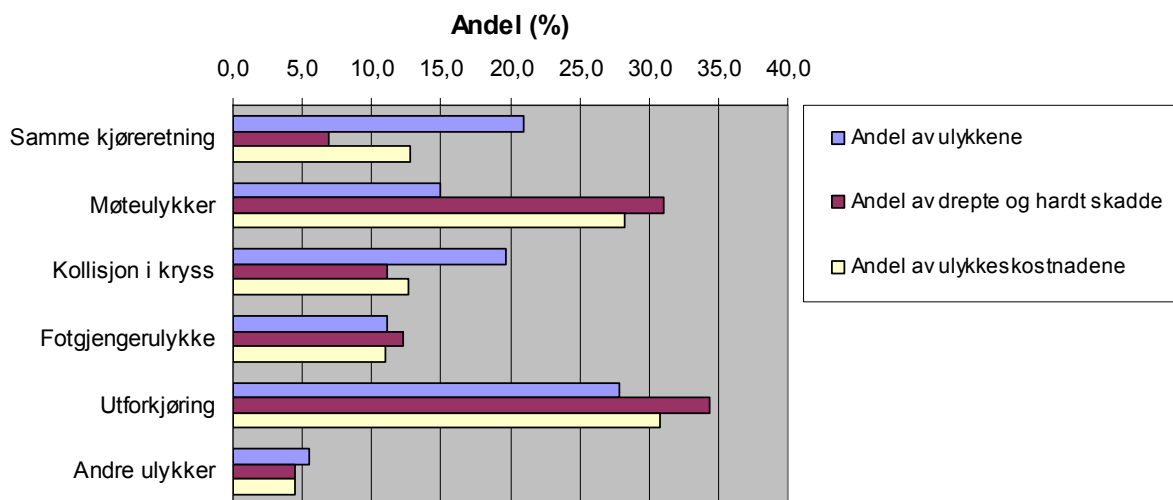
Her ser en at førerens *kjøremønster, tilstand og dyktighet* er altoverskyggende. Også bilens *passive sikkerhet og tekniske tilstand* kommer høyt opp. Ellers er *føreforhold* og *vegdesign* (for kurveulykker!) av betydning.

Videre gir rapporten en sammenlikning av disse resultatene med resultatene fra en tidligere dybdeanalyse for alvorlige møte- og utforkjøringsulykker *på rettstrekninger*. En finner igjen flere av de samme hovedtrekk, bl.a. at førers *kjøremønster/dyktighet* og *tilstand* er den avgjørende RPF. En finner også visse forskjeller, bl.a. er *avsovning* registrert som et atskillig større problem for rettstrekningssulykkene enn for kurveulykkene (som var basis for ”barriereanalysene”). På den annen side har *ruspåvirkning* vært en negativ faktor i atskillig større andel av ulykkene i kurve.

## 1 Innledning

### 1.1 Møte- og utforkjøringsulykker

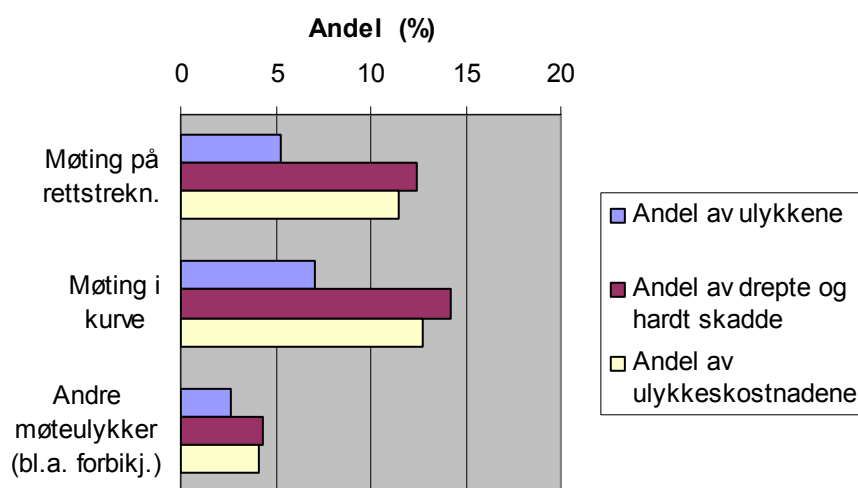
Møte- og utforkjøringsulykker utgjør til sammen 41 % av de registrerte vegtrafikkulykkene med personskade. Spesielt møteulykkene men også utforkjøringsulykkene har en alvorlighetsgrad som er høyere enn gjennomsnittet: Til sammen står disse to ulykkeskategoriene for ca. 2/3 av de drepte og hardt skadde i vegtrafikkulykker (se Figur 1 nedenfor).



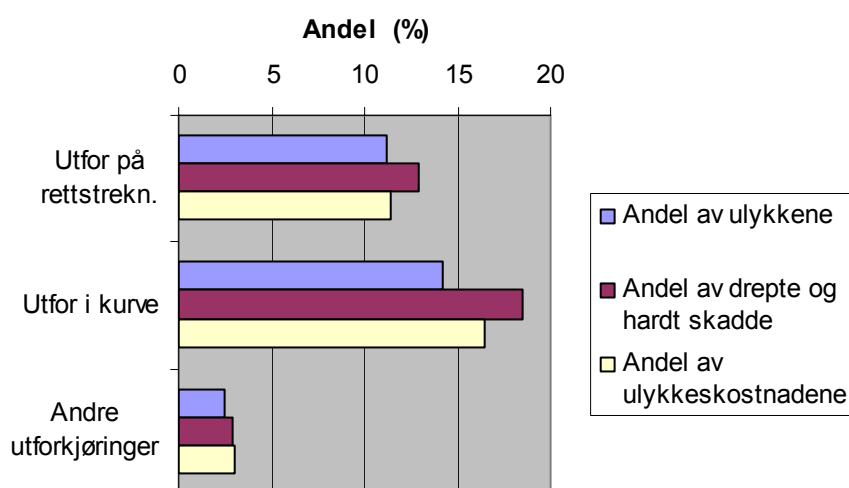
**Figur 1** Andel skadde og drepte og ulykkeskostnader de ulike ulykkeskategorier står for. Tall for hele landet 2000 og 2001.

Det finnes noen nasjonale undersøkelser omkring årsaker til og tiltak mot møte- og utforkjøringsulykker. En kan her nevne SINTEF-rapporten “Dybdeanalyse av møte- og utforkjøringsulykker på rette strekninger i 80- og 90-soner med død eller alvorlig skade” (Moe, 1999). I prosjektet “Tiltak for reduksjon av strekningsulykker”, som gikk parallelt med dybdeanalysen, ble det sett på effekten av profilert vegmerking og spesiell skilting av ulykkesstrekninger (Giæver med flere 1999, og Giæver 1999). På begynnelsen av 1990-tallet ble det gjort en studie av vogntogulykker (Sakshaug 1991).

I denne studien analyseres spesielt møte- og utforkjøringsulykker i kurver, og vil slik supplere resultatene i Moe 1999. I Figur 2 er data for møteulykkene i Figur 1 detaljert, ved at en skjelner mellom rettstrekning, kurve og andre møteulykker (bl.a. forbikjøring). I Figur 3 detaljeres data for utforkjøringsulykkene på tilsvarende måte..



**Figur 2 Møteulykker (detaljering av data i Figur 1)**



**Figur 3 Utforkjøringsulykker (detaljering av data i Figur 1)**

## 1.2 Bruk av barriereanalyse

Det er fortsatt et behov for øket kunnskap om årsaker til møte- og utforkjøringsulykker, og hvordan vi kan redusere antall drepte og skadde.

I denne rapporten legges et MTO- perspektiv (Menneske – Teknologi – Organisasjon) til grunn for en slik kartlegging av risiko og vurdering av risikoreducerende tiltak. Det betyr at både teknisk pålitelighet, menneskelig atferd / kompetanse, organisatoriske forhold, myndighetenes påvirkning osv trekkes inn i analysen.

Vi vil basere oss på moderne barrieretenkning i modelleringen av disse ulykkene, og sentrale begrep er (presise definisjoner gis i Kapittel 2)

- *Barriere*: tiltak som kan besluttes innført for å forhindre avvik/ulykker eller for å redusere konsekvensen av disse. Det er både fysiske, tekniske, og organisatoriske barrierer.



Mennesket omtales også som et ”barriere-element”, (dvs. kan være nødvendig for at barrieren totalt sett virker etter hensikten)

- *Risikopåvirkende faktorer (RPF)*: forhold som uansett er til stede og vil påvirke sannsynligheten eller konsekvensen av ulykker
- *Tiltak*: vil bestå i å innføre barrierer, opprettholde og bedre standard/effektivitet på disse eller påvirke tilstand til RPF.

Barriereanalyser kan generelt brukes i flere sammenhenger i arbeidet med trafiksikkerhet. Barrieremodellen gir et felles rammeverk som vil være til støtte spesielt ved:

- gjennomføring av risikoanalyser (f.eks. dokumentasjon av konkrete veiprojekt i forkant; evt. ved vurdering av eksisterende veianlegg)
- oppfølging og kontroll av trafiksikkerhet på eksisterende veier
- analyse av trafikkulykker / ulykkesdata

Barriereanalysene skal totalt bidra til å systematisere sikkerhetsarbeidet, avsløre svake punkter, og slik være en støtte til å identifisere og prioritere risikoreducerende tiltak. I denne rapporten vil en primært se på barriereanalyser i forbindelse med ulykkesgransking. Dette vil bl.a. bidra til å bygge opp et bedre generelt datagrunnlag.

Hovedpoenget er å få en totaloversikt, der en systematisk kartlegger alle faktorer som er sentrale for risikoen. Dette totalbildet vil gi et underlag for å identifisere hvilke forhold som er av størst betydning for risikoreduksjon, og vil også fungere som beslutningsstøtte ved vurdering av ulike tiltak. Dette vil ofte dreie seg om tverrfaglige analyser.

Rammeverket for denne modellen vil her først og fremst benyttes til å analysere ulykkesforløp, bl.a. hvordan barrierer som ikke var tilstede antas å kunne ha påvirket utfallet av ulykken. Det er også et mål at det rammeverket som her er utviklet for møte- og utforkjøringsulykker, også skal kunne utvides til å kunne brukes for andre ulykkestyper.

Analysene gir et verktøy for å vurdere behovet for barrierer og for prioritering av tiltak i det ulykkesforebyggende arbeidet.

## 2 Barrieremodell for analyse av møte- og utforkjøringsulykker

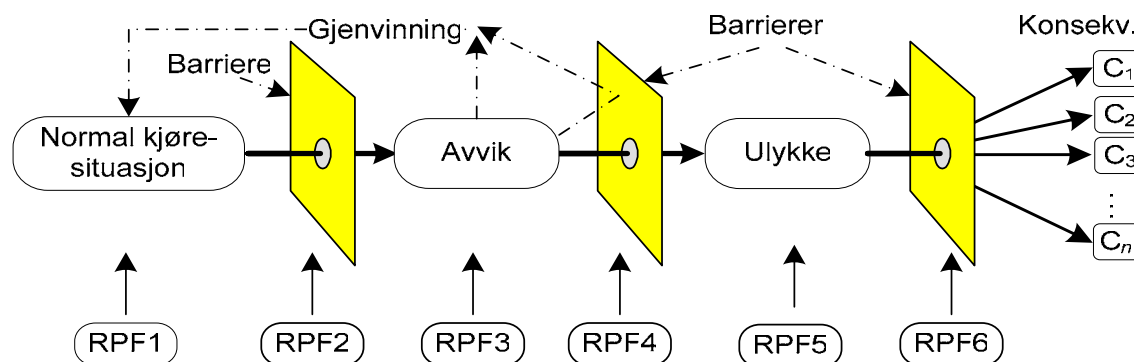
Begrepet (sikkerhets)barriere har i de senere år fått en stor utbredelse i forbindelse med analyse av risiko. F.eks. refererer Petroleumsstilsynet (tidligere Oljedirektoratet) til dette begrepet i sine forskrifter (OD 2001a). Imidlertid finnes foreløpig ingen entydig anerkjent definisjon av begrepet. Ulik bruk og klassifiseringer av ordet “barriere” blir diskutert i Vedlegg 1. Vedlegg 1 behandler også på generelt grunnlag de andre sentrale begreper som inngår i modelleringen og analysen av møte- og utforkjøringsulykker. I modellen inngår, foruten barrierer, spesielt generelle risikopåvirkende faktorer (RPF). Det er ulike forhold som kan bidra til å minske eller øke risikoen. Disse to elementene i modellen skal fremfor alt koples opp mot tiltak for å unngå ulykker. Nedenfor presenteres definisjonene og bruken av disse begrepene i forbindelse med modellering av møte- og utforkjøringsulykker i vegtrafikken. Innledningsvis blir det vist hvordan ulykker gjerne fremstilles som en prosess.

### 2.1 Ulykkesprosessen

Figur 4 viser den ulykkesfasemodellen som brukes som basis for arbeidet. Modellen har fire ulike faser:

- i) den normale kjøresituasjonen
- ii) avviksfase
- iii) ulykkesfase der føreren har mistet kontroll, og
- iv) redning i etterkant av selve ulykken

Figuren viser også barrierene som skal forhindre overgangen mellom fasene fra venstre mot høyre. Modellen viser også hvordan RPFene påvirker forløpet i ulykkesprosessen, eventuelt effektiviteten til barrierene.



**Figur 4 Ulykkesmodell med Barrierer og RPF, (Vatn m.fl., 1998).**

Modellen starter med en normal kjøresituasjon, hvilket vil si en kontrollert kjøresituasjon, hvor fører har kontroll over situasjonen. I denne kjørefasen oppstår så et akutt avvik, som leder inn i en avviksfase – hvor føreren enten gjenoppretter kontrollen, eller mister den. I avsluttende ulykkesfase ender en til slutt opp med konsekvensene C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> osv.

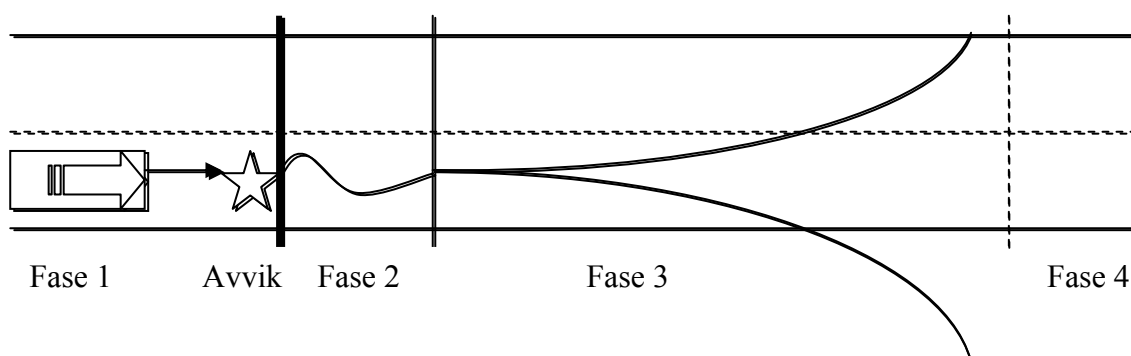
Modellen kan suppleres med en oppstartsfase, for også å fange opp mulige latente avvik, allerede før kjøringen starter opp. Dersom kjøreturen starter opp uten avvik, dvs. med kompetent fører i en

bil som tilfredsstillende definerte krav, går en øyeblikkelig over i normal kjørefase. Tabell 1 viser hele prosessen. Prosessen fra fase 1 til fase 4 er også grafisk skissert i Figur 5.

Relatert til Haddons modell for trafikkulykker, som er presentert i Vedlegg 1 vil fase 1 og 2 tilsvare “pre-crash”, fase 3 tilsvare “crash”, mens fase 4 tilsvare “post-crash”. Haddon (1968b) forutsetter at kjøreplassen er i gang, og har således ingen tilstand 0 med i sin modell (i likhet med Vatn m.fl. (1998)).

**Tabell 1 Ulike faser / tilstander i en prosess som kan føre til ulykke**

Fase	Beskrivelse av fase
0	<i>Oppstartsfasen</i> (start på kjøring).
☆	<i>Latent avvik</i> : Enten er fører uskikket (f.eks. påvirket/trett) eller bil er ikke “kjørbar”, (f.eks. dekk er ikke forskriftsmessige).
1	<i>Normal kjørefase</i> : en skikket fører i en “kjørbar” bil har kontroll over situasjonen.
☆	<i>Akutt avvik</i> : En plutselig hendelse som innebærer avvik fra det normale (mister kontroll), og som innebærer fare for ulykke.
2	<i>Avviksfase</i> : Fører har ikke full kontroll, men har mulighet for gjenoppretting av kontroll og tilbakeføring til normalsituasjonen uten noen form for skade på materiell eller person.
☆	<i>Tap av kontroll</i>
3	<i>Ulykkesfase</i> : Møte- eller utforkjøringsulykke inntreffer (ukontrollert uønsket overføring av energi). Alvorlighetsgraden i utfallet vil variere.
4	<i>Redningsfase</i> i etterkant av selve ulykken



**Figur 5 Grafisk fremstilling av faseene 1-4 i en (akutt) ulykkeshendelse.**

## 2.2 Hva er en barriere?

Vegtrafikken er store mengder energi i bevegelse, hvilket innebærer et potensial for ulykker. For å forhindre at avvik skal skje, eller at avviket skal få konsekvenser i form av alvorlige ulykker, kan det etableres barrierer. Funksjonen til en barriere kan enten være å forhindre en hendelse/avvik i å inntreffe, varsle om avvik slik at fører kan aksjonere for å unngå ulykke, eller å beskytte mennesker og utstyr fra uønskede konsekvenser. Disse konsekvensene skyldes ukontrollerte energioverføringer (fra en bil i avvikende kjøresituasjon).

*I dette ligger at barrierer skal*

- a) *hindre avvik i å inntreffe*
- b) *hindre ulykke: detektere og/eller varsle avvik, (for å øke muligheten for tilbakeføring til normal kjøresituasjon), eller*
- c) *hindre skade: redusere konsekvens av ulykke i ulykkesfasen*

Kort kan en si at en barriere er et teknisk, fysisk eller organisatorisk tiltak som skal avverge eller redusere konsekvensen av et avvik. Barrieren er et risikoreducerende tiltak som er designet for å beskytte i forhold til forhåndsdefinerte scenarier.

Videre kan barrierebegrepet introduseres som et ledd i sikkerhetsarbeidet: Det at et tiltak er etablert som en barriere, innebærer en forpliktelse med hensyn til systematisk oppfølging, (jfr, praksis petroleumsindustrien, se Vedlegg 1).

### **2.3 Barrierefunksjon, barriereelement og barrieresystem**

En barriere etableres for å ivareta en barrierefunksjon. En slik funksjon kan f.eks. være å forhindre kjøretøy i å komme over i motgående kjørefelt. Barrieren kan også betraktes som et system (=“barrieresystem”), en organisert helhet, der det inngår flere elementer (=“barriereelementer”) for å ivareta en gitt funksjon (=“barrierefunksjon”).

Et barrieresystem kan altså bestå av flere barriereelementer, som til sammen oppfyller en ønsket barrierefunksjon. Med denne inndelingen synliggjøres at de ulike elementene som inngår i et barrieresystem må ses i sammenheng (dvs. en helhetlig tankegang). Når vi i denne rapporten noe “upresist” bruker ordet barriere, kan det i prinsippet referere både til et barriereelement, eller til et barrieresystem.

### **2.4 Mennesket (føreren) som et barriereelement**

Mennesket er unikt, og har en særegen plass i forhold til en barriere. Mange barrierer krever aktiv medvirkning av mennesket, f.eks. at noen tolker informasjon og deretter gjennomfører en passende / korrekt respons eller reaksjon. Mennesket er aktivt, og bidrar gjennom sine erfaringer og handlinger til at sikkerhetsbarrierene oppfyller sin hensikt. Uten menneskets tolkning, ville f.eks. ikke fartsgrenseskiltet ha noen effekt. Profilert vegmerking krever likeledes korrekt reaksjon fra føreren, for at den skal oppfylle sin hensikt. For mange barrierer er således mennesket et nødvendig element for at barrieren skal fungere. Mennesket / føreren er et barriereelement, som sammen med de øvrige barriereelementer skal oppfylle en barrierefunksjon.

Men føreren er ikke bare et barriereelement. Hans/hennes kjøreatferd, dyktighet og helsetilstand i vid forstand har stor betydning for vegsikkerheten. Disse egenskapene til føreren vil influere på sannsynligheten for at han / hun representerer en trussel (dvs. at han / hun kan initiere et avvik); se diskusjonen i Avsnitt 2.8.

### **2.5 Passive og aktive barrierer**

Noen barrierer er ”innebygd i design” og er passivt til stede, (for eksempel midtrekkverk). Disse kan påvirke energistrømmen slik at de alvorligste utfall av ulykker unngås. Dette er *passive* barrierer (Kjellén, 2000).

*Aktive* barrierer er avhengig av aktiv reaksjon enten fra føreren eller fra et teknisk kontroll/styresystem for at de skal funksjonere som planlagt. Dette er “aktive” barrierer. ”Intelligente førerstøttesystemer” kan f.eks. regnes til den type barriere.

## 2.6 Klassifisering av barrierer

Det er altså ulik bruk av begrepet barriere, se Vedlegg 1. For å tydeliggjøre og avgrense innholdet av begrepet slik det vil bli brukt i barriereanalysen for vegtrafikk er det innført fire kategorier av barrierer. Den inndelingen tar utgangspunkt i barrierenes virkemåte, og er utarbeidet med utgangspunkt i en klassifisering gitt av Hollnagel (1999), kombinert med definisjoner av Svenson (1991). Nedenfor presenteres de kategorier av barrierer som er benyttet i analyse av vegtrafikk. Tabell 2 gir eksempler hentet fra vegtrafikk.

### 1. Fysiske barrierer

Fysiske barrierer er barrierer som i kraft av sin *materielle karakter* hindrer en hendelse i å inntreffe, eller reduserer konsekvensene. Barrieren representerer en fysisk atskillelse, og et eksempel på dette innenfor vegtrafikk er midtrekkverk mellom to kjøreretninger. Ren fysisk avstand / plass, så som vegskulder regnes også som en del av denne typen barriere. Fysiske barrierer vil ikke kreve noen "tolkning" eller aktiv handling av en aktør for at de skal virke.

### 2. Funksjonsbarrierer (tekniske)

Funksjonsbarrierene *etablerer begrensninger for visse funksjoner* eller for aktørers oppførsel/aksjoner. Et eksempel fra veitrafikk kan være alkolås, som gjør at bilen ikke starter dersom føreren er påvirket av alkohol. Dette betyr at bilens funksjon avhenger av at visse betingelser eller forutsetninger er oppfylt. En funksjonsbarriere setter således opp noen forhåndsdefinerte krav som må være oppfylt, før man kan få utført ønsket oppgave (f.eks. en kjøretur). Intelligente førerstøttesystemer har en tilsvarende virkemåte i og med at de griper inn f.eks. dersom bilen er på vei ut av sitt kjørefelt eller får for liten avstand til forankjørende. Når et slik forhåndsdefinert avvik inntreffer, vil det medføre at kjøretøyet tar over kontroll over visse funksjoner (fra føreren) for å forhindre en uønsket hendelse.

### 3. Varslende barrierer

Det karakteristiske ved varslende barrierer er at de gir informasjon som må "tolkes" og føre til en aksjon for at barrieren skal fungere etter hensikten. Det kreves altså en aktør som reagerer og gir respons på barrieren. I vår situasjon er dette fører av kjøretøy. Alle typer av signaler, alarmer og skilt hører til denne kategorien av barrierer. I prinsippet gjelder dette alle advarsler, enten de er formulert muntlig, i teksts form eller med tegn / tegninger. Varslende barrierer indikerer en begrensning for akseptert / tillatt atferd, der en kan velge å ikke forholde seg til dem, eller en kan overse dem; (barrieren griper ikke direkte inn som i kategori 2). Vegskilt som viser tillatt kjørehastighet er typisk en barriere av denne kategorien. Andre forhold som kan klassifiseres innenfor samme barrieretype er bilers varsellamper eller alarmer.

### 4. Lovgivende og kontrollerende barrierer

De lovgivende barrierene er av organisatorisk og regulerende art, og er ikke fysisk representert i situasjonen. Det avhenger av kunnskapen til aktøren (i denne sammenheng bilførereren) hvorvidt barrieren er kjent og forstått. Det er også opp til bilfører å velge å ta hensyn til den. Spesifikke lover og regler (fartsbegrensning, promillegrense) er typiske slike barrierer. Det er i denne kategorien også inkludert de kontrollerende forhold som myndighetene iverksetter for å håndheve lovene, som fartskontroller o.l.

Den første av disse fire kategoriene vil i hovedsak være *passive* barrierer, mens den andre klassifiseres som *aktiv*. Merk videre at for de to første kategoriene, *fysiske* barrierer og *funksjonsbarrierer*, vil det ikke være opp til føreren å sørge for at barrierene oppfyller sin hensikt. Men for kategoriene *varslende* barrierer og *lovgivende/kontrollerende* barrierer må føreren foreta en aktiv handling for at disse barrierene skal oppfylle sitt formål. Disse to kategoriene fungerer dermed alltid i et samspill med føreren.

**Tabell 2 Fire kategorier barrierer**

Type	Eksempler fra vegtrafikk	Barrierefunksjon
<b>Fysiske barrierer (<i>passive</i>)</b>		
Veg	B111 <sup>1)</sup> Rekkverk mot sideterreng	Hindre utforkjøring
	B112 Midtrekkverk	Hindre møteulykke
	B113 Vegskulder	Hindre/ redusere konsek. utforkjøring
	B114 Fjerning skadelige elementer i sideterreng	Hindre/ redusere konsek. utforkjøring
	B115 Vegbelysning	Forhindre dårlig sikt/oversikt
	B116 Vegbredde stor nok til møting	Gi rom for møting
Kjøretøy	B121 Bilbelte / barnesikring /hjelms	Hindre/ redusere personskaade
	B122 Kollisjonspute (Airbag)	Hindre/ redusere personskaade
<b>Funksjonsbarrierer (<i>aktive, men krever ikke inngripen av fører</i>)</b>		
Kjøretøy	B211 Alkolås	Hindre kjøring påvirket tilstand
	B212 Elektronisk førerkort	Hindre kjøring uten førerkort
	B213 Startspærre når kjøretøy ikke er i forsvarlig stand	Hindre kjøring med defekt kjøretøy
	B214 Intelligente førerstøttesystemer som griper inn (ESB) <sup>2)</sup>	Hindre kjøretøy i å forlate kjørefelt, ha for stor fart, hindre skrens, mm
<b>Varslende barrierer (<i>krever inngripen av fører</i>)</b>		
Veg	B311 Profilert vegmerking	Hindre kjøretøy i å forlate kjørefelt
	B312 Annen vegmerking (inkl. kantstolper etc.)	Hindre kjøretøy i å forlate kjørefelt
	B313 Skilting (som er relevant)	Eks.: forhindre for høy fart
Kjøretøy	B321 Intelligente førerstøttesystemer som varsler	Eks.: Hindre kjøretøy i å forlate kjørefelt, hindre skrens
	B322 Varsellampe/alarm dersom defekt kj.t. o.l.	Hindre kjøring uforsvarlige kjøretøy
Fører	B331 Varsel ved tretthet	Hindre at fører er trøtt/sovner
<b>Lovgivende og kontrollerende barrierer (<i>krever inngripen av fører</i>)</b>		
Veg	B411 Vegnormaler (inkl. skilt osv) + kontroll	Forhindre dårlig vegdesign osv
Kjøretøy	B421 Spesifikke krav til kj.t. (bl.a. i standarder)	Forhindre uforsvarlig og usikkert kj.t
	B422 Teknisk kontroll av kjøretøy	Forhindre uforsvarlig og usikkert kj.t.
Fører	B431 Spesifikke krav for å få førerkort (helse, opplæring) + kontroll av disse krav	Forhindre inkompetent fører
	B432 Lovregulering og kontroll av førers hviletid	Forhindre uopplagt/trøtt fører
	B433 Lovregulering av bilens fart; farts kontroll	Forhindre uforsvarlig/høy fart
	B434 Lovregulering og kontroll av bilførers promillegrense/bruk av rusmidler	Forhindre ruspåvirket fører

<sup>1)</sup> Barrierene er nummerert med tre siffer. Her er første siffer: 1 = fysisk barriere; andre siffer: 1 = barriere knyttet til veg; tredje siffer er fortløpende nummerering av fysiske barrierer knyttet til veg, osv.

<sup>2)</sup> ESB = Elektronisk stabilitetsprogram. Eksempler på disse barrierene er presentert nærmere i Vedlegg

På et grovt nivå kan en si at en barriere skal vurderes ut fra sin evne til å redusere sannsynlighet og/eller konsekvens av ulykker. Hvis barrierekvaliteten skal vurderes nøyere kan en spesifisere visse kriterier for dette. I Vedlegg 3 er noen slike kriterier listet (basert på Hollnagel 1999), og også rapporten OD 2002 er inne på slike kvalitetskriterier. I Vedlegg 3 gis følgende kriterier:

- Kompletthet/effektivitet/kapasitet
- Pålitelighet/tilgjengelighet
- Robusthet
- Målrettethet/ikke negative effekter

Dette gir innspill til hvordan sikkerhetsbarrierer i vegtrafikken kan evalueres.

## 2.7 Risikopåvirkende faktorer

I en risikoanalyse innføres ofte såkalte risikopåvirkende faktorer (RPF). Også dette begrepet brukes i noe ulike betydninger. Ofte brukes det nok nærmest som ensbetydende med ulykkesårsaker, dvs forhold som bidrar til at ulykker inntreffer.

Her vil vi bruke RPF som betegnelse på ”et forhold som *påvirker* risikoen (enten i positiv eller negativ retning)”. På engelsk kalles det *Risk Influencing Factors*, og da benyttes forkortelsen RIF. Risikopåvirkende faktorer kan m.a.o. generelt beskrives som: ”forhold som påvirker risikonivået i forbindelse med en aktivitet eller et system (f.eks. veitrafikk, helikoptertrafikk, fergetrafikk)”.

Disse bakenforliggende forhold ”er alltid til stede” og har en eller annen standard. Eksempler på RPFer kan f.eks. være: *føreforhold*, *vegdekkets tilstand*, og *kjøretøyets tekniske tilstand*. Andre forhold er *førers kjøremønster* (f.eks. fartsvalg), *dyktighet* (f.eks. reaksjonsevne). Formelt gis følgende definisjon av risikopåvirkende faktorer, (i parentes refereres til tilsvarende RPFer i Figur 4):

*RPF = Faktorer/forhold som påvirker:*

- a) *sannsynligheten for å initiere avvik*, (se RPF 1&2 i Figur 4);
- b) *sannsynligheten for tilbakeføring til normalsituasjonen når et avvik har inntruffet*, (se RPF 3&4 i Figur 4);
- c) *sannsynligheten for å redusere konsekvensen av avviket/ulykken*, (se RPF 5&6 i Figur 4).

RPFer brukes for å kartlegge grunnleggende årsaksforhold og for å klargjøre deres innbyrdes viktighet og sammenheng. En risikopåvirkende faktor kan både ha en positiv og en negativ effekt, avhengig av dens tilstand. Når det f.eks. gjelder *vegdekkets tilstand* kan det være stor eller liten friksjon på vegbanen (i forhold til en gjennomsnittsstandard). I ulykkesgransking er det likevel i stor grad de negative effekter som fokuseres!

Ofte kan ulike tiltak bidra til å bedre deres tilstand; f.eks. vil øket vintervedlikehold gi bedre tilstand for den RPF som er kalt *føreforhold*. I andre tilfelle kan en ”mildne” negative effekter av en ”dårlig” RPF ved å innføre barrierer, (f. eks. vil intelligente førerstøttesystem være et tiltak mot redusert *førerdyktighet*).

RPFer kan både være forhold som er relativt permanente eller forhold som varierer over tid. Avhengig av hvilken bruk man gjør av modellen, kan ”status” på en RPF referere til en bestemt hendelse, gjennomsnittsverdien for en gitt vegtype, gjennomsnittsverdien for hele landet (i et gitt år) osv.

I en kjøresituasjon inngår tre sentrale elementer: vegen, kjøretøyet og føreren. I tillegg virker en del ”ytre” forhold inn på situasjonen; merk at en her også har tatt med klimatiske forhold, som en normalt ikke kan direkte påvirke ved ”tiltak”. Det er sider ved alle disse fire elementene som kan innvirke på kjøreoppgaven. En får m.a.o. fire kategorier RPFer knyttet til vegtrafikk:

1. Kvalitet av *vegen*, (f.eks. mht vegdekke, dosering og oversiktighet)
2. Kvalitet på *kjøretøy(ene)*, (f.eks. mht teknisk standard og vedlikehold)
3. Dyktighet av *fører(e)*, (inkludert holdninger til å overholde regler, helsetilstand, osv)
4. Klima og andre ”eksterne” forhold (dvs. ekstern i forhold til veg, kjøretøy eller fører)

Tabell 3 gir RPFer for møte- og utforkjøringsulykker innen hver av disse kategoriene.

**Tabell 3 Risikopåvirkende faktorer (RPF). Møte- og utforulykker.**

<b>Risikopåvirkende faktorer (RPF)</b>
<b>Veg</b>
R11 Vegdesign (linjeføring, tverrprofil) R12 Vegdekkets tilstand / egenskaper (ikke føre) R13 Siktstrekning (ut fra fysiske hindre)
<b>Kjøretøy</b>
R21 Passiv sikkerhet (innebygd kollisjonsvern) R22 Teknisk tilstand (godhet av vedlikehold; evt. modifikasjoner) R23 Aktiv sikkerhet (kjøreegenskaper) R24 Betjeningsvennlighet av kjøretøyets funksjoner
<b>Fører</b>
R31 Kjøremonster (fartsvalg, avstand til forankjørende etc.) R32 Dyktighet (manøvreringsevne, reaksjonsevne, ”riktige” beslutninger?, etc.) R33 Tilstand (evt. påvirket, trøtt, stresset)
<b>”Eksterne” forhold</b>
R41 Sikt (værforhold) R42 Føreforhold, glatt (is/snø) R43 Føreforhold, annet (vannplaning, glatt av andre grunner) R44 Trafikkbildets kompleksitet R45 Distraksjoner langs vegen (f.eks. reklame, aktiviteter, hendelser) R46 Distraksjoner i bilen (f.eks. radio, CD, passasjerer, veps)

### 2.8 Skillet mellom barriere og risikopåvirkende faktorer (RPF)

Det vil ikke alltid være noe klart skille mellom barrierer og RPFer. En kan f.eks. diskutere om kjøretøyets innebygde kollisjonsvern skal anses som en barriere eller en RPF; (her er den regnet som en RPF, se R21). Tilsvarende kan det diskuteres om forhold vedrørende trafikkregulering, slik som trafikkregler, fartsregulering, trafikkregulerende lys etc., regnes som en del av den nødvendige ”infrastrukturen”, og derfor ikke skulle inkluderes som barrierer. Vi vil her si at spesifikke påbud lagt inn i lover/regler (for eksempel maksimal fart og promillegrenser for førere) kan oppfattes som barrierer; se lovgivende og kontrollerende barrierer. Dette er da eksempler på barrierer som innføres for å påvirke status på spesielle RPFer (dvs bilførers dyktighet/tilstand osv).

Når en velger å skjelle mellom barrierer og RPFer vil det nok alltid oppstå noen grensetilfeller, der klassifiseringen kan diskuteres. Slike diskusjoner ikke alltid like fruktbare. Det er uansett nyttig å klassifisere og systematisere de ulike forhold for å skaffe seg oversikt og innsikt. Det viktigste er at en har en totalmodell, der alle relevante forhold er med, bl.a som underlag for å identifisere de mulige tiltak.

Vi kan forsøke å presisere skillet mellom barriere og RPF (slik begrepene er brukt i denne rapporten) på følgende måte

- En barriere er *besluttet innført/etablert* for å oppfylle en bestemt sikkerhetsfunksjon (for å redusere risikoen; hindre skade). Den er dermed en form for tiltak som er innført, evt. ikke innført. (Tiltaket skal være målrettet mot et bestemt ”problem” og være av en viss viktighet for å få ”status” som barriere.)

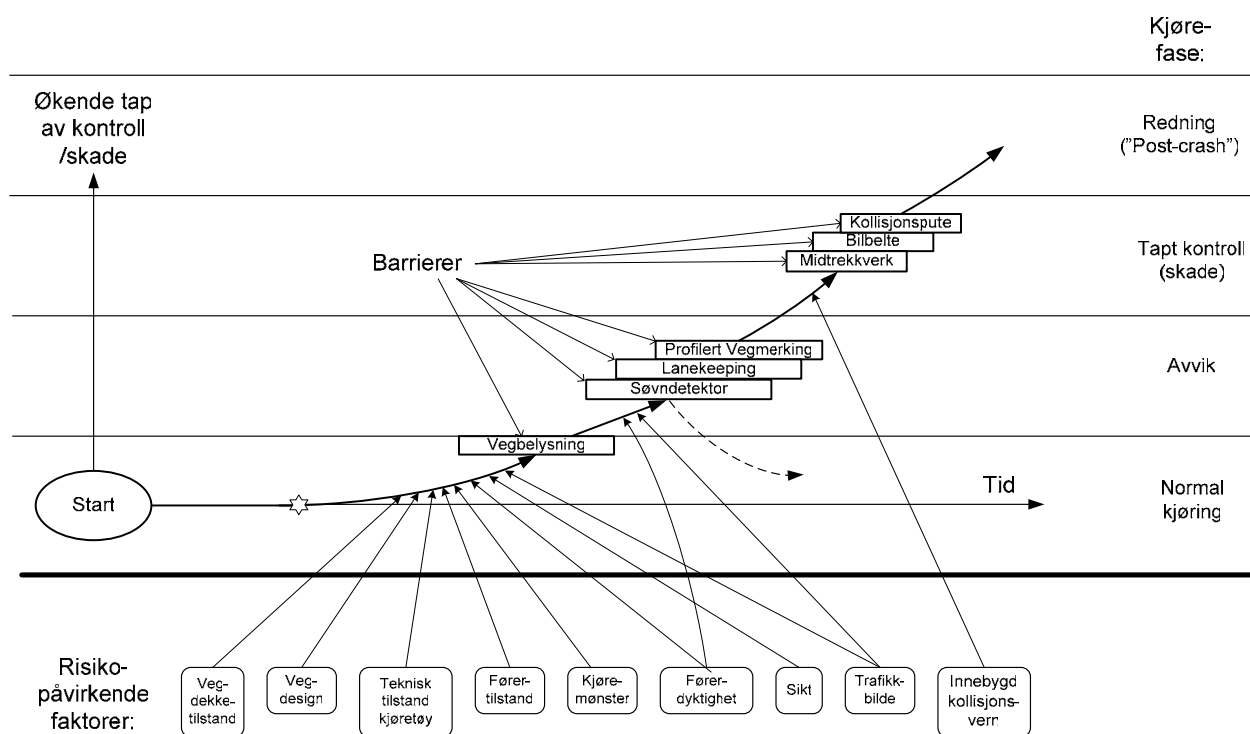


- En RPF er et bakenforliggende forhold *som uansett er der*, og tilstanden på RPFene vil på ulike måter *påvirke* risikoen.

Mennesket, dvs. fører, kommer inn i modellen på flere måter. Som nevnt tidligere, vil føreren oppfattes som et barriereelement i forbindelse med virkemåten til flere barrierer. Men føreren kan også representere en trussel, dvs. initiere avvik og slik er han/hun representert i modellen ved tre ulike RPFer (se R31-R33 i Tabell 3). Når vi skal analysere hvordan førerens egenskaper påvirker sannsynligheten for og utfallet av en ulykke ser vi på (status til) disse RPFene for fører. Det foretas ingen *separat* vurdering av føreren som et barriereelement. Vurderingen av føreren skjer derfor utelukkende via disse RPFer (R31-R33). Men samtidig vil statusen til disse RPFer altså si noe om effektiviteten til en rekke barrierer (som avhenger av mennesket for å funksjonere).

## 2.9 Barrieremodellen og risikopåvirkende aktører

Figur 6 illustrerer kjernebegrepene i det vi omtaler som barrieremodellen. Figuren viser "ulykkesprosessen" med relevante barrierer og RPFer (se eksempel i Kapittel 3). Den er analog med fremstillingen i Figur 5, og tidsaksen er horisontal og peker mot høyre, mens "y-aksen" (oppover) representerer økende avvik/tap av kontroll/skade; (en alternativ framstilling, basert på Figur 4 gis i Vedlegg 1.3).



**Figur 6 Risikomodel med barrierer og RPFer for en ulykke; (blir analysert i Kap. 4)**

Pilene som går fra RPFene i Figur 6 (se nederste linje i figur) viser påvirkning av den aktuelle RPF på forløpet. Når en har skaffet et datamateriale, kan en ved å variere tykkelsen på pilene illustrere betydningen av de enkelte RPFer i forhold til den aktuelle ulykkestypen som analyseres. Dette betyr at en ved kartlegging av et visst antall ulykker vil kunne fremstille en samlet innbyrdes rangering (frekvens og viktighet) av RPFene ved å variere tykkelsen på pilene.

Når det gjelder risikoreduksjon vil *tiltak* stå sentralt. Disse består i målrettet bruk av ressurser for å

- innføre barrierer,
- bedre effektivitet/tilstand på barrierer (jfr Vedlegg 3) og
- påvirker tilstand til RPFer; (i noen tilfelle kan dette gjøres ved å innføre barrierer).

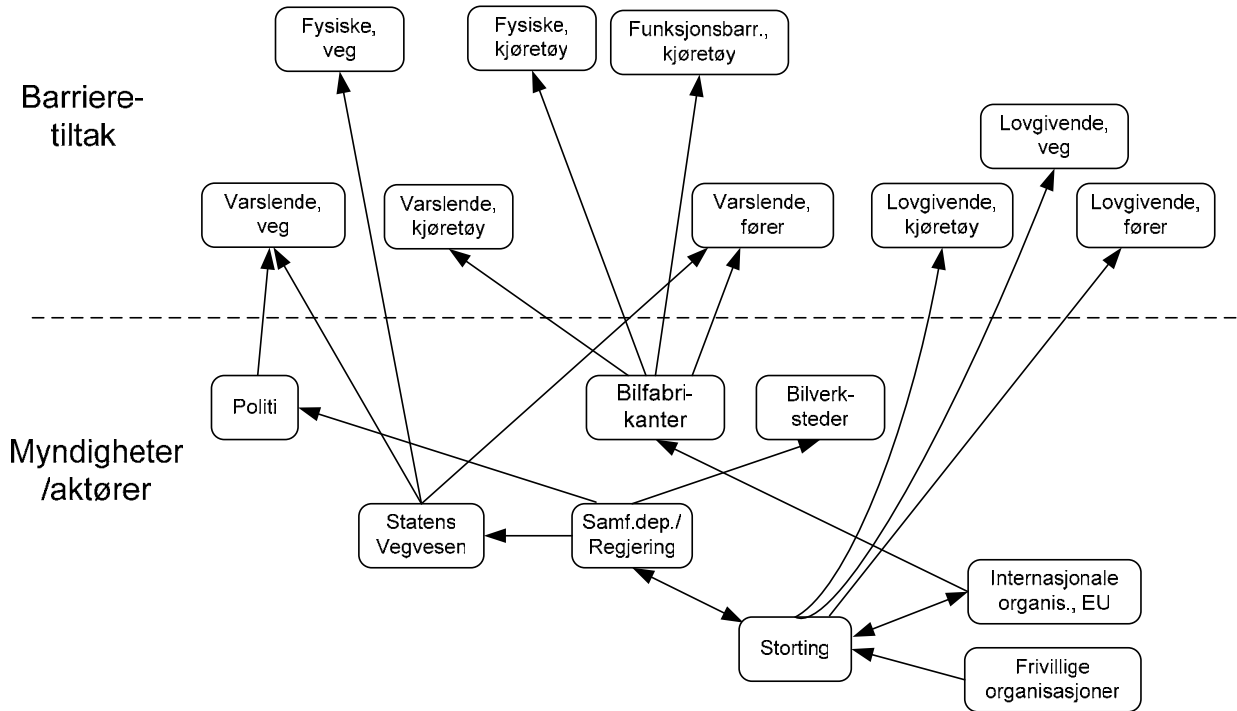
Spesielt vil forbedring av tilstanden til mange RPFer kreve svært langsiktige virkemidler og aksjoner.

I denne sammenheng har vi en rekke aktører som har mulighet til å påvirke valg og gjennomføring av tiltak, og dermed er disse involvert i sikkerhetsarbeidet for veitransport. Nedenfor listes de viktigste myndigheter og andre aktører som har ansvar for og / eller mulighet til å iverksette/påvirke tiltak,

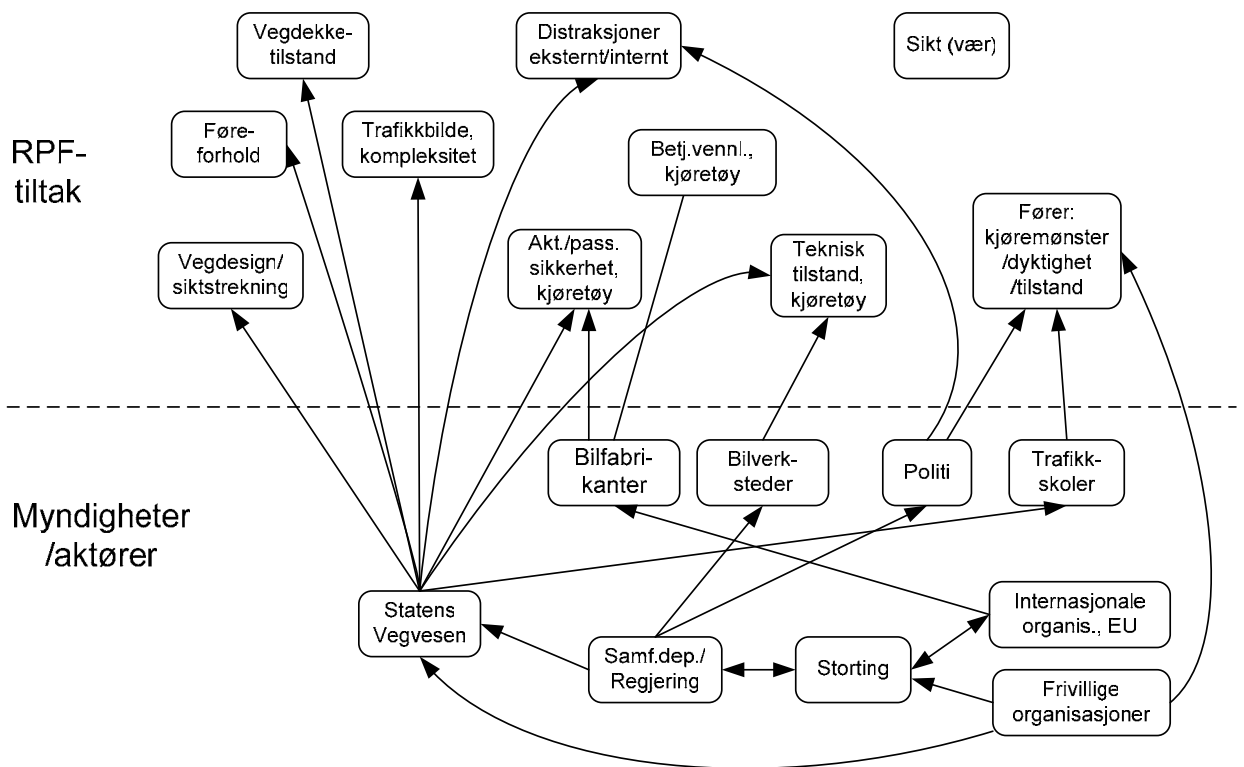
- Bilfabrikanter
- Bilverksteder
- Trafikkskoler
- Politi
- Statens Vegvesen
- Samferdselsdepartement / regjering
- Storting
- Internasjonale organisasjoner, EU
- Frivillige organisasjoner, (f.eks. Trygg Trafikk, NAF, MA, KNA)

Kvaliteten på arbeidet til disse myndighetene og organisasjonene, og samspillet mellom dem, er en sentral faktor i bedring av sikkerheten. Disse risikopåvirkende aktørene kan oppfattes som en gruppe av overordnede/organisatoriske RPFer. Mennesket kommer derfor ikke bare inn som en direkte aktør (bilfører), men også i rollen som slike mer overordnede aktører. I en totalmodell vil også disse aktørene høre med.

I Figur 7 og Figur 8 under har vi skissert hvilke ”risikopåvirkende aktører” som har stor innflytelse på utforming/iverksetting av tiltak henholdsvis rettet mot barrierer og RPFer. For å unngå for kompliserte figurer har en ikke tegnet inn alle påvirkninger, og både for barrierer og RPFer har vi slått sammen i grupper der det er funnet hensiktsmessig. Figurene er ment som underlag for videre diskusjoner.



**Figur 7 Barriere tiltak og risikopåvirkende aktører**



**Figur 8 RPF-tiltak og risikopåvirkende aktører.**

## 2.10 Ulykkesmodell og STEP diagram

Når den foreslåtte ulykkesmodell anvendes for å analysere ulykker vil den ha en del likhetstrekk med STEP<sup>1</sup>-modellen, (se Hendrich, K. & Benner, L., 1989) De viktigste forskjeller er:

- STEP modellen har fokus hvilke aktører som er med og vil gi en mer detaljert beskrivelse av hendelsesforløpet. Den vil fokusere på ”interaksjon” mellom de ulike ”aktører” og vil gi en mer komplett beskrivelse/analyse av den enkelte ulykke.
- Ulykkesmodellen foreslått i denne rapporten gir en mer skjematisk beskrivelse av ulykken, men bør fange opp de samme ”findings”/”safety problems” som STEP metoden, (hvis en kan anta at det ikke er spesielt kompliserte ”interaksjoner” som inntreffer). Fordelen er at den gir et helt fast format (med forhåndsdefinerte barrierer og RPFer) som er felles for vurdering av alle ulykker. Denne skjematikken gjør det dermed også enkelt å sammenfatte resultatene fra en rekke analyserte ulykker (se Kap. 5). Videre har vi i ulykkesmodellen lagt inn en viss kvantifisering av de enkelte faktorerens betydning for ulykken. En slik vektning kan naturligvis også legges inn i STEP-metodikken.

Ulempen ved STEP er slik vi ser det at den vil være atskillig mer arbeidskrevende, og at den mer ”individuelle”, ”frie” beskrivelsen av hver ulykke kan gjøre det noe vanskeligere å sammenfatte resultatene av flere ulykkesanalyser på en enkel måte.

---

<sup>1</sup> STEP = Sequentially Timed Events Plotting

### 3 Metode for ulykkesanalyse

Eksempel på barrieremodellen anvendt på en ulykke er vist i Figur 6. Med denne vil vi skape et bilde av og en forståelse for hvor og på hvilken måte de ulike barrierer og RPFer bidrar til å påvirke hendelsesforløpet i ulykkesprosessen. Modellen er nå videre anvendt på et representativt utvalg møte- og utforkjøringsulykker i kurver (se Vedlegg 4). Datamaterialet er nærmere beskrevet i Avsnitt 4.1.

I forbindelse med analyse av de enkelte ulykker, identifiseres de barrierer og RPFer som hadde betydning for utfallet av hendelsen; dette er de ”relevante” barrierer/RPF. Videre vurderes *hvor* viktige de enkelte faktorene var (se Avsnitt 3.1). En vurderer betydningen av de barrierer som var til stede i den aktuelle hendelsen, men vurderer også hvilken effekt det ville hatt hvis manglende barrierer hadde vært tilstede. En vurderer også tilstanden på ”eksisterende” barrierer. Merk at det vil være vanskelig å vurdere betydningen av de *lovgivende/kontrollerende* barrierer for én enkelt ulykke, så disse vurderinger inkluderes derfor ikke i ulykkesanalysen.

Et forhold som inngår i vurderingen, er påliteligheten i datamaterialet for ulykken, dvs. hvor godt informasjonsgrunnlaget er.

En kan nå gjennomføre ulykkesanalyse i følgende trinn:

- Utvikle ulykkesscenario inkl. å identifisere aktuelle avvik
- Identifisere relevante RPFer
- Identifisere relevante barrierer
- Evaluere viktighet av RPFer og barrierer
- Illustrere relevante barrierer og påvirkninger av RPFer (jfr Figur 6)
- Sammenfatte resultatet av flere ulykker og analysere dette.
- Utvikle forslag til forebyggende tiltak (som enten knyttes opp til barrierer eller RPFer)
- Identifisere de risikopåvirkende aktører som er relevante for de aktuelle tiltak

Et eksempel på analyse av en spesifikk ulykke behandles i Avsnitt 3.2 under; sammenfattende analyse av flere ulykker beskrives i Kapitlene 4 og 5.

#### 3.1 Vurdering av barrierers og RPFers betydning for ulykken

Evaluering av viktighet av RPFer og barrierer gjøres ved å bruke en skala fra 0-3 (evt. 4), eller 9 (som indikerer at informasjon mangler). Tabell 4 presenterer vurderingsskalaen for barrierer og RPFer. Det er en forskjell for disse, i det RPFer vurderes ut fra antatt negativ effekt, mens (manglende) barrierer ut fra deres (potensielt) positive effekt. RPFer som ”var i orden” og ikke bidro negativt er dermed ikke tatt inn i analysen.

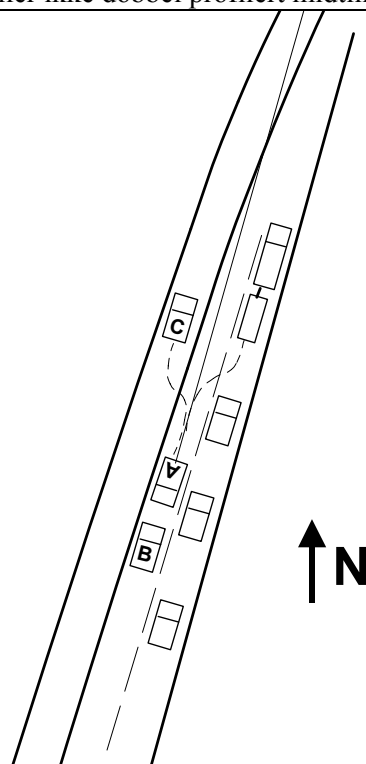
**Tabell 4 Ulike vurderinger benyttet ved ulykkesanalyse ("Vekter"):  
Vurdering av betydning av barrierer og RPFer i forhold til ulykken, deres tilstand, og informasjonsgrunnlag for tilstand (når denne er forskjellig fra 9).**

<b>A) Betydning av barrierer (som enten var tilsted eller ikke tilstede) for den aktuelle ulykken</b>	
0	Ingen betydning
1	Liten betydning
2	Middels betydning
3	Stor betydning, (ulykken forhindret eller fikk vesentlig lavere alvorlighetsgrad hvis barrieren tilstede)
9	Ikke mulig å vurdere pga manglende opplysninger
<b>B) Forbedringspotensial av barrierer som var tilstede i den aktuelle ulykken</b>	
1	Lite (ikke noe) forbedringspotensial, (er i god stand og riktig utformet)
2	Middels forbedringspotensial
3	Stort forbedringspotensial, (f.eks. bedre vedlikehold, eller annen design)
9	Ingen opplysninger om tilstanden
<b>C) Negativ betydning av RPFer for den aktuelle ulykken</b>	
0	Ingen betydning
1	Liten betydning
2	Middels betydning
3	Stor betydning, (RPFens tilstand bidro sterkt til at ulykken inntraff, eller ga vesentlig høyere alvorlighetsgrad)
9	Ikke mulig å vurdere pga manglende opplysninger
<b>D) Tilstand RPFer i den aktuelle ulykken</b>	
1	Tilstand langt under vedtatt / normal standard
2	Tilstand noe under vedtatt / normal standard
3	Tilstand lik vedtatt / normal standard
4	Tilstand bedre enn vedtatt / normal standard
9	Ingen opplysninger om tilstanden
<b>E) Informasjonsgrunnlag med hensyn til om (i) en barriere var til stede, og (ii) tilstanden til en barriere/RPF, (når en har noe informasjon, dvs. ikke 9).</b>	
1	Liten informasjon om forholdet, (bygger på indikasjoner / antakelser)
2	Middels informasjon, (har opplysninger som sannsynliggjør forholdet)
3	Sikker informasjon, (pålitelige opplysninger)

### 3.2 Barriereanalyse eksempel

Bruk av modellen demonstreres gjennom en ulykkesanalyse. I Tabell 5 gis en beskrivelse av ulykken. Figur 6 illustrerte hvordan barrieremodellen i prinsippet anvendes og representerer samtidig en grafisk beskrivelse av ulykken i Tabell 5.

**Tabell 5 Møteulykke med tre biler direkte innblandet.**

Beskrivelse av ulykkessted	Ulykken fant sted på bakketopp på E6. Det var ett kjørefelt i den ene retningen og to motsatt veg (forbikjøringsfelt). Dobbel profilert midtlinje markerte skille mellom kjøreretningene. Stor trafikk i begge retningene
Føre-, vær- og lysforhold	Det var tussmørke, ingen vegbelysning og våt mørk asfalt .
Hendelsesforløp	Bil A kom sørover i retningen med ett kjørefelt, skrådde på bakketoppen over midtlinjen og rett inn i avslutningen på motgående forbikjøringsfelt. I forbikjøringsfeltet lå først et vogntog. Føreren av vogntoget greide å unngå sammenstøt ved å svinge tilbake i sitt høyre felt. Bilen (C) bak vogntoget rakk å kaste bilen ut til venstre. Unngikk dermed frontkollisjon, men ble truffet bak på høyre skjerm. Den neste bilen (B) lå kloss etter bil C i forbikjøringsfeltet og kolliderte front mot front med A .
Førere	Fører i bil A omkom i ulykken slik at man vet ikke hva som var grunnen til denne kjøringen. Passasjerer i bil A satt og sov helt til sammenstøtet fant sted. Fører av bil B var alene i bilen. Ikke bruk av promille i noen av bilene.
Kjøretøy	Det var tre personbiler og ett vogntog involvert. Bil A hadde skitne lykteglass. Bilene A og B gamle (begge 1986 årganger). Bil C 1988 årgang
Personlig sikring og skadeomfang	Begge personer i bilene A brukte bilbelte. Også fører av B brukte bilbelte; han døde momentant. Også to personer i bil C brukte belte (litt skadd). Ikke kollisjonspute i noen av de tre bilene.
Vurdering av ulykken	Mye tyder på at fører av bil A enten i uoppmerksomhet eller ved avsovning hadde mistet kontrollen over bilens kurs. Føreren har ikke reagert verken på vogntoget eller de to neste personbilene mht å forsøke unnamanøver eller bremsing i møtesituasjonen. Heller ikke dobbel profilert midtlinje har ”vekket” føreren.
Skisse	

Tabell 6 og Tabell 7 viser konkret hvordan ulykken i Tabell 5 analyseres. I Tabell 6 innføres de barrierer (til stede eller ikke) som anses relevante for forløpet av denne ulykken. Forbedringspotensialet anslås, og infogrunnlaget for dette oppgis også. Dessuten gis en vurdering av betydning av barrieren for forløpet. For de barrierer som er til stede gis vurderingen både for aktuell tilstand til barrieren, og for optimal tilstand av denne.

**Tabell 6 Vurdering av relevante barrierer; (dvs de barrierer som har betydning for det aktuelle eksempelet) <sup>1)</sup>**

Barriere				Info. - grunnlag,	Bruk av sikkerhetsutstyr			Forbedringspotensial <sup>2)</sup>	Vurdering av betydning	
Nr.	Navn	Beskrivelse	Til stede		Ja	Nei	Uopp-gitt		Ved aktuelle tilstand	Ved optimal barriere
<b>Veg (Fysiske og Varslende)</b>										
B112	Midtrekkverk		Nei	3				-	-	3 <sup>3)</sup>
B115	Vegbelysning	Tussmørke, ikke belysn.	Nei	3				-	-	1 <sup>4)</sup>
B311	Profilert vegmerking		Ja	3				1	0	0 <sup>5)</sup>
<b>Kjøretøy (Fysiske, Funksjonsbarrierer og Varslende)</b>										
B121	Bilbelte		Ja	3	3	0		1	1	1 <sup>6)</sup>
B122	Kollisjonspute		Nei	3	0	3		-	-	2 <sup>7)</sup>
B214	Intelligente førerstøttes., griper inn	<i>Lanekeeping</i>	Nei	3				-	-	3 <sup>8)</sup>
B321	Intelligente førerstøttes., varsler	<i>Lanekeeping</i>	Nei	3				-	-	2 <sup>9)</sup>
<b>Fører (Varslende)</b>										
B331	Varsel ved tretthet	Søvndetektor	Nei	3				-	-	2 <sup>10)</sup>

<sup>1)</sup> Se Tabell 4 for tolkning av tallverdiene ("vektene") i tabellen, ("-" angir "ikke aktuell").

<sup>2)</sup> Forbedringspotensialet for de barrierer som var til stede i ulykken.

<sup>3)</sup> Ulykken ville ikke inntruffet med midtrekkverk til stede.

<sup>4)</sup> Selv om det var tussmørke, tyder hendelsesforløpet på at manglende lys ikke hadde noe vesentlig å si for utfallet.

<sup>5)</sup> Da fører av bil A ikke reagerte på møtende biler i samme felt, må en anta at profilert vegmerking ikke har hatt noen effekt.

<sup>6)</sup> Alle tre i bilene A og B brukte bilbelte, mens altså to omkom. Betydningen av bilbelte er derfor her vurdert til å være liten.

<sup>7)</sup> En vil anta at kollisjonspute med en viss sannsynlighet kunne reddet flere enn den ene.

<sup>8)</sup> Hvis bil A hadde *lanekeeping* som griper inn antas dette med stor sannsynlighet å ville ha forhindret ulykken.

<sup>9)</sup> Hvis bil A hadde *lanekeeping* som varsler er det en viss sannsynlighet for at dette ville ha forhindret ulykken.

<sup>10)</sup> Hvis bil A hadde søvnedektor er det en viss sannsynlighet for at dette ville ha forhindret ulykken

I Tabell 7 går en gjennom alle RPF. Negativ betydning gis som et tall fra 0 til 3. Hvis denne er ≠ 0, anslås tilstand til RPFen, samt informasjonsgrunnlaget for denne vurderingen.

Samme analyse gjøres for et representativt utvalg ulykker, som til sammen danner et helhetsbilde av den situasjonen som ulykkene samlet uttrykker. Tiltak og "bakenforliggende aktører" vil bli behandlet i neste fase av ulykkesanalysen, dvs. når en har oppnådd et samlet inntrykk fra analyser av flere ulykker.



**Tabell 7 RPFer og deres effekt / betydning i eksempelet <sup>1)</sup>**

Risikopåvirkende Faktorer (RPF)	Beskrivelse	Info-grunnlag	Tilstand	Negativ betydning
<b>Veg</b>				
R11 Vegdesign (linjeføring, tverrprofil)	Bakketopp, forbikjøringsfelt	3	2	3 <sup>2)</sup>
R12 Vegdekkets tilstand / egenskaper (ikke føre)	Våt, mørk asfalt	3	2	1 <sup>3)</sup>
R13 Siktstrekning (ut fra fysiske hindre)		-	-	0 <sup>4)</sup>
<b>Kjøretøy</b>				
R21 Passiv sikkerhet (Innebygd kollisjonsvern)	Forholdsvis gamle biler	3	2	2 <sup>5)</sup>
R22 Teknisk tilstand (vedlikehold/modifikasjoner)	Svake lys, skitne lyktelass	3	2	1 <sup>3)</sup>
R23 Aktiv sikkerhet (kjøreegenskaper)		-	-	0 <sup>6)</sup>
R24 Betjeningsvennlighet av kjøretøyets funksjoner		-	-	0 <sup>6)</sup>
<b>Fører</b>				
R31 Kjøremonster (fartsvalg, avstand til forankjørende etc)	Fører A: Uoppmerksom? Fører B: Kort avstand til forankjørende	2	2	2 <sup>7)</sup>
R32 Dyktighet (manøvrering, reaksjonsevne, beslutninger)	Fører B: Kjørte ikke unna	1	2	1 <sup>8)</sup>
R33 Tilstand (påvirket, trøtt, stresset)	Fører A: Avsovnet?	2	1	3 <sup>9)</sup>
<b>Ytre forhold</b>				
R41 Sikt (værforhold)	Mørke	3	1	1 <sup>3)</sup>
R42 Føreforhold, glatt (is/snø)		-	-	0 <sup>10)</sup>
R43 Føreforhold, annet (f.eks. vannplaning)		-	-	0 <sup>10)</sup>
R44 Trafikkbildets kompleksitet	Tett trafikk	3	2	3 <sup>11)</sup>
R45 Distraksjoner langs vegen (reklame etc.)		-	-	0 <sup>12)</sup>
R46 Distraksjoner i bilen (radio, CD, passasjerer,...)		-	-	0 <sup>12)</sup>

<sup>1)</sup> Se Tabell 4 for tolkning av tallverdiene ("vektene") i tabellen.

<sup>2)</sup> Kombinasjonen av forbikjøringsfelt som avsluttes og bakketopp må antas å ha hatt vesentlig betydning for ulykkesforløpet; (bilene som møtte A kunne antakelig unngått kollisjon under andre forhold).

<sup>3)</sup> Hendelsesforløpet tyder på at lysforhold ikke hadde noe å si for utfallet av ulykken.

<sup>4)</sup> Ingen andre sikthindre enn bakketopp.

<sup>5)</sup> Forholdsvis gamle biler involvert; kan ha bidratt til skadeomfang (2 av 3 drepte).

<sup>6)</sup> Kjøretøyenes kjøreegenskaper og betjeningsvennlighet hadde lite eller intet å si for ulykkesforløpet.

<sup>7)</sup> Fører av bil B holdt for kort avstand til forankjørende, og kunne ellers (med forholdsvis stor sannsynlighet) ha unngått frontkollisjonen.

<sup>8)</sup> Hurtigere reaksjonsevne til fører av bil B kunne med en viss sannsynlighet ha forhindret ulykken.

<sup>9)</sup> Forløpet tyder på at fører av bil B (med stor sannsynlighet) hadde sovnet.

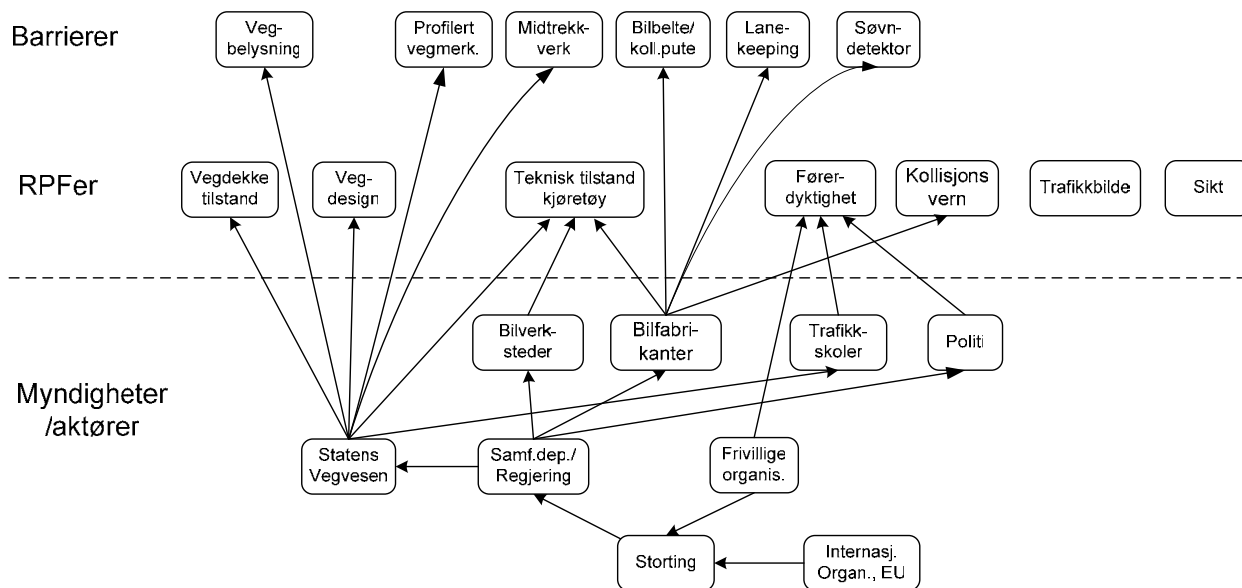
<sup>10)</sup> Føreforhold hadde ikke noe å si for denne ulykken.

<sup>11)</sup> Tett trafikk (tre biler på rad i feltet mot A) bidro sterkt til ulykkesforløpet.

<sup>12)</sup> Intet tyder på at distraksjoner (i bil eller langs vei) hadde noe å si for ulykkesforløpet.

Siste fase av ulykkesprosessen, dvs. den skadebegrensende fasen (se Avsnitt 2.1), er ikke inkludert i ulykkesanalysen. Dette skyldes bl.a. at datamaterialet fra ulykker erfaringsmessig gir begrenset informasjon om disse forholdene. Beredskapsanalyser kan imidlertid være aktuelle som eget prosjekt, for eksempel som en dybdestudie med formål å rette data inn mot denne modellen.

Figur 9 angir ulike aktørers påvirkning på de barrierer/RPF som er mest aktuelle for denne ulykken.



**Figur 9 Påvirkning av aktører på barrierer og RPF (Eksempelet).**

## 4 Resultat fra ulykkesanalysene

I dette kapitlet presenteres noen hovedresultater fra analysen av i alt 55 møte- og utforkjøringsulykker i kurve. (Som nevnt i Kapittel 1 er slike ulykker på rettstrekning analysert tidligere, Moe, 1999). Noen av de mer detaljerte resultater, spesielt når det gjelder forbedringspotensial, utsettes til Kapittel 5, som tar for seg tiltak.

### 4.1 Datamaterialet

Analysene av de 55 ulykkene baserer seg på tre kilder: politiets saksdokumenter, granskingsrapporter fra Vegvesenets ulykkesanalysegruppe (UAG) og straksulykkesregisteret (ikke alle kilder var tilgjengelige for alle ulykker). I Tabell 8 under ser en at det har foreligget politidokumenter for 47 av ulykkene. I neste tabell ser en at ulykkene i hovedsak er hentet fra Hedmark, Rogaland, Sør-Trøndelag og Troms. I Tabell 11 ser en at i alt 19 av ulykkene er rene møteulykker, 2 skyldes møting under forbikjøring, mens resten (34) er utforkjøringsulykker. Videre ser vi av Tabell 12 at ulykkene forekom i perioden 1998-2002. De undersøkte ulykkene vil gi et ganske representativt utvalg av alvorlige politirapporterte ulykker på landsbasis 1999-2000 (se Vedlegg 4). Ulykkesdataene er analysert ved hjelp av SPSS.

**Tabell 8 Underlag for ulykkene**

Politidokumenter	UAG-rapport <sup>2</sup>		Totalt
	Ja	Nei	
Ja	30	17	47
Nei	8	0	8
Totalt	38	17	55

**Tabell 9 Lokalisering av ulykkene (fylke)**

Fylke	Antall ulykker
Akershus	1
Hedmark	13
Rogaland	21
Sør-Trøndelag	14
Troms	6
Totalt	55

**Tabell 10 Alvorlighetsgrad av ulykkene**

Alvorligste skade	Antall ulykker
Drept	31
Meget alvorlig skadd	5
Alvorlig skadd	19
Total	55

<sup>2</sup> UAG = Ulykkesanalysegruppe (Statens Vegvesen)

**Tabell 11 Ulykkestyper**

Type ulykke	Antall ulykker
Møting i kurve	19
Møting under forbikjøring i venstre kurve	2
Enslig kjøretøy utfor på venstre side i høyrekurve	11
Enslig kjøretøy utfor på høyre side i høyrekurve	2
Enslig kjøretøy utfor på høyre side i venstre kurve	15
Enslig kjøretøy utfor på venstre side i venstre kurve	6
<b>Totalt</b>	<b>55</b>

**Tabell 12 Ulykkene fordelt på år**

År	Antall ulykker
1998	3
1999	6
2000	14
2001	12
2002	20
<b>Totalt</b>	<b>55</b>

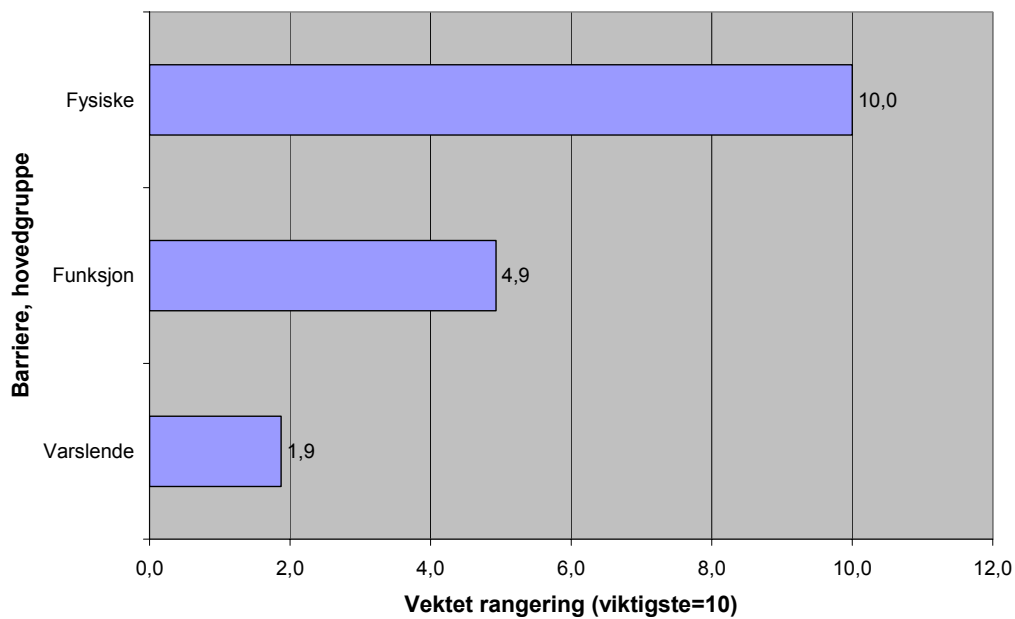
#### 4.2 Vurdering av barrierer

Alle barrierer som ble ansett som relevante for de ulike ulykker, ble vurdert ut fra skjemaet gjengitt i Tabell 6. Resultatene er enklest å fortolke for de barrierer som ikke var til stede (de "ikke-eksisterende"), men som altså kunne hatt en betydning. Når det gjelder barrierer som var til stede er det vanskeligere å trekke konklusjoner. Vi får ikke med i dette datamaterialet alle de ulykker som eksisterende barrierer har forhindret. Siden vi også kun ser på alvorlige ulykker, får vi heller ikke med de hendelser der eksisterende barrierer har redusert konsekvens i betydelig grad. Hvis en skal kunne foreta en vurdering av eksisterende barrierer kreves en helt annen metodikk (der en også baserer seg på mindre ulykker, nesten-ulykker osv). De gitte ulykkesanalyser gir dermed ikke noe mål på effekt av de tiltak som er utført.

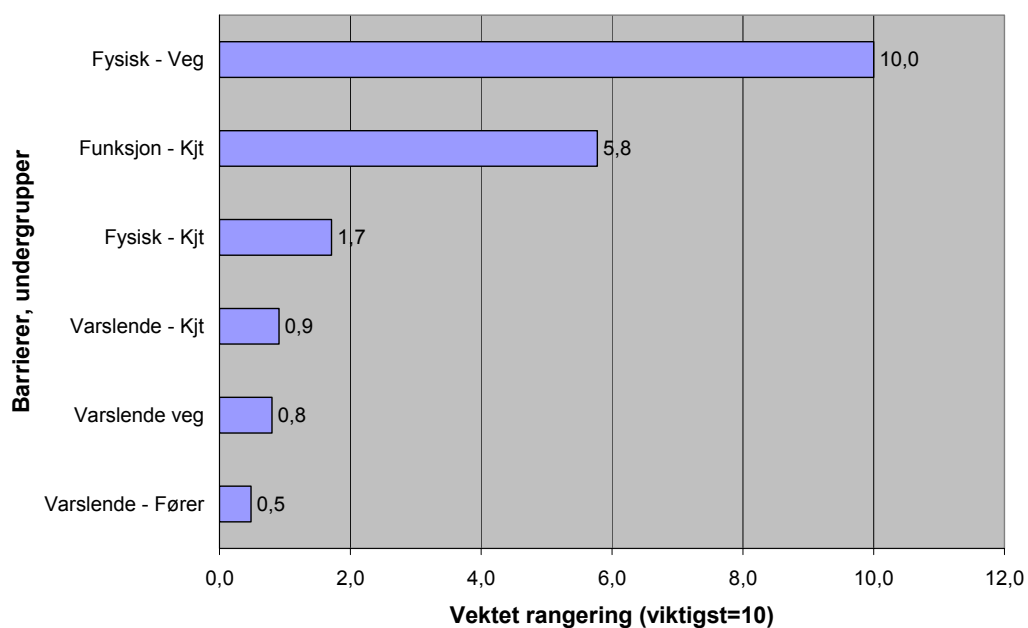
Betydningen er gitt en "vekt" 1, 2 eller 3 (se Tabell 4), og Figur 10 gir vektet rangering for barrierene i de tre kategoriene *fysiske*, *funksjonelle* og *varslende*. Vi har først funnet totalvekt for alle relevante barrierer, og så gitt en "score" ut fra dette, (der maks "score" = 10). Observer at vi ikke har tatt med *lovgivende og kontrollerende*, da det er relativt vanskelig å vurdere betydningen av disse barrierene på en konkret ulykke. Av Figur 10 ser vi at de fysiske er klart viktigere enn de funksjonelle, som ut fra vår vurdering igjen er klart viktigere enn de varslende.

I Figur 11 gis en litt finere inndeling; hver kategori av barrierer er splittet på veg, kjøretøy og fører. De fysiske barrierer for veg kommer klart på topp, med funksjonelle barrierer (kjøretøy) på klar andreplass.

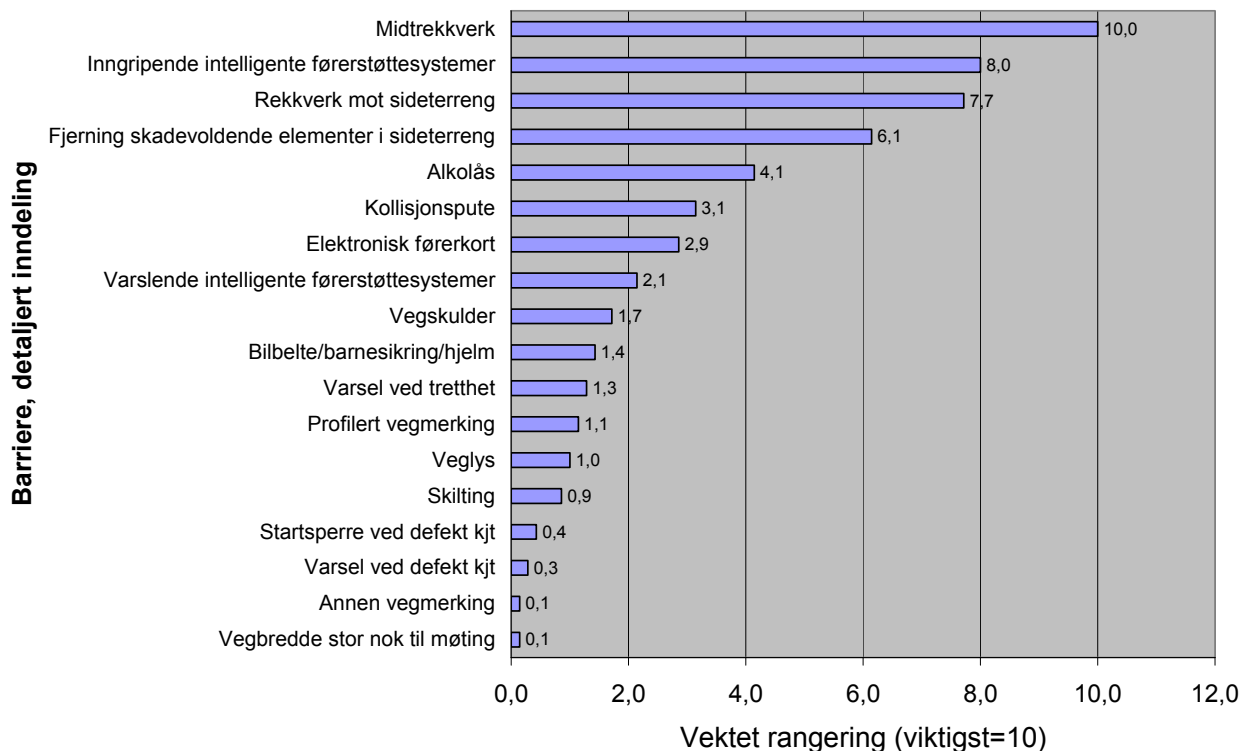
Endelig i Figur 12 gis en rangering av viktighet av barrierer som ikke har vært tilstede. Her kommer Midtrekkverk på første plass, med inngrepene intelligente førerstøttesystem som nr 2. Rekkverk mot sideterreng og fjerning av skadevoldende element i sideterreng kommer også høyt, det samme gjør kollisjonspute og alkolås.



**Figur 10. Rangering av hovedgrupper av barrierer som ikke var tilstede.**



**Figur 11 Rangering av grupper av barrierer som ikke var tilstede.**



**Figur 12 Rangering av barrierer som ikke var tilstede.**

Tabell 13 gir en del utfyllende informasjon. Først gis antall av de 55 ulykker der de ulike barrierer ikke er til stede men ville hatt effekt (kolonne "Frekvens"). Deretter gis gjennomsnittlig betydning, "vekt" (et tall mellom 1 og 3), og til slutt en "score" som er direkte basert på "Totalvekt" (=sum av alle "vekter"). Bortsett fra en viss avrunding er dette samme resultat som i Figur 12.

I hovedsak vil dette bildet opprettholdes når vi også ser på barrierer som var tilstede. Den viktigste forskjellen er at for disse kommer barrieren *bilbelte/barnesikring/hjelm* på topp. Ellers vil vegskulder, rekkverk mot sideterreng også her komme høyt, mens veglys er nevnt som relevant i 5 tilfelle. (Som forklart over anser vi i hovedsak informasjonen om barrierer som var til stede å være mindre informativ.)

**Tabell 13 Rangering av barrierer som ikke var til stede**

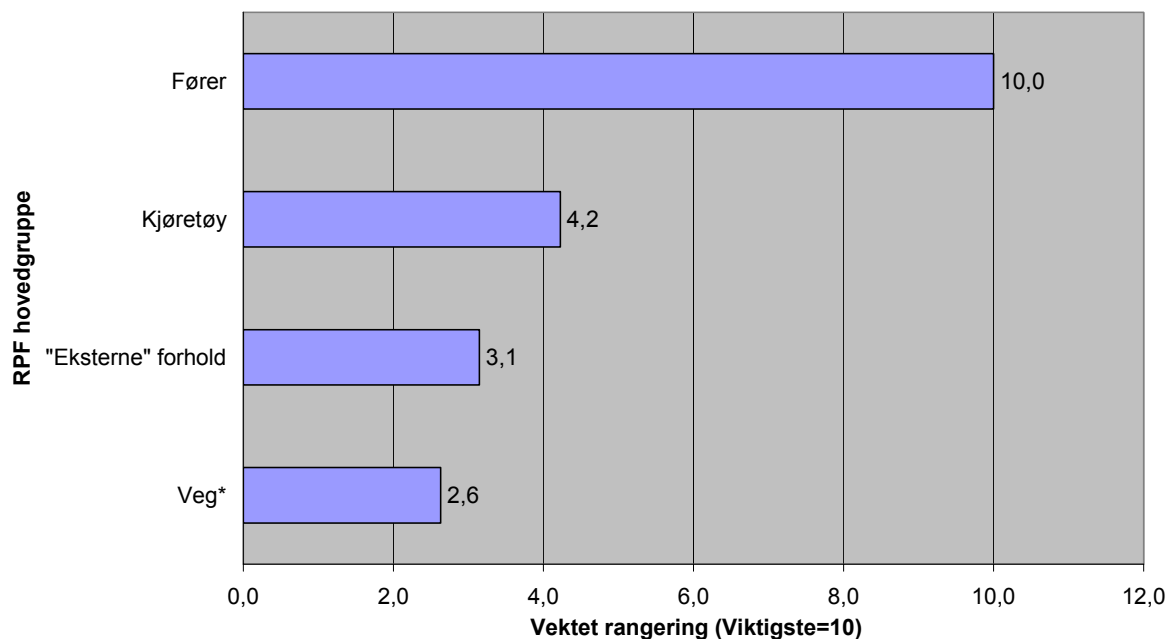
Barriere	Frekvens (antall)	Gj.snittlig Vekt	Score <sup>1)</sup>
B112 Midtrekkverk	30	2.5	10
B214 Inngripende intelligente førerstøttesystemer	27	2.1	8
B111 Rekkverk mot sideterreng	22	2.5	8
B114 Fjerning skadevoldende elementer i sideterreng	17	2.5	6
B211 Alkolås	12	2.5	4
B122 Kollisjonspute	12	2.0	3
B212 Elektronisk førerkort	7	2.9	3
B321 Varslende intelligente førerstøttesystemer	13	1.4	2
B113 Vegskulder	10	1.2	1.5
B121 Bilbelte/barnesikring/hjelm	4	2.5	1.5
B331 Varsel ved tretthet	6	1.8	1.5
B311 Profilert vegmerking	7	1.3	1
B115 Vegbelysning	7	1.0	1
B313 Skilting	4	1.5	1
B213 Startspærre ved defekt kjøretøy	2	1.5	0.5
B322 Varsel ved defekt kjøretøy	2	2.0	0.5

<sup>1)</sup> Score basert på "Totalvekt" = Frekvens x (Gjennomsnittlig vekt), og er skalert til et tall mellom 0 og 10.

### 4.3 Vurdering av risikopåvirkende faktorer

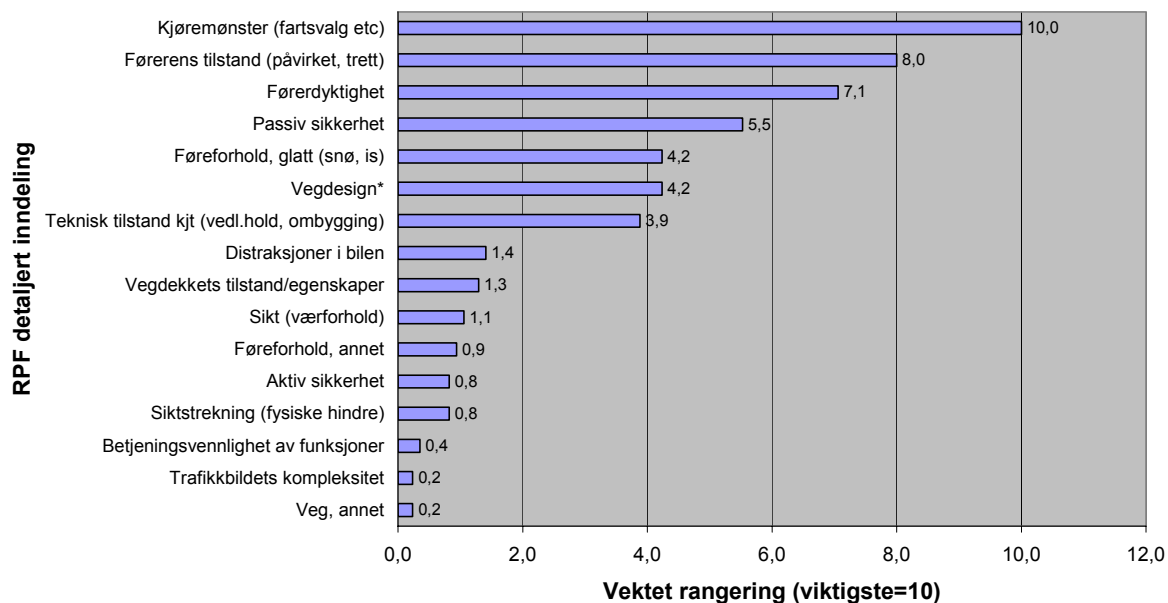
Først gis en rangering av hvilke barrierer som har hatt størst negativ betydning for ulykkene. I Figur 13 ser vi samlet på RPFene for henholdsvis fører, kjøretøy, veg og eksterne forhold. Fører kommer ut som klart viktigst. Og i Figur 14 ser vi at de tre RPF med størst negativ effekt alle er knyttet til fører: Kjøremønster (fartsvalg etc.), Førers tilstand (påvirket, tretthet) og førerdyktighet. Ellers kommer vegdesign forholdsvis høyt, da vi her ser på møte- og utforkjøringsulykker *i kurver*. Ellers er også passiv sikkerhet høyt på lista.

Tabell 14 gjengir også rangeringen i Figur 14, og gir dessuten frekvens (antall av de 55 ulykker der RPF hadde negativ betydning).



\* Horisontalkurvatur som RPF er bare tatt med der kurveradius er bedømt til å være mindre enn vedtatt/normal standard

**Figur 13 Rangering av hovedgrupper av RPFer**



\* Horisontalkurvatur som RPF er bare tatt med der kurveradius er bedømt til å være mindre enn vedtatt/normal standard

**Figur 14 Rangering av RPFer.**



**Tabell 14 Frekvens av RPF med negativ betydning og rangering av disse (basert på score)**

RPF	Frekvens (antall)	Gj.snittlig. vekt	Score <sup>1)</sup>
R31 Kjøremønster, (fartsvalg etc.)	32	2.7	10
R33 Førers tilstand, (påvirket, trett)	27	2.5	8
R32 Førerdyktighet	27	2.2	7
R21 Passiv sikkerhet	24	2.0	5.5
R42 Føreforhold, glatt, (snø, is)	13	2.8	4
R11 Vegdesign	16	2,3	4
R22 Teknisk tilstand, kj.tøy, (vedlikehold, ombygging)	17	1.9	4
R46 Oppmerksomhetsrøvere i bilen	6	2.0	1.5
R12 Vegdekkets tilstand/egenskaper	5	2,2	1.5
R41 Sikt, (værforhold)	7	1.3	1
R43 Føreforhold, annet	4	2,0	1
R23 Aktiv sikkerhet	4	1.8	1
R13 Siktstrekning, (fysiske hindre)	4	1.8	1
R24 Betjeningsvennlighet av kjøretøyets funksjoner	2	1.5	0.5

<sup>1)</sup> Score er basert på "Totalvekt" = Frekvens x (Gjennomsnittlig vekt), og er skalert til et tall mellom 0 og 10.

## **5 Tiltak for reduksjon av risiko**

Vi ser her på tiltak knyttet både til barrierer og RPFer, og tar utgangspunkt i ulykkesanalysene beskrevet i Kapittel 4. Til slutt foretas en sammenlikning mellom resultatene fra disse ”barriereanalysene” med resultatene fra en tidligere dybdeanalyse av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning, (se Avsnitt 5.3).

### **5.1 Barrierer og tiltak**

Ved fravær av en barriere som har betydning for ulykken, vil naturligvis et viktig tiltak være å innføre denne barrieren. En rekke av barrierene er egentlig en *gruppe* barrierer. Dette gjelder for eksempel ”intelligente førerstøttessystemer”, og for disse er det derfor gitt mer detaljerte opplysninger, (se barriere B214 i Tabell 15).

Videre kan en også for barrierer som er til stede identifisere ulike tiltak som forbedrer barrieren. Resultater av vurderinger er gjort på grunnlag av ulykkesanalysene er sammenfattet i Tabell 15.

**Tabell 15 Tiltak: Mulige nye barrierer, evt. forbedring av barrierer.**

Barriere	Score	Antall <sup>1)</sup>	Detaljer	Tiltak
B111 Rekkverk mot sideterreng	8	22		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bygge rekkverk mot sideterreng</li> </ul>
B112 Midtrekkverk	10	30		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bygge midtrekkverk</li> <li>• Midtrabatter</li> <li>• Høyde, avslutning</li> </ul>
B113 Vegskulder	2	10		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utvide vegskulder</li> </ul>
B114 Fjerning skadelige elementer i sideterreng	6	17		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fjerning av trær/steiner/-steingjerde</li> <li>• Tiltak mot lyktestolper, trafikkskilt o.l.</li> </ul>
B115 Vegbelysning	1	7		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegbelysning</li> </ul>
B116 Vegbredde stor nok til møting	0	1		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegbreddeutvidelse</li> </ul>
B121 Bilbelte / barnesikring /	1.5	4		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innfør alle kjøretøy</li> <li>• Øket bruk (politikontroll-/kampanje)</li> </ul>
B122 Kollisjonspute	3	12		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flere kollisjonsputer i bilene</li> <li>• Alle biler kollisjonspute</li> </ul>
B211 Alkolås	4	12		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkolås i biler</li> </ul>
B212 Elektronisk førerkort	3	7		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innføre elek.førerkort</li> </ul>
B213 Startspærre når kjøretøy ikke i forsvarlig stand	0.5	2		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innføre startspærre</li> </ul>
B214 Intelligente førerstøttesystemer som griper inn (ESB)	8	27	ESP (7) Lanekeep.(8) Fartssper. (6) Antiskrens/ABS(5) Søvn det. (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innføre ulike intelligente førerstøttesystem</li> </ul>
B311 Profilert vegmerking	1	7		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innføre profilert vegmerking</li> </ul>
B312 Annen vegmerking (inkl. kantstolper etc.)	0	1		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
B313 Skilting (relevant)	1	4	Bakgrunnsoppmerking (3) Anbefalt fart	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedre varsling farlige kurver</li> </ul>
B321 Intelligente førerstøttesystemer som varsler	2	13	Varsel lav friksjon / glatt veg (6) Lane dep. warn(2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innføre ulike intelligente førerstøttesystem</li> </ul>
B322 Varsellampe/alarm dersom def. kjøretøy o.l.	0.5	2	Dekkendringsvarsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innføre dekkvarsling</li> </ul>
B331 Varsel ved tretthet	1.5	6		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innføre varsel om tretthet</li> </ul>

<sup>1)</sup> Antall ulykker der denne barrieren var relevant men ikke var tilstede

## 5.2 RPFer og tiltak

De viktigste tiltak relatert til RPFene er sammenfattet i Tabell 16.

**Tabell 16 Tiltak knyttet til RPFene**

RPF	Score	Frekvens <sup>1)</sup> /Detaljer	Tiltak
R11 Vegdesign	4	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utretting av kurver, mindre standardsprang</li> </ul>
R12 Vegdekkets tilstand/egenskaper	1.5	5; Ujevnhethump; Grusveg med løs grus (1) Tett sluk (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utbedring av ujevnhethumper, legging av fast dekke (løs grus i kurve)</li> </ul>
R13 Siktstrekning (fysiske hindre)	1	4; Sikt begrenset pga geometri (2); Noe vegetasjon (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utbedring av kurvatur</li> <li>• Fjerning av vegetasjon</li> </ul>
R21 Passiv sikkerhet	5.5	24; Eldre biler (16) Dårlig passiv sikkerhet (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiltak for å stimulere til hurtigere utskifting av bilparken</li> </ul>
R22 Teknisk tilstand (vedlikehold, ombygging)	4	17; Dekk (11): gamle, mønsterdyb., ulike dekk, regummierte. Styre (2; moped)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strengere krav til og godkjenning/kontroll av dekk (bl.a. alder)</li> <li>• Ikke regummierte dekk, forhjul</li> </ul>
R23 Aktiv sikkerhet	1	4	
R24 Betjeningsvennlighet av funksjoner	0.5	2	
R31 Kjøremønster (fartvalg etc.)	10	32; For høy fart etter forholdene; farefull kjøring	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fartskontroll</li> <li>• Bevisstgjøring (kampanjer)</li> <li>• Straffeutmåling</li> </ul>
R32 Førerdyktighet	7	27; Skrens i kurver (vinterføre?) Uerfaren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glattkjøring, styrket trafikkopplæring</li> <li>• Kontroll av kjørefedigheter</li> <li>• Førerstøttesystemer</li> </ul>
R33 Førerens tilstand (påvirket, trett)	8	27; Alkohol: (11) Narkotika: (2) Blandingsrus: (4) Trøtt, sovnet: (7)	Kombinasjon med påvirkning <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promille/rusmiddel-kontroll</li> <li>• Bevisstgjøring ang. trøtthet og bilkjøring</li> <li>• Søvn-detektor</li> </ul>
R41 Sikt (værforhold)	1	7	
R42 Føreforhold, glatt (snø, is)	4	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedre vintervedlikehold</li> </ul>
R43 Føreforhold, annet	1	4; Grus/sand på vegbane:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosting av vegbane, hindre grus å komme ut på kjørebane (fast dekke på skulder)</li> </ul>
R44 Trafikkbildets kompleksitet	0	2	
R45 Distraksjoner langs veien	0	0	
R46 Distraksjoner i bilen	1.5	6; Mobiltelefon: (1) Skifte CD: (1)	

<sup>1)</sup> Antall ulykker der RPF virket negativt

### 5.3 Sammenlikning av ”barriereanalysen” og resultater fra dybdeanalysen av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning

Som nevnt i Kapittel 1, er det tidligere gjennomført en analyse av alvorlige ulykker på rettstrekning (Moe, 1999). Det kan være interessant å sammenligne resultatene fra denne undersøkelse med vår, som altså gjelder samme type ulykker, men i kurver.

Analysen av ulykker på rettstrekning omfattet 119 alvorlige ulykker, herav 66 møteulykker (55 %) og 53 utforkjøringsulykker (45 %). Vår undersøkelse omfatter 21 møteulykker (38 %) og 34 utforkjøringsulykker (62 %). I vårt materiale er det en overrepresentasjon av dødsulykker, se Tabell 17. Dette skyldes som tidligere nevnt at vi primært valgte ut ulykker som hadde vært gransket av ulykkesanalysegruppene i Statens vegvesen. Disse har for en stor del konsentrert seg om dødsulykkene.

**Tabell 17 Skadegrad i de analyserte ulykker og i alvorlige møte- og utforkjøringsulykker generelt**

Alvorligste skade	Andel av alvorlige ulykker	
	Barriereanalysen	Alvorlige møte- og utforkjøringsulykker i kurver generelt
Drept	56,4 %	24,3 %
Meget alvorlig skadd	9,1 %	9,5 %
Alvorlig skadd	34,6 %	66,2 %
<i>SUM</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>
Antall ulykker (N)	55	348 (pr år)

I dybdeanalysen av ulykker på rettstrekning ble politiets saksdokumenter gjennomgått for samtlige ulykker. I tillegg ble det foretatt telefonintervju av førere av ”ulykkesbilene” (de som kom ut av kontroll), eventuelt pårørende til førerne der det var mulig å intervju disse (drept, eller manglende/mangelfull hukommelse). Det ble også foretatt intervju av førere i motgående vogntog, der slike hadde vært innblandet i kollisjon med lette kjøretøy. Dybdeanalysen var altså en grundigere analyse enn vår ulykkesanalyse (”barriereanalyse”) referert foran, og dybdeanalysen for rettstrekningsulykker hadde et bredere informasjonsunderlag. Vår sammenlikningen baserer seg kun på frekvensene, dvs. (relativt) antall ulykker der de ulike faktorer/tiltak ville vært relevante; m.a.o. vil ”viktigheten” til faktorene ikke vurderes nå.

I dybdeanalysen ble det skilt mellom direkte og indirekte risikofaktorer. Risikofaktor er her en faktor som bidrar til å øke sannsynligheten for en ulykke. De *direkte risikofaktorene* er knyttet til det som skjer umiddelbart før ulykken inntreffer (”utløser” ulykken). Dette vil ofte være en eller annen feilhandling hos føreren. De *indirekte risikofaktorene* er faktorer som kan forklare de direkte risikofaktorene. I dette sammendraget er direkte og indirekte risikofaktorer slått sammen. De vil da til kunne sammenlignes med risikopåvirkende faktorene (RPF) i barriereanalysen (gjengitt foran), selv om klassifiseringen er noe forskjellig.

Vi sammenlikner følgende punkter:

- Viktighet av hovedfaktorer (RPF): fører, kjøretøy, veg
- Faktorer knyttet til fører
- Faktorer knyttet til kjøretøy
- Faktorer knyttet til veg
- Tiltak (barrierer) knyttet til veg og kjøretøy

### Viktighet av hovedfaktorer (RPF): fører, veg, kjøretøy, eksterne forhold

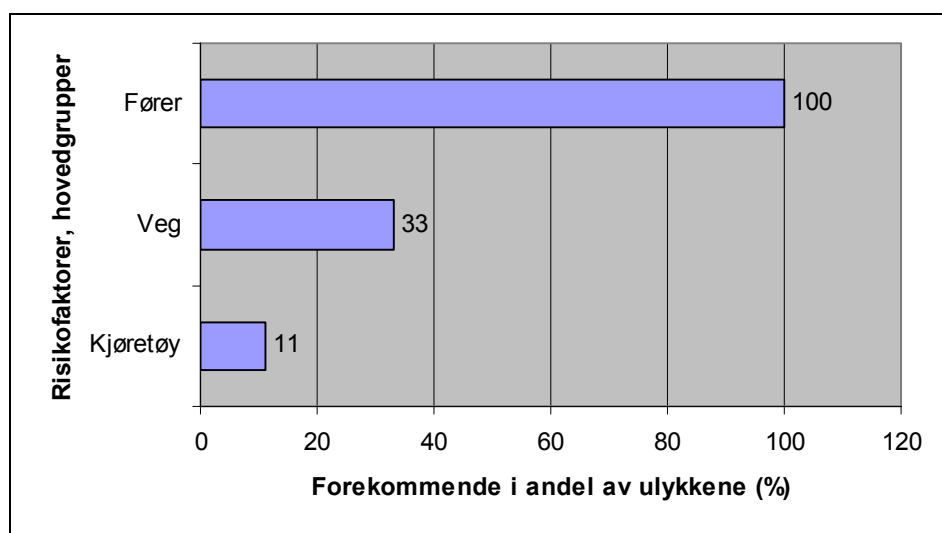
- Fører.*

I dybdeanalysen ser vi av Figur 15 at for samtlige ulykker er det knyttet en eller annen risikofaktor til føreren. Dette er naturlig siden som nevnt det nesten alltid vil være en førerfeil (=avvik fra normal kjøreprosess) knyttet til det som skjer like forut for ulykken (direkte risikofaktorer). De risikopåvirkende faktorene i barriereanalysen (Figur 16) er ikke like direkte knyttet opp mot avvik fra normal kjøreprosess. Likevel er en RPF (med negativ påvirkning) tilknyttet føreren forekommende i 80 % av ulykkene.
- Veg.*

I dybdeanalysen av "rettstrekningsulykkene" er risikofaktorer knyttet til vegen anført for 33 % av ulykkene. Dette er omtrent det samme som for kurveulykkene i barriereanalysen <sup>3</sup>.
- Kjøretøy.*

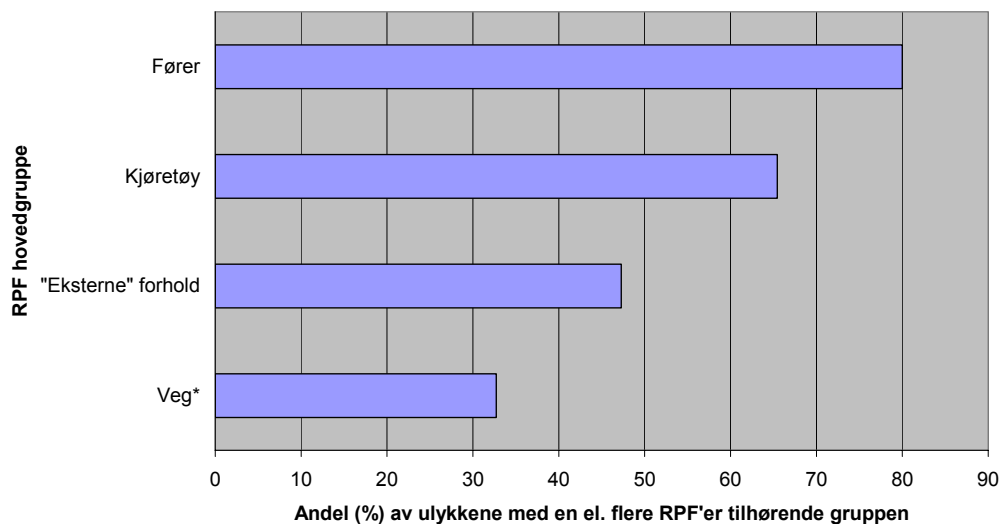
Risikopåvirkende faktorer knyttet til kjøretøyet er i barriereanalysen angitt for 65 % av ulykkene, mot bare 11 % for ulykkene på rettstrekning. Denne forskjellen skyldes primært at vi i vår undersøkelse i større grad har fokusert på faktorer som har bidratt til å øke skaden alvorlighet, og ikke bare sannsynligheten for at en ulykke skal skje. Dårlig passiv sikkerhet for kjøretøyet er slik bedømt å ha hatt betydning for alvorlighetsgraden i mange ulykker.
- Eksterne forhold.*

Figur 16 viser at "eksterne" forhold (for eksempel sikt/vær, distraksjoner), som i barriereanalysen er en egen kategori, også er vurdert som en vesentlig faktor for kurvulykkene.



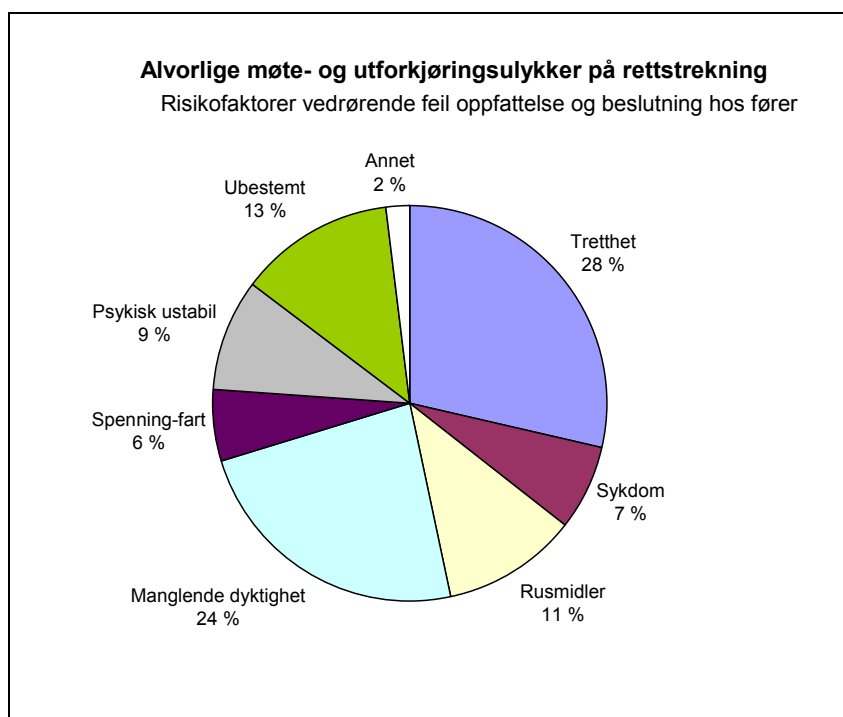
**Figur 15 Dybdeanalyse av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning. Inndeling av risikofaktorene i hovedgrupper.**

<sup>3</sup> Siden alle ulykkene i vår undersøkelse har skjedd i en kurve, kunne RPF knyttet til vegen (kurve) vært anført for samtlige ulykker. Vi har imidlertid valgt å angi en RPF knyttet til vegen bare der kurveradius er bedømt til å være mindre enn normalstandard.

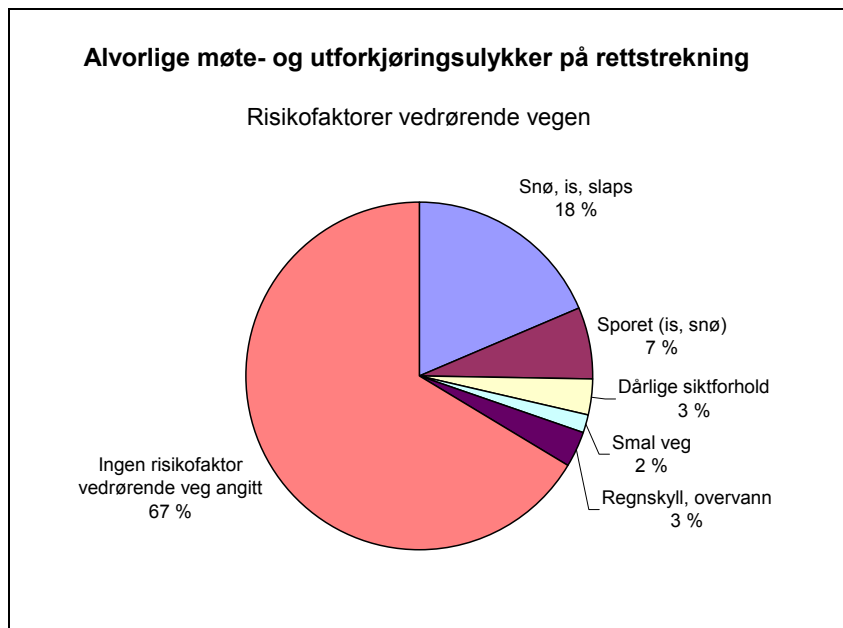


\* Horisontalkurvatur som RPF er bare tatt med der kurveradius er bedømt til å være mindre enn vedtatt/normal standard

**Figur 16 Barriereanalysen: Andel ulykker (%) der en eller flere RPFer i gruppen er med**



**Figur 17 Dybdeanalyse av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning: Risikofaktorer vedrørende feil oppfattelse og beslutning hos bilfører. Andel av ulykkene**



**Figur 18 Dybdeanalyse av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning: Risikofaktorer vedrørende forhold ved vegen. Andel av ulykkene.**

### Faktorer knyttet til fører

Figur 17 viser i hvor stor andel av ulykkene ulike risikofaktorer knyttet til feil oppfattelse og beslutning hos fører har vært forekommende. I hele 28 % av ulykkene har tretthet hos føreren vært den viktigste faktoren. Tilsvarende tall for kurveulykker er 13 % (se R33 i Tabell 16, som viser at 7 av 55 ulykker er av denne kategorien), det vil si vesentlig mindre enn for ulykkene på rettstrekning. På den andre siden er ruspåvirkning vært en RPF med negativ påvirkning i 31 % (17 av 55) av ulykkene, det vil si en vesentlig større andel enn i ulykkene på rettstrekning (11 %).

Psykisk ustabil (som oftest selvmord) og sykdom er ikke registrert for noen av ulykkene i vårt datamateriale (barriereanalysen). Dette kan delvis skyldes at vi ikke har intervjuet pårørende, slik at det kan være vanskelig å få fatt i slike opplysninger.

### Faktorer knyttet til veg

Snø og is (glatt veg) har vært en tilstedeværende risikofaktor i 25 % av ulykkene i dybdeanalysen (Figur 18). Dette er omtrent den samme andelen som i vår undersøkelse (24 %), se Tabell 16.

### Faktorer knyttet til kjøretøy

Figur 19 viser risikofaktorer knyttet til kjøretøyet i dybdeanalysen. Forhold vedrørende dekk er angitt i 6 % av ulykkene. Tilsvarende andel i vår undersøkelse er ca 20 % (Tabell 16).

### Tiltak (barrierer) knyttet til veg og kjøretøy

Figur 20 og Figur 21 viser hvilke tiltak som kunne ha medvirket til å forhindre ulykkene i dybdeanalysen. Det er her bare tatt med tiltak tilknyttet veg og kjøretøy. Tiltak rettet mot føreren (kampanjer og lignende) er ikke tallfestet på samme måten og derfor ikke tatt med her.

Når det gjelder vegtiltak (Figur 20) er midtrekkverk angitt som et effektivt tiltak for 50 % av ulykkene. Tilsvarende andel for vår undersøkelse er 46 % (Tabell 15). Rekkverk mot sideterreng er angitt for 20 % og 40 % av ulykken i henholdsvis dybdeanalysen og vår undersøkelse. For profilert vegmerking er de tilsvarende andelenes 33 og 13 %. (Forskjellen skyldes at



”avsovningsandelen” er vesentlig større på rettstrekning enn i kurver, se tidligere i dette kapittelet.)

Bedre vintervedlikehold er angitt som tiltak mot 18 % av ulykkene på rettstrekning. Dette er i samme størrelsesorden som for kurveulykkene.

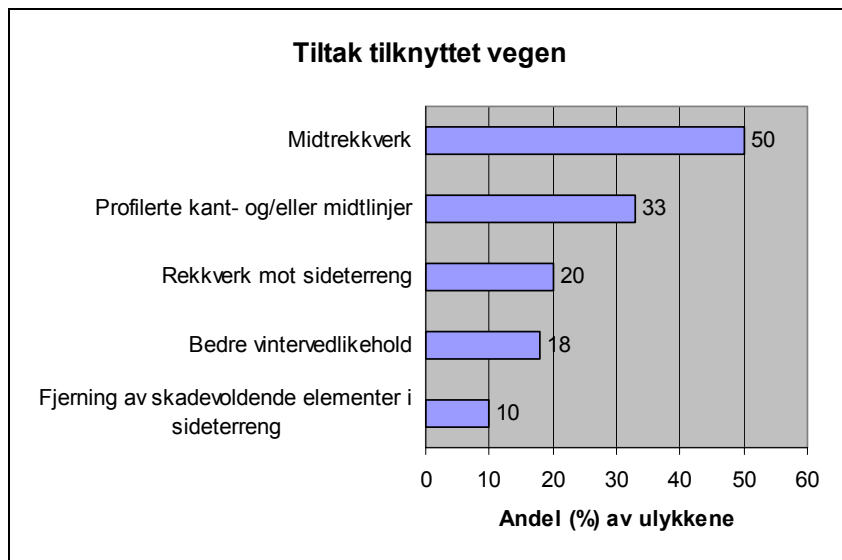
Fjerning av skadevoldende elementer i sideterreng er angitt som tiltak i 10 % av ulykkene i dybdeanalysen (rettstrekning) mot 31 % av ulykkene i vår undersøkelse,. Dette illustrerer i første rekke at vår undersøkelse har lagt større vekt på skadebegrensende tiltak.

I dybdeanalysen er søvndetektor angitt som tiltak mot 31 % av ulykkene. Dette illustrerer den store andelen avsovningsulykker på rettstrekning. Tilsvarende prosentandel i vår barriereanalyse er 11 % (Tabell 15).

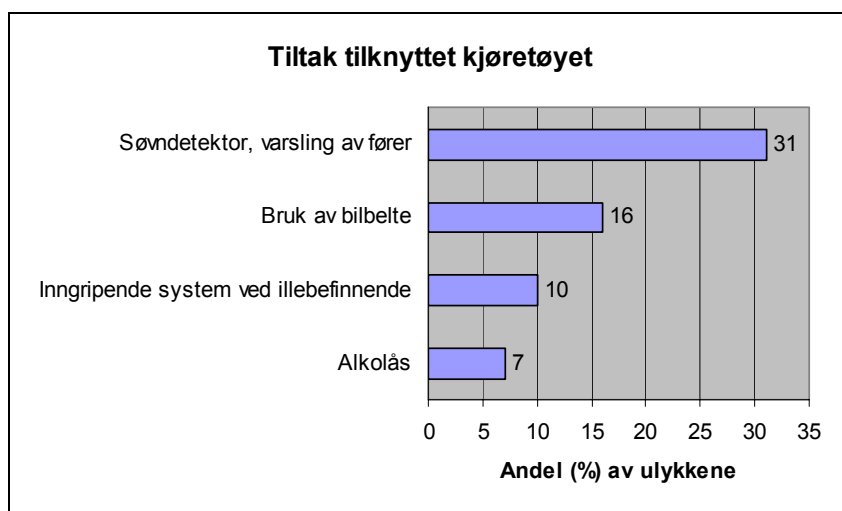
Bruk av bilbelte er angitt å ville ha redusert personskadene i 16 % av ulykkene i dybdeanalysen. I barriereanalysen var en eller flere personer i bil usikret i 27 % av ulykkene, og i 16 % av ulykkene hadde fører av motorsykkel eller moped ikke brukt hjelm (se Vedlegg 5). Den høyere andel usikrete i kurveulykkene kan henge sammen med at flere av ulykkene har skjedd i forbindelse med ruspåvirkning enn tilfelle er på rettstrekning. Slik er alkohol angitt som tiltak i 7 % av ulykkene dybdeanalysen mot hele 27 % av ulykkene i barriereanalysen.



**Figur 19 Dybdeanalyse av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning: Risikofaktorer vedrørende forhold ved kjøretøyet. Andel av ulykkene.**



**Figur 20 Dybdeanalyse av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning: Tiltak knyttet til vegen.**



**Figur 21 Dybdeanalyse av alvorlige møte- og utforkjøringsulykker på rettstrekning: Tiltak knyttet til kjøretøyet.**

## 6 Diskusjon og konklusjoner

Rapporten presenterer en risikomodell for vegtrafikk, her spesielt anvendt på møte- og utforkjøringsulykker, der barrierebegrepet utgjør et sentralt element. Det å ha et definert sett av barrierefunksjoner med tilhørende barrierer, som en dermed har et spesielt ansvar for med hensyn til oppfølging, anses som en viktig del av sikkerhetsarbeidet i flere bransjer, og en slik metodikk bør kunne bidra positivt til sikkerhetsarbeidet også innen vegtrafikk. Den foreslåtte risikomodellen etablerer et sett med barrierer (og risikopåvirkende faktorer, RPFer), som vi mener gir et godt utgangspunkt for en systematikk på dette området, og som med visse utvidelser og tilpasninger bør kunne anvendes i ulykkesgransking, planlegging og drift av veier.

### Risikomodell

En observasjon vi har gjort i denne studien er at det er vanskelig både å gi en god og klar definisjonen av begrepet *barriere* og å lage et klart skille mellom barrierebegrepet og RPF. Dette er nok en ganske allmenn observasjon. Vi registrerer at dette er en pågående diskusjon som mange ”sliter med”, også bl.a. i oljeindustrien, og at det ikke gis noe entydig svar på problemet, (se også Vedlegg 1).

Vi har valgt å legge oss nokså nær opp til den definisjon/bruk av barrierebegrepet som ble foreslått av Hollnagel (1999), og med små tilpasninger har vi også adoptert hans klassifisering av barrierer. Dette kan altså avvike noe fra begrepsbruken en finner andre steder. Det mest ”kontroversielle” er kanskje at vi inkluderer lovgivende og kontrollerende barrierer som en del av barrierebegrepet. Noen vil oppfatte disse tiltak/”barrierer” å være for generelle (dvs. ikke knyttet til noen spesifikke ulykkesscenarier) til at de kan betraktes som barrierer.

En bør derfor være åpen for å revurdere hvordan det er mest hensiktsmessig å inkludere lovgivende/kontrollerende tiltak, dvs. om disse skal få status som barriere. Innføring og håndheving av regler/lover er naturligvis meget relevante tiltak, spesielt for å bedre status på RPFene knyttet til fører; men det er ikke nødvendig å knytte (alle) til barrierebegrepet. Når det gjelder mennesket/føreren selv, mener vi at førerdyktighet osv. best beskrives som en RPF.

I en del tilfelle kan altså skillet mellom barriere og RPF diskuteres. I modellen er forskjellen beskrevet ved at barrieren har en konkret funksjon som bevisst er innført for å hindre ulykke, eventuelt redusere skade. De ulike RPF er derimot uansett ”til stede”, og deres tilstand vil påvirke risikoen.

En har lagt vekt på å etablere en helhetlig og komplett modell der en dekker og ser sammenheng mellom alle relevante faktorer; en har m.a.o. anlagt et MTO (Menneske/Teknologi/Organisasjons) perspektiv. Dette innebærer at vi også inkluderer risikopåvirkende aktører i modellen (Avsnitt 2.9). Men dette er nok et område der det kan være behov for å gå noe mer i dybden.

Ellers er den primære nytteverdien ved metodikken at den gir et enhetlig verktøy/begrepsapparat f.eks. til analyse av ulykker. En har forhåndsdefinert barrierer og RPFer som alle skal vurderes ved hver ulykke, og alle resultater i analysen relateres til dette begrepsapparatet. Dette gir gode muligheter til enhetlige fremstillinger/analyser (uavhengig av hvem som gjennomfører den). Analysene kan også sammenfattes på en relativt strukturert måte.

Når det gjelder innføring av begrepet barriere i risikomodellen og eventuelt i sikkerhetsarbeidet, mener vi det er nyttig at sentrale tiltak blir utpekt for nærmere vurdering/evaluering og krav til oppfølging, (og dermed får ”status” som barriere).

### **Bruk av modellen i ulykkesanalyse**

Metodikken er testet ut ved å analysere i alt 55 ulykker. Erfaringene er i hovedsak positive men gir grunnlag for å foreslå visse justeringer i metodikken, for eksempel

- Når det gjelder bruk/effekt av bilbelte/kollisjonspute osv, er det behov for en større detaljering i registreringen enn det som ble brukt. For å få mer håndfaste konklusjoner bør registreringen ned på individnivå: hva var til stede av beskyttelse, hva ble brukt av beskyttelse, hvor stor ble skaden.
- Når det gjelder ”vektingen” av barriere/RPF, når det gjelder henholdsvis ”betydning for ulykken”, ”forbedringspotensial”, og ”tilstand” er det muligens behov for en liten veiledende ”brukermanual” for å sikre mer ensartet vekting, og dermed sikre best mulig reproduserbarhet (uavhengighet av hvem som utfører analysen).

Vi bemerker også at denne type ulykkesanalyser i en viss forstand har en metodisk svakhet. Vi analyserer kun de ulykker som har alvorlige konsekvenser, og får ikke med de hendelser som forhindres (eller de ulykker som får sterk redusert konsekvens) pga eksisterende barrierer. Det er altså viktig å være oppmerksom på at vi kun analyserer ulykker med manglende/sviktende barrierer, og ikke ser på alle de situasjoner der barrierer virker i den forstand at de forhindrer alvorlige konsekvenser.

Hvis en skal vurdere effekten av gjennomførte tiltak vil det være behov for andre metoder; (bl.a. samle ulykkesdata før/etter at tiltak er gjennomført). Ved vurdering av eksisterende barrierer vil det videre være behov for bl.a. også å se på nestenulykker og utfall av mindre alvorlige ulykker.

Ellers er risikomodellen og den tilhørende metodikk for ulykkesgransking svært generell. Den vil kunne tilpasses til også å brukes for andre ulykkestyper (for eksempel kollisjon i kryss). Det vil være et noe annet sett av barrierer og RPFer, men prinsippet vil være det samme som vi her har for møte- og utforkjøringsulykker.

### **Resultat av ulykkesanalyse**

Når det gjelder barrierer (som ikke var til stede i de undersøkte ulykker) er det de følgende som peker seg ut som de som hadde størst ulykkeshindrende/konsekvensreducerende potensial; (her gis en ”score” i parentes, som er skalert slik at 10 representerer maksimal score):

- Midtrekkverk (10)
- Intelligente førerstøttesystemer som griper inn (8)
- Rekkverk mot sideterreng (8)
- Fjerning skadevoldende elementer i sideterreng (6)
- Alkolås (4)

Rene fysiske hinder (*midtrekkverk, rekkverk, fjerning av skadelige elementer*) kommer altså meget høyt på lista. Dessuten er *intelligente førersystem som griper inn* også vurdert som meget viktig. Også *alkolås* kommer forholdsvis høyt på lista for denne type ulykker.

Når det gjelder RPFer er det følgende som peker seg ut som de som har hatt størst negativ påvirkning av risikoen (”score” i parentes):

- Kjøremønster: fartsvalg etc. (10)
- Førerens tilstand: påvirket, trett (8)
- Førerdyktighet (7)
- Kjøretøyets innbygde (passiv) sikkerhet (5.5)
- Førerforhold, glatt: snø, is (4)
- Vegdesign (4)
- Kjøretøyets teknisk tilstand: vedlikehold (dekk) (4)

Her er førerens *kjøremønster, tilstand og dyktighet* altoverskyggende. Også bilens *passive sikkerhet og tekniske tilstand* kommer høyt opp. Ellers er *førerforhold* og *vegdesign* (for kurveulykker!) av betydning.

Videre gjennomføres en sammenlikning med resultatene fra en tidligere dybdeanalyse for alvorlige møte- og utforkjøringsulykker *på rettstrekninger*. En finner igjen flere av de samme hovedtrekk, bl.a. at førers kjøremønster/dyktighet og tilstand er den avgjørende RPF. En finner også visse forskjeller. Bl.a. er avsovning registrert som et atskillig større problem for rettstrekningensulykkene enn på kurveulykkene (som var basis for ”barriereanalysene”). På den annen side har ruspåvirkning vært en negativ faktor i atskillig større andel av ulykkene i kurve.

### **Forslag til videre arbeid**

Som antydnet over er det en del områder med mulig oppfølging. Vi nevner kort noen punkter med mulighet for videre arbeid.

Utvidelse av modellen for også å dekke:

- Redningsfasen/beredskap (”*post crash*”)
- Andre ulykkestyper
- Betydning/effekt av de ”risikopåvirkende aktører” (jfr. Avsnitt 2.9)
- Hvordan en kan evaluere/sette krav til barrierer (jfr. Vedlegg 3).

Raffinering av ulykkesmodell/metodikk ved å:

- Vurdere effekt av visse barrierer (evt RPF) på personnivå; f.eks. angi bruk av bilbelte og skadegrad for hver enkelt trafikant, (og ikke bare oppsummere totalbruken av bilbelte for de involverte i ulykken)
- Presisere tolkning av ”poeng-score” for de ulike barrierer/RPFer, for å gi bedre reproduserbarhet ved vurdering av status, viktighet osv. Evt. utarbeide en ”Brukermanual”.
- Lage et data-verktøy (f.eks. Excel, SPSS) for gjennomføring/sammenfatning av et større antall ulykkesanalyser.

Endelig kunne det være aktuelt å foreta en mer omfattende ulykkesanalyse, evt. foreta en *benchmarking* mot andre metodikker.

## 7 Referanser

- Broughton, J., 1996. A study of causation factors in car accidents. In Proceedings of the Conference Road Safety in Europe, Birmingham, United Kingdom, September 9-11, 1996. VTI-konferens, 7A, Part 4, 179-195. Linköping, Swedish National Road and Transport Research Institute.
- CCPS, 1993. Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes. ISBN 0-8169-0554-1, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York
- Fleming K.N., Silady F.A., 2002. A risk informed defense-in-depth framework for existing and advanced reactors. Reliability Engineering and System Safety. 78, 205-225.
- Giæver, Terje. 1999. Tiltak for reduksjon av strekningsulykker. Delrapport 1: Før-/etterundersøkelse av ulykkespunkter og strekninger med spesiell skilting. Rapport STF22 A99554, SINTEF Bygg og miljøteknikk, avd Samferdsel. April 1999.
- Giæver Terje, Sakshaug Kristian, Jenssen Gunnar D. og Berge Truls, 1999. Tiltak for reduksjon av strekningsulykker. Delrapport 2: Effekter av profilert vegmerking. Rapport STF22 A99553. SINTEF Bygg og miljøteknikk, avd Samferdsel. April 1999.
- Grime, G., 1987. Handbook of road safety research. London, Butterworths.
- Haddon, W., 1968. The changing approach to epidemiology, prevention and amelioration of trauma. American Journal of Public Health, 58(8), s.1431-1438.
- Hendrich, K. & Benner, L. Jr, 1989. Investigating Accidents with STEP. Marcel Dekker inc. New York.
- Hollnagel Erik, 1999. Accident Analysis and Barrier Functions, IFE.
- Hollnagel Erik, 2004. Barriers and Accident Prevention. Ashgate.
- IEC 61508. "Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic (E/E/PE) safety related systems", part 1-7, Edition 1.0 (various dates).
- ISO, 2000. Petroleum and natural gas industry – Offshore production installations – Guidelines on tools and techniques for identification and assessment of hazards, ISO 17776.
- Kjellén U., 2000. Prevention of Accidents Through Experience Feedback" ISBN 0-7484-0925-4, Taylor & Francis, London, UK
- Kjellén U. og Hovden, J., 1993. Reducing risks by deviation control – a retrospection into a research strategy. Safety Science, 16, s. 417-438
- Kjellén, U. og Larsson, T.J., 1981: Investigation accidents and reducing risks – a dynamic approach. Journal of Accidents, 3, s.129-140.

Moe, D., 1999. Dybdeanalyse av møte- og utforkjøringsulykker på rette strekninger i 80- og 90-soner med død eller alvorlig skade, rapp.nr. STF A99559, SINTEF Bygg og miljø, avd. Veg og samferdsel, Trondheim

Nordquist, S., 1988. Road safety technology. STU Information no 667-1988. Stockholm, Styrelsen för teknisk utveckling (STU).

Reason, J., 1997: Managing the Risks of Organisational Accidents. Ashgate.

OD (Oljedirektoratet), 2001a. Forskrift om styring i petroleumsforskriften (Styringsforskriften), fastsatt 3. september 2001, Oljedirektoratet.

OD, 2001b. Forskrift om utforming og utrusting av innretninger med mer i petroleumsvirksomheten (Innretningsforskriften), fastsatt 3. september 2001, Oljedirektoratet.

OD, 2002. Utvikling i risikonivå – norsk sokkel. Hovedrapport fase 2, Oljedirektoratet

Rumar, K., 1985. The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior. In Evans, L.; Schwing, R. C. (Eds): Human Behavior and Traffic Safety, 151-170. New York, NY, Plenum Press.

Sakshaug, Kristian, 1991. Vogntogulykker. En detaljanalyse av politiets saksdokumenter. SINTEF avd. Samferdselesteknikk. Rapport STF22 A.

Svenson, O., 1991. The accident evolution and barrier function (AEB) modell applied to incident analysis in the processing industries. Risk Analysis 11(3), 499-507.

Taylor, R.J., 1988. Analysemetoder til vurdering af våbensikkerhed. Glumsø, DK: Institute for Technical Systems Analysis.

Treat, J. R., 1980. A Study of Precrash Factors Involved in Traffic Accidents. The HSRI Research Review, 10, 6, and 11, 1, 1-35, 1980. University of Michigan, Highway Safety Research Institute.

Vatn, J. og Vaa, T., 1998. Sikkerhetsaspekter ved IT-anvendelser i transportsektoren, Intelligent Transport Systems - konferanse, arrangert av Statens vegvesen Vegdirektoratet, 26.-27. nov. 1998, Clarion Oslo Airport Hotel.

Vatn, J., m.fl., 1998. DIATS/WP600: Deployment of Interurban ATT Test Scenarios RO-96-SC.301 Deliverable 15: Assessment of the Safety Issues Relevant to the Deployment of ATT ([www.trg.soton.ac.uk/diats/D15.pdf](http://www.trg.soton.ac.uk/diats/D15.pdf)).

Wilde, G. J.S., 1982. The theory of risk homeostasis: implications for safety and health. Risk Analysis, 2, 209-225.

Wilde, G. J.S., 1986. Beyond the concept of risk homeostasis: suggestions for research and applications towards the prevention of accidents and life style related disease. Accident Analysis and Prevention, 18, 377-401.

Wilde, G. J.S., 1988. Risk homeostasis theory and traffic accidents: propositions, deductions and discussion of dissension in recent reactions. Ergonomics, 31, 441-468.

Wilde, G. J.S., 1994. Target Risk. Dealing with the danger of death, disease and damage in everyday decisions. Toronto, PDE Publications.



## Vedlegg 1 Bruk av barrierebegrepet i risikoanalyse

Det er naturlig å diskutere noen av de sentrale elementene som inngår i den foreslåtte modellen for analyse av møte- og utforkjøringsulykker. Et helt sentralt begrep i modelleringen er ordet ”barriere”, slik dette blir brukt i ulike risikoanalyser. Spesielt i kjernekraftindustrien og (offshore) petroleumsvirksomhet er dette blitt et viktig begrep. Det kan presiseres/utdypes på ulike måter, men diskusjonen rundt barrierer er nært knyttet til det å ha en gjennomført systematikk i risikoarbeidet. En skal både kjenne til og ha kontroll med risikoen. Ofte er dette også koplet til uttrykket ”forsvar i dybden” (dvs ha flere barrierer).

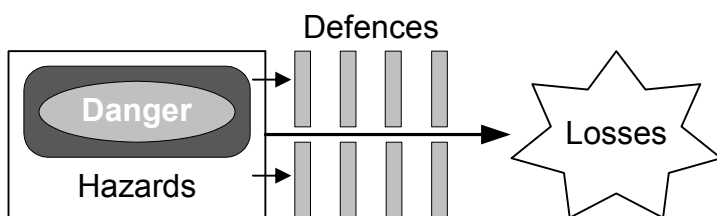
Et annet sentralt begrep i modelleringen vil være *risikopåvirkende faktorer* (RPF). En RPF representerer gjerne et (relativt stabilt) forhold som påvirker risikoen. Det er ikke alltid et klart skille mellom det mange vil kalle ”barriere” og ”risikopåvirkende faktor”. Siden vi i den foreslåtte modelleringen vil bruke begge begreper, må det foretas en avgrensning mht innhold i begrepene. Men her diskuteres først ulike tolkinger av begrepene, slik en kan finne dem i litteraturen.

### 1.1 Barrierebegrepet

Barrierebegrepet blir mye brukt i forbindelse med risikoanalyser, men det finnes likevel ingen enhetlig og allmenngyldig definisjon av begrepet. ”Barriere” kan altså ha en noe ulik betydning brukt av forskjellige miljø og utnyttet for ulike formål. I Vedlegg 1.2 (Tabell 18) gis noen definisjoner på barrierer slik de er presentert i ulik litteratur. Et fellestrekk i de ulike definisjonene av barriere er at det er knyttet til en fare (”hazard”) eller en hendelse. I et ulykkesforløp kan tilstedeværelsen av barrierer avgjøre om forløpet avsluttes med gjenoppretting av kontroll eller om det ender opp med skade på materiell og/eller person. Viktigheten av å skaffe bevissthet rundt alle former for slike tiltak er sentralt i barrieretenkingen.

#### *Barrierebegrepet hos Reason*

Litteraturen om barrierer refererer ofte til Reason (1997) selv om han bruker ordet ”forsvarsinnretninger” (*defences*), og bruker nok ordet ”barriere” i en noe snevrere betydning. Hans fremstilling er illustrert i Figur 22. Figuren viser at det opptrer et farlig forhold, og at hvis alle forsvarsinnretninger (*defences*) svikter, vil hendelsen resultere i et tap (*loss*).



**Figur 22 Sammenhengen mellom en fare, barrierer som svikter og tap (etter Reason, 1997)**

Reason påpeker at alle forsvarsinnretninger skal designes for å tjene en eller flere av følgende funksjoner:

1. Skape forståelse for og oppmerksomhet mot den lokale faren.
2. Gi rettledning mht hvordan å opptre sikkert.
3. Gi advarsel når faren er overhengende.
4. Gjenskape en sikker tilstand i en unormal situasjon.

5. Anbringe sikkerhetsbarrierer mellom faren og potensielle tap.
6. Demme opp for og eliminere faren dersom barrieren(e) svikter.
7. Skaffe midler for evakuering og berging dersom fareoppdemmingen mislykkes.

Som denne listen antyder (se pkt 5, 6), ser det ut som om Reason regner (sikkerhets)barrierer som én av flere mulige forsvarsinnretninger. Men mange vil bruke ordet barriere i en videre betydning (evt. sammenfallende med Reasons "forsvarsinnretninger").

### *Barrierebegrepet i petroleumsindustrien*

Barrierer er ikke noe nytt begrep innen petroleumsindustrien. Begrepet har imidlertid der ofte vært avgrenset til tekniske systemer eller rene fysiske barrierer (f.eks. brannvegger). I den nye styringsforskriften til Oljedirektoratet (OD, 2001a) rettes oppmerksomheten også mot tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementer som er nødvendig for at den enkelte barriere skal være effektiv. I §2 til OD's nye styringsforskrift fastslås:

- "Operatøren eller den som står for driften av en innretning, skal fastsette de strategiene og prinsippene som skal legges til grunn for utforming, bruk og vedlikehold av barrierer, slik at barrierenes funksjon blir ivaretatt gjennom hele innretningens levetid.
- Det skal være kjent hvilke barrierer som er etablert og hvilken funksjon de skal ivareta, samt hvilke krav til ytelse som er satt til de tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementer som er nødvendig for at den enkelte barriere skal være effektiv.
- Det skal være kjent hvilke barrierer som er ute av funksjon eller svekket.
- Den ansvarlige skal sette i verk nødvendige tiltak for å rette opp eller kompensere for manglende eller svekkede barrierer."

M.a.o. er det ikke nok å ha implementert barrierer. Det stilles følgende helt spesifikke *krav* til operatør/"ansvarlige":

1. Klargjør strategier og prinsipper for både design, bruk og vedlikehold av barrierer.
2. Ha kjennskap til hvilke barrierer som eksisterer og hvilken funksjon de har
3. Ha kjennskap til hvilke barrierer som (til enhver tid) er ute av funksjon
4. Initier tiltak for å reparere eller erstatte (kompensere for) manglende barrierer (dvs barrierer som er ute av drift).

For oljeindustrien vil det dermed bli naturlig å inkludere disse kravene i fremtidige risikoanalyser. Dette vil/bør også gjelde på andre områder hvor barrieretankegangen er en del av den risikoreduserende strategien.

Det er kanskje verdt å merke seg at disse kravene ikke synes å være spesifikke mht om/når operasjon kan fortsette hvis barrierer er svekket/mangler (jfr pkt 4). Styringsforskriften benytter imidlertid begrepet ytelse med hensyn til barrierer, og det er i veiledningen forklart på følgende måte: Ytelse kan blant annet være kapasitet, pålitelighet, tilgjengelighet, effektivitet, evne til å motstå laster, integritet og robusthet. I "Risikonivå norsk sokkel" (RNNS) (OD, 2002) er dette utdypet videre, idet ytelse av barrierer har følgende tre komponenter (jfr diskusjonen i Vedlegg 4):

1. Funksjonalitet / effektivitet, dvs. den effekt barrieren har på ulykkesforløpet, gitt at den er til stede (funksjonerer) som forutsatt i design
2. Tilgjengelighet / pålitelighet, dvs. barrierens evne til å være til stede ved behov (on demand)
3. Robusthet (invers av sårbarhet), dvs. barrierenes evne til å funksjonere under relevante (spesifiserte) ulykkesforløp og -laster.

Mange barrierer omtales gjerne som sikkerhetsfunksjoner. I Innretningsforskriften (OD, 2001b) stiller OD krav til sikkerhetsfunksjoner og fysiske barrierer. I § 7 om sikkerhetsfunksjoner står det at: ”Innretninger skal være utstyrt med nødvendige sikkerhetsfunksjoner som til enhver tid kan

- a) oppdage unormale tilstander,
- b) hindre at unormale tilstander utvikler seg til fare- og ulykkessituasjoner,
- c) begrense skadene ved ulykker.”

Til tross for vektleggingen av barrierekonseptet gir forskriftene ingen klar definisjon av begrepet. Denne mangelen på definisjon diskuteres i OD-prosjektet RNNS (OD, 2002), hvor man velger å benytte en definisjon som er gitt i standarden ISO 17776 (se vedlegg 1):

”Tiltak som reduserer sannsynligheten for å utløse en fares potensial for skade eller reduserer skadepotensialet.”

En barriere kan altså introduseres enten for å redusere sannsynligheten for ulykke og/eller redusere konsekvensen. Der fremheves i en note også at barrierer kan være både fysiske og ikke-fysiske: ”Barriers may be physical (materials, protective devices, shields, segregation, etc.) or non-physical (procedures, inspection, training, drills, etc.).” Med denne presiseringen blir barriere-begrepet meget vidt.

#### *Aktive vs passive barrierer*

Kjellén (2000) skiller mellom aktive og passive barrierer. Passive barrierer er innebygd i design av arbeidsplassen og er uavhengig av operasjonelle kontroll- og styresystemer. Aktive barrierer er avhengig av aksjon fra operatør eller et teknisk kontroll- og styresystem for å funksjonere som planlagt.

CCPS (1993) skiller tilsvarende mellom passive og aktive beskyttelseslag. Et passivt beskyttelseslag uskadeliggjør potensielle farer gjennom design-avgjørelser (valg av utstyr, layout på anlegg etc.). Et aktivt beskyttelseslag initierer spesielle handlinger idet en farlig hendelse kan inntreffe. Instrumentering er ofte en del av et aktivt beskyttelseslag. Dette innebærer samme forhold som i Kjelléns betraktninger: at aktive beskyttelseslag fordrer en aktiv reaksjon, mens passive beskyttelseslag ivaretar beskyttelsen ”automatisk”.

#### *Barrierebegrepet i kjernekraftindustrien og ”forsvar i dybden”*

Også kjernekraftindustrien har en lang historie i bruk av barrierebegepet, se f.eks. Fleming og Silady (2002) som diskuterer ulike tilnærminger. For disse forfatterne synes ”forsvar i dybden” å være det sentrale begrepet, og det er kanskje like fornuftig som å diskutere hva en skal legge i ordet ”barriere”.

Bl.a. referer forfatterne til skillet mellom

- ”struktur-skolen” (structuralist school) som legger vekt på at forsvar-i-dybden bygges inn i *regelverk*, og videre på at ”utførelsen” er i samsvar med dette regelverket.
- ”rasjonalist-skolen” (rationalist school) som er opptatt av at forsvar-i-dybden skal sørge for tiltak som skal kompensere for usikkerheten og mangel på en komplett forståelse av hvordan ulykker initieres og utvikler seg; (en forståelse som i hovedsak bygger på kvantitative risikoanalyser).

Dette er en meget aktuell diskusjon. I hvor stor grad skal bygge på en god ”struktur” (regelverk og håndhevelse av dette), og i hvor stor grad skal en forsøke å ta høyde for den usikkerhet (bl.a. manglende forståelse) som uansett vil være til stede.

Videre gir forfatterne en beskrivelse av *forsvar-i-dybden* som bygger på følgende tre hovedelementer:

- *Design*  
Reflekterer alle beslutninger som er gjort for å inkorporere forsvar-i-dybden i ”physical plant” (husk at forfatternes anvendelse er kjernekraftverk)
- *Prosess*  
Reflekterer alle beslutninger som er gjort for å formulere tilsynsmyndighetenes krav forbundet med ”licencing, operating, maintaining and inspecting”.
- *Scenario*  
Reflekterer utviklingen og vurderingen av strategier for å styre/håndtere ulykkesrisiko, inklusiv strategier for å forhindre ulykker og reduserer konsekvens av disse. Dette vil også gi et rammeverk for risikoanalyser som gjennomføres.

Igjen understreker en altså viktigheten av å skaffe seg kontroll med alle relevante midler for risikoreduksjon (totaliteten). Hvis disse elementene tilpasses vegtrafikk, vil dette også gi viktige innspill til trafikkmodellen.

## 1.2 Oversikt over definisjoner

Det er stor variasjon når det gjelder forståelse/bruk av barrierebegrepet. Til dels brukes begrepet i en *meget* vid tolkning; det dekker ”alt” som er relatert til sikkerhet. M.a.o. er det nært knyttet til tankegangen om ”forsvar-i-dybden”. Siden vi velger å integrere begrepet RPF i den totale risikomodellering er det helt nødvendig og foreta en innskrenking i hva vil skal kalle ”barriere”. Det vesentlige er imidlertid at vi fastholder ”totaltankegangen” og systematikken rundt tankegangen om ”forsvar-i-dybden”.

Tabell 18 under gir en oversikt over en del foreslåtte definisjoner av begrepet barriere i risikoanalyse.

**Tabell 18 Oversikt over definisjoner relatert til barrierer**

<b>Begrep</b>	<b>Definisjon</b>	<b>Kilde</b>
Barrier	Measure which reduces the probability of realizing a hazards's potential for harm and which reduces its consequence Note: Barriers may be physical (materials, protective devices, shields, segregation, etc.) or non-physical (procedures, inspection, training, drills, etc.)	ISO 17776: 2000
Barriere	Tiltak som reduserer sannsynligheten for å utløse en fares potensial for skade eller reduserer skadepotensialet	ISO 17776/ OD, 2002
Barrier	Barrier is anything used to control, prevent, or impede energy flows. Common types of barriers include equipment, administrative procedures and processes, supervision/ management, warning devices, knowledge and skills, and physical. Barriers may be either control of safety.	DOE, 1997
Barrier	A well barrier is an item that, by itself, prevents flow of the well reservoir fluids from the reservoir to the atmosphere	Holand/ Tallby
Barrier	A measure which reduces the probability of realising a hazards potential for harm and of reducing its consequences. Barriers may be physical, (materials, protective devices shields, segregation etc) or non - physical (procedures, inspection, training, drills)	NORSOK S-001
Defence	Various means by which the goals of ensuring the safety of people and assets can be achieved. Defence-in-depth means successive layers of protection	Reason, 1997
Defence in depth	Principle: To compensate for potential human and mechanical failures, a defence in depth concept is implemented, centred on several levels of protection including successive barriers preventing the release of radioactive material to the environment. The concept includes protection of the barriers by averting damage to the plant and to the barriers themselves. It includes further measures to protect the public and the environment from harm in case these barriers are not fully effective.	INSAG-12
Protection layer	Any independent mechanism that reduces risk by control, prevention or mitigation Note: It could be a process engineering mechanism such as the size of vessels containing hazardous chemicals, a mechanical engineering mechanism such as a relief valve, a safety instrumented system or an administrative procedures such as an emergency plan against an imminent hazard. These responses may be automated or initiated by human actions.	IEC 61511-1
Protection layer	Protection layers typically involve special process designs, process equipment, administrative procedures, the basic process control system (BCPS) and/or planned responses to imminent adverse process conditions; and these responses may be either automated or initiated by human actions.	CCPS, 1993
Sikkerhets-funksjoner	Fysiske tiltak som reduserer sannsynligheten for at en fare- og ulykkessituasjon oppstår, eller som begrenser konsekvensene ved en ulykke	OD, 2001b
Safety function	Function to be implemented by a SIS, other technology safety-related system or external risk reduction facilities, which is intended to achieve or maintain a safe state for the process, in respect of a specific hazardous event	IEC 61511-1
Sikkerhets-kritisk funksjon	Systemfunksjon, teknisk og/eller operasjonell aktivitet og/eller handling i jernbanevirksomheten som ved feil, uteblivelse, endret operasjonskarakteristikk inklusiv utilsiktet og/eller uautorisert aktivisering kan forårsake tap av menneskeliv eller alvorlig personskade Primære SKF vil være knyttet til de tekniske systemene på rullende materiell, kjøreveien og trafikkstyringen. Sekundære SKF vil være aktiviteter som gjøres for å vedlikeholde de SKF, f.eks. inspeksjonsprogram for hjulaksler, visitas av spor, ultralydmålinger med målevogn osv. Tertiære SKF vil være ulike styringssystemer for sikkerhet, vedlikehold, kostnadsoppfølging, mm.	Jernbanelilsynets forskrift av 23. des 1999
Sikkerhets-system	Et system som realiserer én eller flere aktive sikkerhetsfunksjoner	OD, 2001b
Essential safety system	Any system which has a major role in the control and mitigation of fires and explosions and in any subsequent EER activities	EN ISO 13702:1999
Redundancy	Use of multiple elements or systems to perform the same function; redundancy can be implemented by identical elements (identical redundancy) or by diverse elements (diverse redundancy)	IEC 61511-1
Redundancy	Existence of a means, in addition to the means which would be sufficient, for a functional unit to perform a required function of for data to represent information	IEC 61508-4 1998
Fault tolerance	Ability of a functional unit to continue to perform a required function in the presence of faults or errors	IEC 61508-4 1998

### 1.3 Barrieremodellen

Den totale "barrieremodellen" er basert på en prosessstanskegang, og den bygges rundt begrepene:

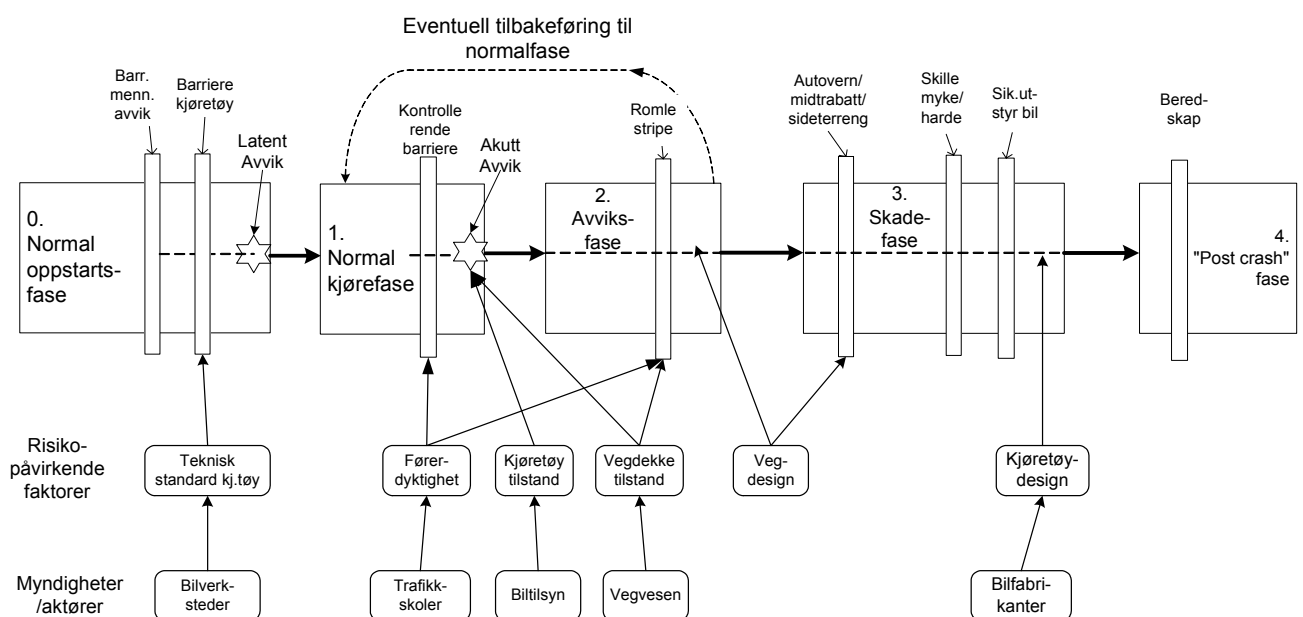
1. Ulykkesscenario med ulike "faser" (enten en helt spesifikk ulykke, eller et mer generisk scenario)
2. Avvik (og årsaker til disse); merk at avvik kan inntreffe som en plutselig hendelse under kjøring eller kan inntreffe allerede ved kjøringens start
3. Barriere (og barrierefunksjoner)
4. Risikopåvirkende faktorer, *RPF*
5. Tiltak
6. Risikopåvirkende aktører, (som også kan oppfattes som en viss kategori *RPFer*).

Barrieremodellen gir et felles rammeverk for å identifisere faktorer og sammenhenger som er av betydning for risikoen. Den kan være til støtte ved

- gjennomføring av risikoanalyser (f.eks. dokumentasjon av konkrete veiprojekt i forkant; evt. ved vurdering av eksisterende veianlegg)
- oppfølging/overvåking/kontroll av veisikkerhet på eksisterende veier; (bl.a. ved bruk av målbare indikatorer)
- analyse av trafikkulykker / ulykkesdata (bl.a. for å fremskaffe en mer informativ/eksplisitt statistikk med hensyn til effekt av barrierer og *RPFer*).

Hovedformålet vil normalt være å identifisere prioriteringer av tiltak. Den enkleste anvendelsen er analyse av trafikkulykker.

Figur 23 illustrerer kjernebegrepene i det vi vil omtale som barrieremodellen. Figuren viser "ulykkesprosessen" med relevante barrierer og *RPFer*, og antyder også hvordan en inkorporerer overordnede aktører (bakenforliggende forhold); se nederste del av figur. Dette bygger på Figur 5 representerer et alternativ til framstillingen i Figur 6.



**Figur 23** Skisse av barrieremodell med *RPFer*, som utgangspunkt for barrieranalyse. (NB: kun eksempler på barrierer, *RPFer* og myndighetspåvirkning.)

## Vedlegg 2 Kjøretøyteknologier som detekterer og avverger avvik

Utvikling av transport teknologi har i de senere årene blitt stadig mer synlig for forbrukerne og alminnelige trafikkanter. I kjølvannet av utviklingen innenfor informasjonsteknologi de siste 20 år har man begynt å se på hvordan anvende denne innenfor trafikk og transport. Utviklingen av intelligent trafikk teknologi begynner nå å gi resultater. Man har prototyper og eksempler på en rekke måter å forbedre dagens transportsituasjon på.

### *Adaptiv Cruise Control (ACC)*

En av mest utbredte sjåførstøttesystemer er adaptiv cruise-kontroll (ACC). Dette er et system som nå anvendes i kommersiell bilindustri i Europa, Asia og Nord Amerika. Teknologien bruker sensorer i kjøretøyet til å beregne avstanden til biler foran – og avpasser farten ut fra dette. Det er i utgangspunktet en utvidelse av den tradisjonelle cruise-kontrollen, hvorpå den hastigheten man velger blir tilpasset omgivelsene underveis. Nåværende ACC systemer er beregnet for høyere hastigheter som for eksempel på landeveiskjøring, men andre varianter er under utvikling; Stop&Go er en type ACC-system beregnet for lave hastigheter som ved køkjøring. Prinsippet er det samme, der sjåføren velger en gitt avstand til bilen foran (tid, meter) og systemet gjør at bilen 'henger seg på' i køen. ACC blir stadig utbredt i bilindustrien. Kjente merker som Mercedes, Jaguar, Renault, Mitsubishi, Toyota, Honda og Subaru har per i dag installert ACC på noen av toppmodellene sine.

### *Lane Departure Warning / Lane Keeping Assistance (LKA)*

I likhet med ACC stammer Intelligente Styringsystemer (IS) fra EU-prosjektet Promoteus. Der ACC regulerer kjøretøyets posisjon i lengderetningen i forhold til andre biler, er IS beregnet på kjøretøyets "side-posisjon" i veibanen. Det er hovedsakelig to varianter av slike styringsystemer, der den enkleste er at sjåføren får en varsling (alarm, rød lampe, vibrasjon) når kjøretøyet begynner å forlate veibanen. Deretter har man en mer omfattende løsning, der systemet aktivt griper inn og styrer kjøretøyet inn på veibanen igjen (eks Nissan Cima).

Et eksempel på slike systemer i dag er Nissan Cima fra Japan tilbyr et funksjonelt styringsystem hvor bilen leser veibanen og korrigerer retningen om den er på avveie. Bilindustrien i Europa har vist mer interesse for styringsystemer brukt på tyngre kjøretøy, der spesielt kollektiv trafikken er et satsningsområde. Eksempelvis kan kollektivfeltene merkes spesielt slik at busser med IS vil kunne trenge mindre plass i kjørebanelen da avvik fra eget kjørefelt blir minimalt.

### *System for sidehindringer (Side-obstacle warning systems/Lane-Change Assistance)*

Et system for varsling av objekter og hindringer på sidene av kjøretøyet er under utvikling. Et slikt system tar sikte på å gjøre sikkerheten under kjøring som involverer for eksempel skifte av fil på motorvei, manøvrering på små flater i lav fart, rygging. De prototypene som finnes i dag, er hovedsakelig tilpasset på kjøring på i høy fart og med filskifte. En prototype er utviklet av DaimlerChrysler hvor man kan utføre fullt automatiserte filskifter i fart. Mitsubishi Proudia (2000) har også et lignende system hvor man på dashbordet har et display som viser kjøretøyet ovenfra og omliggende biler vises. En alarm vil indikere når et objekt kommer for nært eller har en faretruende kurs.

Markedet for denne typen førerstøtte systemer er for det meste bestående av tyngre kjøretøy, for eksempel skolebusser, lasebiler og vogntog.

### **Systemer for kollisjonsvarsling**

Kollisjonsvarsling ligner tidligere nevnte ACC teknologi på den måten at det er rettet mot objekter foran kjøretøyet. Dette systemet har sensorer som er rettet mot ethvert objekt som er i konflikt med kjøretøyet bevegelse framover. Mulige konflikter gjelder både objekter som står stille (eks: stein i veibanen, parkerte kjøretøy) og de som er i bevegelse (eks: andre kjøretøy i fart, saktegående kjøretøy). I likhet med system for sidehindringer er kollisjonsvarsling mest utbredt blant tyngre kjøretøy, men det jobbes aktivt med å utvikle løsninger for personbil også. Det foreløpige arbeidet er rettet mot å integrere dette systemet med andre, f.eks. ACC.

### **Kollisjonsvarsling i veikryss (*Intersection Collision Warning / ICW*)**

Hovedfokus for et denne typen systemer er trafikksituasjoner typiske for veikryss, der biler møter hverandre på samme veiflate. Teknologien kommer til anvendelse i urbane trafikkmiljøer (trafikklys, rundkjøringer) og i mer rurale omgivelser (almennelige kryss uten lys eller annen regulering). Nåværende eksempler på slike systemer finner vi i Japan. Prosjektet *SmartCruise* demonstrert i 2001 viste systemet operativt med tre sentrale egenskaper, nemlig å varsle kollisjoner i kryss (der biler starter / stopper), Kollisjon ved svinging og kollisjon mellom bil og fotgjengere.

### **Systemer for lavhastighets-manøvrering.**

Så tidlig som 1989 hadde VW en prototyp av et kjøretøy utstyrt med lasersensorer som gjorde det i stand til å parkere automatisk. Dette systemet ligner på *Stop&Go* (jmf. 2.1) i det at de begge er egnet til kjøring i lave hastigheter med korte avstander til omliggende objekter eller kjøretøy. Det er hovedsakelig parkering som har vært anvendelsesområdet så langt. Teknologien til grunn for dette har vært flere; radar, videokameraer, lasere. Nåværende forskningsbestrebelse går i retning av å utvide rekkevidden på sensorene og derved utvide anvendelsesområder.

### **Nattsyn**

Blant europeiske bilprodusenter og forskningsmiljøer har man jobbet en del med ”nattsyn”-systemer, dvs å utvide synsfeltet til sjåføren under dårlige / fraværende lysforhold. Det er to metoder for dette som er prøvd ut: Infrarødt kamera med aktiv IR belysning og infrarødt kamera sensitivt for varme. Det har vist at grensesnittet mot sjåføren også er en utfordring. Implementeringen har derfor vært krevende. Den vanligste løsningen har vært en skjerm på eller i dashbordet. I Europa har de kommersielle interessene uteblitt, mens forskningen er aktiv på slike systemer. I USA har bilprodusenten Cadillac integrert et nattsyn-system på modellen *DeVille* som har slått an blant konsumentene. Systemet er implementert via en skjerm og har ingen alarmer eller annen respons i tilfelle uventede objekter dukker opp.

### **Intelligent fartstilpasser / *Intelligent Speed Adaptor (ISA)***

En intelligent fartstilpasser er rettet mot å hjelpe sjåføren finne rett fart i forhold til gjeldende fartsgrenser og vær- og føreforhold. Systemet kommer i tre varianter der man i første variant får et varsel i form av lys og/eller lyd når anbefalt fart overskrides. Den andre varianten har en haptisk feedback ordning, dvs. at gasspedalen yter mottrykk og presser foten tilbake inntil farten er adekvat. Sjåføren kan overstyre systemet ved å opprettholde trykket på gasspedalen. Tilsist kommer ISA som et lukket system, der man ikke har mulighet til å overstyre den fartsgrensa som er satt.

Til grunn for fartsgrensa som ISA systemet følger er et navigasjonssystem som mottar anbefalt fart eksternt. Dette kan gjøres via GPS eller lokale kommunikasjonssystemer. Fordelene med ISA systemet er at det kan ta høyde for dynamiske trafikkforhold som for eksempel vær og tetthet av kjøretøy på veien. Ved kollektiv regulering av fart fra sentralt hold vil trafikkontroll lettere utøves.



**Automatiserte kjøretøy**

De ulike teknologiene byr på forskjellige egenskaper som til sammen muliggjør fullt automatiserte kjøretøy. Den teknologien man har til rådighet kan utføre de fleste av kjøreoperasjoner en sjåfør gjør, og ved å kombinere disse kan man i prinsippet lage kjøretøyer hvor sjåføren kun setter destinasjonen – og bilen gjør resten. En annen løsning er at et manuelt styrt kjøretøy får 'hengt på' automatiserte kjøretøy, slik at man lager 'tog' av kjøretøy. De automatiserte kjøretøyene følger hverandre og det manuelle kjøretøyet ved sensorer og intelligente styresystemer.

**Framtiden**

Ut fra interessen for intelligente kjøresystemer kan man forvente en rask utvikling på området. Etter hvert som kommersielle aktører integrerer slik teknologi i sine modeller økes de økonomiske insentivene for videre utvikling. Samtidig ser man et potensial til veiøkonomiske besparelser i form av bedre utnyttelse av nåværende veinett og økt sikkerhet som er i samsvar med målsetninger nedfelt i Nullvisjonen. I hvilken grad man ender opp med fullt automatiserte kjøretøy er usikkert, men man vil med all sannsynlighet få en delvis integrasjon av intelligente kjøresystemer. Mye vil avhenge av hvordan trafikantene opplever en slik utvikling og hvilke systemer de føler seg komfortabel med.

### Vedlegg 3 Evaluering av barrierer

På et grovt nivå kan en si at en barriere skal vurderes ut fra sin evne til å redusere sannsynlighet og/eller konsekvens av ulykker. Hvis en skal gå litt nøyere inn på effekten av en barrierer kan en se på visse krav til barrierekvaliteten. I Tabell 19 er det listet noen slike krav (basert på Hollnagel 1999, som også referer videre til Taylor, 1988). Merk at også RNNS prosjektet (OD 2002) referer til liknende kriterier for vurdering av ytelsen til en barriere (se Vedlegg 1). I Tabell 19 formuleres følgende kriterier for hvordan sikkerhetsbarrierer i vegtrafikken kan evalueres

- *Kompletthet / effektivitet*, dvs. barrierens evne til å ha virkning for alle typer hendelser.
- *Pålitelighet / tilgjengelighet*, dvs. sannsynligheten for at barrieren vil være ”aktiv” når det er behov for den; (utilgjengelighet pga forglemmelse/-uoppmerksomhet av trafikant er inkludert her).
- *Robusthet*, dvs. barrierens evne til å motstå unormale/uventede belastninger, (inkludert bevisst ”sabotering” fra trafikant).
- *Målrettethet*, dvs. at barrieren ikke har uønskede konsekvenser eller bieffekter.
- *Ressursbehov*, dvs. kostnader og tid for å etablere og vedlikeholde barrieren.

Det er et omfattende arbeid å foreta en skikkelig evaluering av de foreslåtte trafikbarrierer ut fra slike kriterier. Imidlertid er det nyttig å tenke igjennom disse punktene, og som innspill til videre arbeid/diskusjoner har vi gjort en foreløpig/begrenset vurdering. Kanskje er prosessen med å gjennomføre en slik vurdering viktigst.

Vi har brukt poengskalaen: 1, 2, 3, 4, der 1 = Lav/dårlig og 4 = Perfekt (dermed er også 3 en høy score). Vurderingene er i gitt i forhold til barrierens *funksjon*. Vurderingene er gjengitt i Tabell 20, der de enkelte poeng står ukommentert. De gitte poengene kan naturligvis i høyeste grad diskuteres, men vi ønsker å peke på verdien av å foreta slike kvalitetsvurderinger. Merk at ressursbehovet for de ulike barrierene er *ikke* vurdert nå, da dette ikke har vært et tema i denne studien.

Lovgivende /kontrollerende barrierer er noe spesielle, og vi angir kort litt av argumentasjonen:

- Kompletthet gis ”poeng” 4 hvis både lov og kontroll gjelder for alle kjøretøy/trafikanter på norske veier; men kun 3 når regelverket ikke på samme måte gjelder for eksempel for utenlandske kjøretøy/førere(?).
- Pålitelighet settes stort sett høy (primært 3), da vi her snakker om velkjente og enkle regler; det er stor sannsynlighet for at trafikant kjenner og husker disse.
- En har satt forholdsvis lav robusthet (2), spesielt fordi disse barrierer krever aktiv oppfølging av trafikantene, (de kan enkelt ”saboteres”).
- Vi antar at det er minimalt med negative effekter av disse barrierer, og setter 4 på dette punktet.

Ut fra dette bør de lovgivende/kontrollerende barrierene helst brukes i kombinasjon med tilsvarende barrierer med høy robusthet. Dette er en utvikling som nå så vidt er i gang ved innføring av funksjonsbarrierer.

Vi vil også påpeke at disse poengene ikke sier alt om barrierenes viktighet, men kun uttaler seg om deres evne til å utføre barrierefunksjonen. Noen funksjoner med tilhørende barriere(r) har større evner til å forhindre ulykker, og må oppfattes som viktigere enn andre, og dette fremkommer/vurderes i forbindelse med ulykkesgranskingene.

**Tabell 19 Kvalitetskriterier for (trafikk)barrierer (tilpasset etter Hollnagel 1999)**

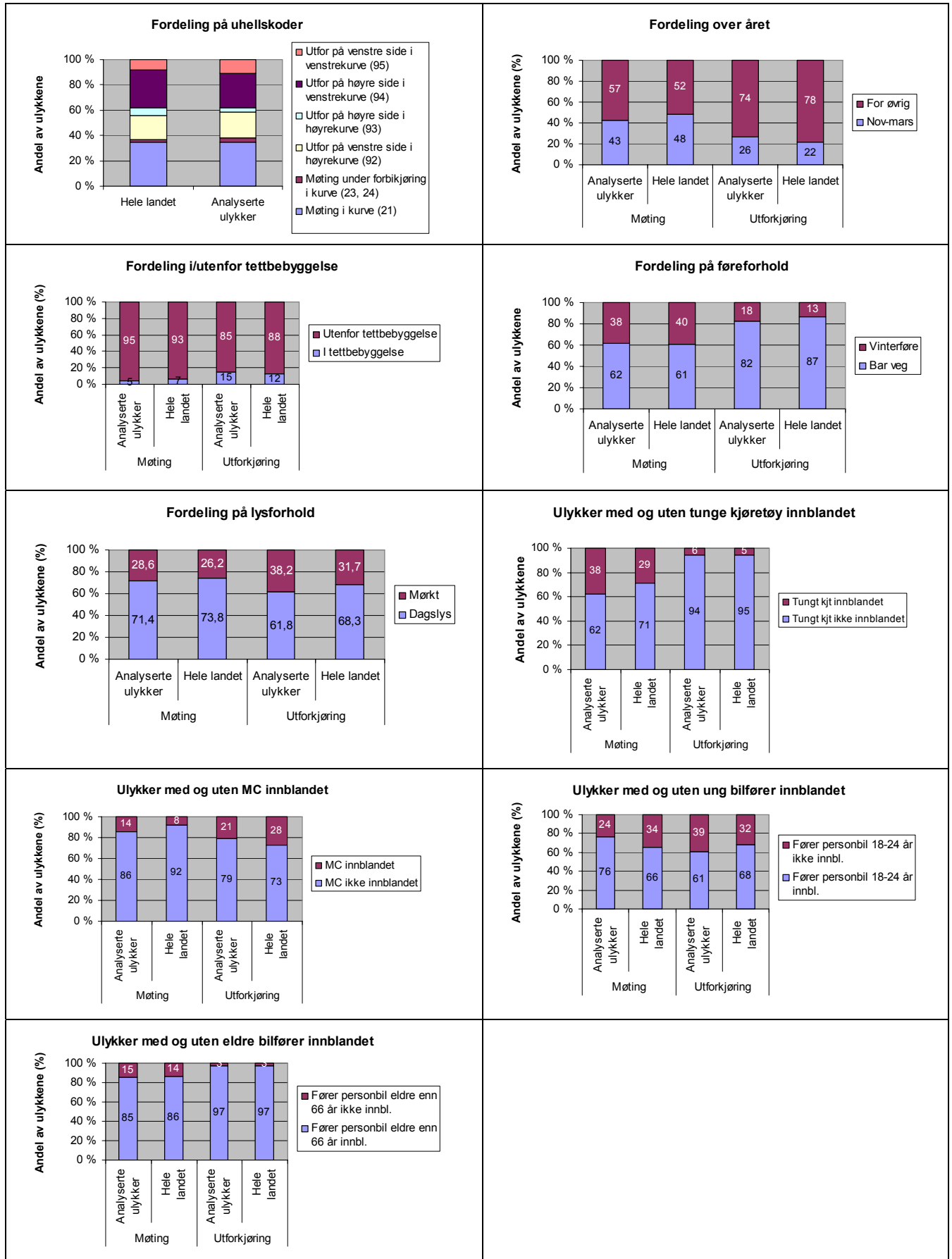
Kvalitetskriterium	Spesifisering
Kompletthet/ Effektivitet / Kapasitet	<p>Vurder barrierens evne til generelt å ivareta sin (sikkerhetskritiske) barrierefunksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Skal være virksom for alle typer hendelser der barriere-funksjonen er relevant; (<i>"within design basis"</i>).</li> <li>- Skal virke for enhver type veg, for alle kjøretøy og alle førere/passasjerer på norske veier.</li> <li>- Skal ha tilstrekkelig kapasitet, (for eksempel til å håndtere alle kjøretøy til enhver tid).</li> <li>- (Skal også møte krav satt av aktuelle standarder og regelverk.)</li> </ul>
Pålitelighet / Tilgjengelighet	<p>Høy pålitelighet sier noe om sannsynligheten for at barrieren virker (uten å iverksette spesielle tiltak som vedlikehold). Høy tilgjengelighet oppnås ved å ha høy pålitelighet kombinert med tilstrekkelig ettersyn/-vedlikehold. Relevante spørsmål:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vil virkemåten kreve aktiv handling (innkopling) av trafikant/fører (og som dermed kan glemmes?)</li> <li>- Vil virkemåten være avhengig av å utøve godt skjønn, (for eksempel kontroll av hvem som skal få lov til å ha førerkort)?</li> <li>- Er virkemåten avhengig av egen kraftforsyning?</li> <li>- Vil virkemåten kreve inspeksjon/kontroll/oppfølging, og ikke minst: er dette enkelt å utføre, og kan en forvente at det vil bli utført?</li> <li>- Har aktive barrierer (som ikke er i kontinuerlig bruk) innlagt selvtest, blir de evt. testet regelmessig?</li> <li>- Vil barrieren svekkes med alder?</li> </ul>
Robusthet	<p>Bl.a. er følgende faktorer relevante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Barrierens evne til å motstå (også virke under) spesielle naturforhold, for eksempel oversvømmelse, spesielle føreforhold, osv.</li> <li>- Barrierens evne til å motstå uønskede hendelser som for eksempel brann, eller (langtids)effekt av tidligere uhell/ulykker.</li> <li>- Barrierens evne til å motstå en bevisst vilje til å sabotere barrieren. (Er det m.a.o. enkelt å bevisst "kople ut" barrieren.)</li> <li>- Barrieren settes ikke ute av spill som følge av at en annen barriere aktiveres. (Og er ikke avhengig av at annen barriere virker.)</li> <li>- I kombinasjon med annen barriere (som har samme funksjon), skal barrierene ikke være utsatt for fellesfeil.</li> </ul>
Målrettethet/ Uten bieffekter	<p>Det vurderes om aktivering/bruk av barrieren har uønskede</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- konsekvenser, for eksempel øker sannsynlighet for noen type ulykke;</li> <li>- bieffekter, for eksempel redusert dyktighet eller mindre aktpågivenhet hos fører. (Med tanke på risiko-kompensasjon kan altså flere tiltak få et minus her.)</li> </ul> <p>En bør også gi pluss for eventuelle positive bieffekter; (dvs effekter som ikke er knyttet til den definerte barrierefunksjonen).</p>
Ressursbehov	Kostnader og tid forbundet med etablering og vedlikehold av barrieresystemet

**Tabell 20. Vurdering av trafikkbarrierer (for møte-og utforkjøringsulykker)**

Type	Barriere	Kvalitetskriterium				
		Komplett./ Effektiv.	Pålite- lighet	Robust -het	Uten bieffekt	Ressurs- behov
<b>Fysiske barrierer</b>						
Veg	B111 Rekkverk mot sideterreng	3	4	4	3	-
	B112 Midtrekkverk	3	4	4	3	-
	B113 Vegskulder	3	3	3	3	-
	B114 Fjerning skadelige elementer i sideterreng	2	2	3	3	-
	B115 Vegbelysning	4	3	3	3	-
	B116 Vegbredde stor nok til møting	4	4	4	3	-
Kjøretøy	B121 Bilbelte / barnesikring	2	3	2	3	-
	B122 Kollisjonspute	2	3	3	3	-
<b>Funksjonsbarrierer</b>						
Kjøretøy	B211 Alkolås	3	3	2	3	-
	B212 Elektronisk førerkort	3	3	3	3	-
	B213 Startsperrre når kj.t. ikke i forsvarlig stand	3	3	3	3	-
	B214 Intelligente førerstøttesystemer som griper inn (ESB)	3	3	3	3	-
<b>Varslende barrierer</b>						
Veg	B311 Profilert vegmerking	2	3	2	4	-
	B312 Annen vegmerking (inkl. kantstolper etc)	2	3	2	4	-
	B313 Skilting (som er relevant)	2	2	2	3	-
Kjøretøy	B321 Intelligente førerstøttesystemer som varsler	3	3	2	3	-
	B322 Varsellampe/alarm dersom defekt kjøretøy o.l.	2	3	2	3	-
Fører	B331 Varsel ved tretthet	2	3	2	3	-
<b>Lovgivende og kontrollerende barrierer</b>						
Veg	B411 Vegnormaler	3	3	4	4	-
Kjøretøy	B421 Spesifikke krav til kjøretøy	3	2	2	4	-
	B422 Teknisk kontroll av kjøretøy	3	2	2	4	-
Fører	B431 Spesifikke krav til førerkort, og kontroll av dette	3	3	2	4	-
	B432 Lovregulering og kontroll av førers hviletid	4	3	2	4	-
	B433 Lovregulering av kjøretøys fart; fartskontroll	4	3	2	4	-
	B434 Lovregulering og kontroll av førers promillegrense/bruk av rusmidler	4	3	2	4	-

#### **Vedlegg 4 Representativitet til de analyserte ulykker**

Tabellen på neste side illustrerer i hvilken grad de analyserte ulykker er representative for ulykker på landsbasis



**Figur 24 Representativiteten for analyse materialet sett i forhold til alle alvorlige politirapporterte ulykker på landsbasis 1999-2000**

## Vedlegg 5 Ulykkesanalysen: Personsikring

Som nevnt i Kapittel 4 gir ulykkesanalysen gjennomført her noe mangelfull informasjon om effekt av bilbelte, kollisjonspute osv. Vi gjengir derfor en del data fra SSBs ulykkesregister for å supplere bildet. Data gjelder for de samme ulykker som vi har analysert.

Første tabell viser skadegrad for ulike bruk av beskyttelse. En har i statistikken skilt mellom fører/passasjerer i bil og førere/passasjerer på motorsykkel/moped. For motorsykkel/moped er det en klart større skadegrad (alle drepte) for de som ikke har beskyttelse, men materialet er ikke spesielt stort.

**Data fra SSB's ulykkesregister. Antall ulykker med ulik skadegrad og beskyttelse.**

Type trafikanter	Skadegrad	Beskyttelse					Sum
		Ingen	Bilbelte	Kollisjonspute	Hjelm	Uoppgitt	
Fører/pass. bil	Drept	5	11	0		11	27
	Meget alvorlig	1	2	0		2	5
	Alvorlig	2	7	0		18	27
	Lettere skadd	7	11	1		16	35
	Uskadd	3	6	0		12	21
	Skadd, ukj. grad	0	0	0		2	2
	<i>Sum</i>		18	37	1		61
Fører/passasj. mc/mop.	Drept	3			6	2	11
	Meget alvorlig	0			2	0	2
	Alvorlig	0			2	1	3
	<i>Sum</i>	3			10	3	16

I neste tabell ser en at minst én i bilen var usikret i 27 % av tilfellene, mens det tilsvarende tall for motorsykkel/moped var 16 %.

**Andel av ulykkene med minst en uten beskyttelse**

Type trafikanter	Andel av ulykkene
En eller flere <i>i bil</i> usikret	27 %
En eller flere <i>på moped/motorsykkel</i> uten hjelm	16 %