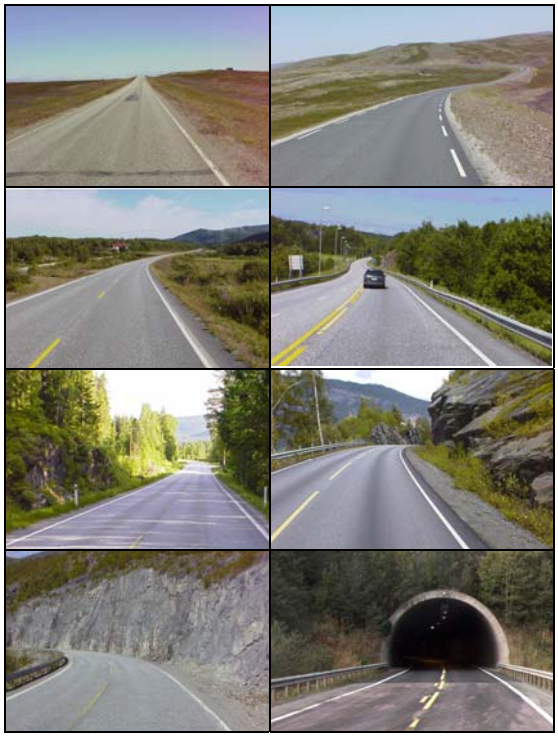
STF50 A07011 –Åpen

RAPPORT



Vegens sideområde: Betydning for ulykkesfrekvens og skadekostnad

Kristian Sakshaug, Thomas Engen, Lone-Eirin Lervåg, Terje Lindland og Ingvild Ytrehus

www.sintef.no

SINTEF Teknologi og samfunn

Transportsikkerhet og -informatikk

Februar 2007

SINTEF

SINTEF RAPPORT

SINTEF Teknologi og samfunn
Transportsikkerhet og -informatikk

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Klæbuveien 153
Telefon: 73 59 46 60
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

TITTEL

Vegens sideområde:
Betydning for ulykkesfrekvens og skadekostnad

FORFATTER(E)

Kristian Sakshaug, Thomas Engen, Lone-Eirin Lervåg, Terje Lindland og Ingvild Ytrehus

OPPDRAGSGIVER(E)

Staten vegvesen, Vegdirektoratet

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
STF50 A07011	Åpen	Richard Muskaug	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen	978-82-14-04141-5	223180	75/4
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
SINTEF_RAPPORT_sideområde_V3.doc		Kristian Sakshaug	Arvid Aakre
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
223180	2007-02-14	Ragnhild Wahl, fungerende forskningssjef	

SAMMENDRAG

Hovedmålsettingen med prosjektet har vært å systematisere og øke kunnskapene om sideområdets betydning for å redusere antall trafikkulykker, og studere hvordan sideområdet kan utformes for å begrense skadeomfanget når uhell oppstår.

Prosjektet har bestått av 5 deler:

1. Litteraturundersøkelse
2. Ulykkesanalyse basert på ulykkesdata fra STRAKS-ulykkesregisteret
3. Detaljanalyse av utforkjøringsulykker hvor det er oppgitt at sidehinder er påkjørt. Kartlegging av i hvilken grad sidehinderet har vært medvirkende til skadens alvorlighetsgrad.
4. Studie av hvordan vegens sideområde påvirker ulykkesrisiko og skadekostnad på strekninger med ulik geometrisk utforming.
5. Betydning av kantlinjens plassering innenfor en gitt asfaltert vegbredde.

Resultatene fra de ulike delene av prosjektet viser med tydelighet at utforming av vegens sideområde har stor betydning for ulykkesrisikoen og ulykkenes alvorlighetsgrad. Særlig har undersøkelsen dokumentert risikoen forbundet med forekomsten av hindre i sideterrenget. På strekninger med ugunstig sideterreng (fjellskjæringer uten rekkverk etc.) vil en utbedring av dette gi en betydelig reduksjon i skadekostnader.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Samferdsel	Transport
GRUPPE 2	Trafikksikkerhet	Traffic Safety
EGENVALGTE	Veg	Road
	Sideområdet	Roadside area
	Tiltak	Countermeasures

FORORD

Utforkjøringsulykker utgjør ca 35 % av alle ulykker med drepte eller hardt skadde. Det ligger derfor et stort sikkerhetspotensiale i riktig utforming av vegens sideområde i forhold til både ulykkesrisiko og skadegrad. Slik er dette også viktig i forhold til de målsettinger som følger av Nullvisjonen.

Formålet med prosjektet har vært å systematisere og øke kunnskapene om sideområdets betydning for ulykkesfrekvens og skadekostnad, og særlig studere hvordan sideområdet bør utformes for å begrense skadeomfanget når uhell oppstår.

Prosjektet har bestått av 5 deler:
1. Litteraturundersøkelse
2. Ulykkesanalyse basert på ulykkesdata fra STRAKS-ulykkesregisteret
3. Detaljanalyse av utforkjøringsulykker hvor det er oppgitt at sidehinder er påkjørt. Kartlegging av i hvilken grad sidehinderet har vært medvirkende til skadens alvorlighetsgrad
4. Studie av hvordan vegens sideområde påvirker ulykkesrisiko og skadekostnad på strekninger med ulik geometrisk utforming.
5. Betydning av kantlinjens plassering innenfor en gitt asfaltert vegbredde.

Oppdragsgiver har vært Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Kontaktperson der har vært sjefingeniør Richard Muskaug. Prosjektet inngår i etatsprosjektet "Nullvisjonen".

Ved SINTEF har seniorforsker Torgeir Vaa vært prosjektleder fram til årsskiftet 2003/2004 og deretter seniorforsker Kristian Sakshaug. Sistnevnte har også skrevet denne rapporten og gjennomført data-analysene i del 2-5. Øvrige prosjektmedarbeidere ved SINTEF har vært: Terje Lindland som har gjennomført litteraturundersøkelsen, sivilingeniør Ingvild Ytrehus som har analysert ulykkene i del 3, forsker Lone-Eirin Lervåg som har deltatt i datainnsamlingen i del 4 og sivilingeniør Thomas Engen som har hatt ansvaret for gjennomføring av simulatorstudien (del 5) sammen med seniortekniker Tove Moe.

Trondheim 14. februar 2007

Ragnhild Wahl

Ragnhild Wahl
Fungerende forskningssjef

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD **3**

INNHOLDSFORTEGNELSE **5**

SAMMENDRAG **7**

SUMMARY **10**

1 INNLEDNING **13**
1.1 Formål og bakgrunn 13
1.2 Oversikt over de ulike deler av prosjektet 13

2 LITTERATURUNDERSØKELSE **14**
2.1 Metode 14
2.2 Oppsummering av resultater 14

3 ANALYSE AV ULYKKESSTATISTIKK **16**

4 SIDEHINDRENES BETYDNING FOR ULYKKENES ALVORLIGHETSGRAD - DETALJSTUDIUM **19**
4.1 Formål og metode 19
4.2 Datamaterialet 19
4.3 Resultater 21
4.4 Oppsummering 24

5 INNVIRKNING AV SIDETERRENGET PÅ ULYKKESFREKVENS OG SKADEKOSTNAD PÅ STREKNINGER **26**
5.1 Datamaterialet 26
5.2 Metode 31
5.2.1 Analysene 31
5.2.2 Klassifisering av sideterrenget 35
5.3 Resultater 38
5.4 Innvirkning av sideterrenget på ulykkesfrekvens og skadekostnad på strekninger – Oppsummering 42

6 BETYDNING AV KANTLINJENS PLASSERING – EN SIMULATORSTUDIE **43**
6.1 Innledning 43
6.2 Gjennomføring av simulatorkjøringene 44
6.3 Resultater 45
6.4 Sammenligning med resultater fra feltstudien 49
6.5 Betydning av kantlinjens plassering – Oppsummering 51

7 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER **52**

8 ANBEFALINGER **55**

LITTERATURLISTE **56**

Vedlegg 1: Detaljstudiens representativitet 57

Vedlegg 2: Bivariate korrelasjonskoeffisienter mellom forklaringsvariable i de flervariable analysene. 63

Vedlegg 3: De avhengig variables tilpassing til en negativ binomialfordeling 67

Vedlegg 4: Resultater av flervariable analyser 71

SAMMENDRAG

Hovedmålsettingen med prosjektet har vært å systematisere og øke kunnskapene om sideområdets betydning for å redusere antall trafikkulykker, og studere hvordan sideområdet kan utformes for å begrense skadeomfanget når uhell oppstår. *Med vegens sideområde menes her "alt" som ligger utenfor kantlinja, det vil si både skulder og sideterreng.*

I trafikksikkerhetsmessig sammenheng vil *skulderen* ha følgende funksjon:

- Gi mulighet for sikrere nødstopp
- Gi økt mulighet for førere å gjenvinne kontroll over kjøretøyet etter tapt kontroll
- Være et tilbud for myke trafikanter som ferdes langs vegen

I forhold til de funksjonene som er nevnt ovenfor vil både bredden og dekkets beskaffenhet være avgjørende for den effekt som oppnås.

Dersom en utforkjøring først skjer vil *sideterrengets* beskaffenhet være avgjørende for skadens alvorlighet. Det gjelder både utforming av skråninger/grøfter, rekkverk og forekomsten av hindre som trær, stolper, fjelllskjæringer etc.

Utforkjøringsulykker utgjør ca 35 % av alle ulykker med drepte eller hardt skadde. Det ligger derfor et stort sikkerhetspotensiale i riktig utforming av vegens sideområde i forhold til både ulykkesrisiko og skadegrad. Slik er dette også viktig i forhold til de målsettinger som følger av Nullvisjonen.

Prosjektet har bestått av 5 ulike deler:

1. Litteraturundersøkelse
2. Ulykkesanalyse basert på ulykkesdata fra STRAKS-ulykkesregisteret
3. Detaljanalyse av utforkjøringsulykker hvor det er oppgitt at sidehinder er påkjørt. Kartlegging av i hvilken grad sidehinderet har vært medvirkende til skadens alvorlighetsgrad
4. Studie av hvordan vegens sideområde påvirker ulykkesrisiko og skadekostnad på strekninger med ulik geometrisk utforming.
5. Betydning av kantlinjens plassering innenfor en gitt asfaltert vegbredde.

Resultatene fra de ulike deler av prosjektet er oppsummert nedenfor.

Gjennom *litteraturundersøkelsen* ble effektive trafikksikkerhetstiltak knyttet til vegens sideområde, funnet å være:

- Profilerte og freste kantlinjer.
- Utflating av fyllingsskråninger og avrunding av fyllingstopp.
- Anlegge/øke bredden på skulder
- Fast dekke på skulder
- Oppsetting av rekkverk og bruk av ettergivende rekkverk.
- Oppsetting av støtputer.
- Riktig plassering og utforming av belysningsstolper og lignende.
- Utføre systematisk siktrydding.
- Fjerne faste hindre i sideområdet.

Analysen av data fra STRAKS-ulykkesregistert viste at nesten 1/4 av alle drepte og hardt skadde i trafikkulykker har sittet på/i et kjøretøy som har kjørt på et hinder. De aller fleste av disse ulykkene har vært utforkjøringsulykker. I detaljanalysen kom det frem at i over 80 % av disse ulykkene hadde et hinder i vegens sideområde (sidehinder) ført til en forverring av skadens alvorlighet. Ut fra dette kan vi anslå at det hvert år skjer mellom 140-190 utforkjøringsulykker med drept eller hardt skadd hvor påkjøring av sidehinder har vært medvirkende til skadens alvorlighet.

Vegens sideområde og særlig skulderens bredde og beskaffenhet, vil også ha betydning for ulykker der fotgjengere og syklister som ferdes langs vegen blir påkjørt. Myke trafikanter påkjørt ved ferdsel langs veg og hardt/skadd drept, utgjør mellom 3 og 4 % av alle drepte og hardt skadde trafikanter. Halvparten blir påkjørt utenfor tettbygd strøk, og det er omtrent like mange gående som syklister (data fra STRAKS-ulykkesregisteret).

De følgende resultatene bygger på de ulykkene hvor et sidehinder har ført til en forverring av skadeomfanget (64 ulykker):

- 41 % av hindrene har vært stein/fjell og 31 % trær, til sammen utgjør dette ca ¾ av hindrene.
- I 3 % av ulykkene (=2 ulykker) har motorsyklist blitt skadet mot rekkverk
- 49 % av hindrene har stått nærmere enn 3 meter fra kjørebanekant og 13 % har stått mer enn 8 meter unna
- I forhold til sikkerhetssonene angitt i håndbok 231 ”Rekkverk og master” har ca 1/4 (eller noe mer) av hindrene stått utenfor denne, det vil si lenger fra kjørebanekanten. (Vi har da sett bort fra rekkverk og kantstein.)
- På den andre siden har ca 3/4 (eller noe mindre) av hindrene stått innenfor de angitte sikkerhetssonene i håndbok 231.
- 42 % av utforkjøringene har skjedd på rettstrekning, 45 % i ytterkurve og 9 % i innerkurve.
- De fleste hindre > 6 meter fra kjørebanekanten har blitt påkjørt ved utforkjøring i ytterkurve.

Resultatene viser at tiltak som fjerning av trær og steiner og behandling av sideområdet inn mot fjellskjæringer (som for eksempel oppsetting av rekkverk) er viktig. Det vil også være viktig å komme fram til rekkverksløsninger som i minst mulig grad skader motorsyklister som kjører av vegen.

Det skjer omtrent 5 ganger så mange av denne type ulykker i ytterkurve som i innerkurve. Det skjer nesten like mange på rettstrekning som i ytterkurve, men sett i forhold til veglengden blir ulykkestettheten da langt større i ytterkurver. Dette viser at fjerning av hinder i sideområdet i ytterkurver, er spesielt viktig.

At så vidt mange (ca 1/4) av de påkjørte hindrene har stått utenfor sikkerhetssonen stiller spørsmål om de definerte sikkerhetssonene er brede nok, særlig i ytterkurver. Det at ca 3/4 av hindrene har stått innenfor sikkerhetssonen, setter på den andre siden fokus på om overholdelse og praktisering av sikkerhetssonene er god nok.

Analysen av sammenhengen mellom utforming av vegens sideområde og ulykkesfrekvens og skadekostnad viste at sideområdets beskaffenhet påvirker både antall og alvorlighetsgraden til utforkjøringsulykker. På strekninger med sideterreng med liten skadedempende evne, er det flere utforkjøringsulykker samtidig som en større andel av disse er ulykker med drepte eller hardt skadde. For en strekning på 10 km med ÅDT 5000 vil:

- forskjellen mellom dårligste og beste type sideterreng bety 0,8-0,9 flere utforkjøringsulykker med personskade pr år. Av dette vil 0,2-0,3 være ulykker med drepte eller hardt skadde.

- skadekostnad pr kjøretøykilometer basert på utforkjøringsulykker vil være i gjennomsnitt kr 0,16 høyere på en strekning med sideterreng med liten skadedempende evne enn på en strekning med sideterreng av ”beste” type. For det aktuelle eksemplet (10 km med ÅDT 5000) tilsvarer det en forskjell i skadekostnader på ca 3 millioner kroner pr år.

Ut fra simulatormålinger og tidligere gjennomførte feltmålinger, er det sett på hvilken innvirking plassering av kantlinja har innenfor en gitt asfaltbredde. Vi kan her skille mellom to tilfeller:

- *Asfaltert skulder gjøres bredere ved at kantlinja flyttes inn på veg med oppmerket midtlinje både før og etter*
  Kjøretøyene forflytter seg lenger inn mot midten av vegen med i gjennomsnitt noe under halvparten av det kantlinja flyttes. Dette gjelder både ved møtende og ikke møtende trafikk. Dette innebærer at sikkerhetsavstanden mot asfaltkanten øker, og blir tilsvarende mindre i forhold til midtlinja. Dette kan indikere at risikoen for utforkjøringsulykker avtar og at risikoen for møteulykker øker. Hvis dette er tilfelle, vil totalresultatet med hensyn på antall ulykker avhenge av trafikkvolumet. Ved forholdsvis liten trafikk og generelt liten sannsynlighet for å møte et kjøretøy, kan et slikt tiltak gi en positiv totalgevinst. Det motsatte kan være tilfelle ved stor trafikk og stor sannsynlighet for å møte et kjøretøy.
- *Asfaltert skulder gjøres så bred at midtlinje ikke blir merket opp i etter-situasjonen*
  Når det ikke er møtende trafikk forflytter kjøretøyene seg inn mot midten av kjørebanen omtrent like mye som kantlinja flyttes. Sikkerhetsavstanden til asfaltkanten blir altså større. Ved møtende trafikk er kjøretøyenes forflytning betydelig mindre, og sikkerhetsavstanden til møtende trafikk blir omtrent opprettholdt. Resultatene *kan* tyde på at dette totalt sett vil gi færre ulykker, og at effekten vil være størst på veger med forholdsvis lite trafikk.

I forhold til konklusjonene ovenfor må det tas forbehold om at sammenhengen mellom sidevegs plassering på en veg og ulykkesrisikoen er lite kjent. Et annet forhold er at konklusjonene bygger på et forholdsvis begrenset datamateriale. Dette gjelder både antall forsøkspersoner i simulatorforsøket og antall målepunkt i felt.

Resultatene fra de ulike delene av prosjektet viser med tydelighet at utforming av vegens sideområde har stor betydning for risikoen for ulykker og ulykkenes alvorlighetsgrad. Særlig har undersøkelsen dokumentert risikoen forbundet med skadevoldende sideterreng (fjellskjæringer, steiner, trær, etc). På strekninger med ugunstig sideterreng vil en utbedring av dette gi en betydelig årlig reduksjon i skadekostnader.

Ut fra resultatene anbefales følgende:

- Sikkerhetsavstanden til faremomenter i Håndbok 231 bør økes.
- Denne sikkerhetsavstanden bør gjøres større i ytterkurver enn i innerkurver og på rettstrekninger.
- Rydding av sikkerhetssonen for faremomenter bør prioriteres, alternativt må rekkverk settes opp. Dette gjelder særlig i ytterkurver. Slike tiltak vil kunne gi en vesentlig reduksjon i skadekostnad pr kilometer og år.

Kristian Sakshaug, Thomas Engen, Lone-Eirin Lervåg, Terje Lindland og Ingvild Ytrehus: *The Influence of Roadside Area Characteristics on Accident Risk and Injury Cost.* SINTEF Report STF50 A07011, Trondheim January 2007.

SUMMARY

The main purpose of this project has been to increase knowledge on how roadside area characteristics influence accident risk and accident severity. In this context the shoulder is included in the roadside area.

The project is funded by The Norwegian Public Roads Administration.

Roadside area characteristics of importance to traffic safety are:

- Shoulder surface and shoulder width
- Roadside obstacles such as trees, light poles, stones/rocks
- The occurrence and design of guardrails
- Height and slope of road embankment
- The design of the road ditch

In Norway 35 % of all fatal and severe traffic accidents are run-off accidents. The design and characteristics of the roadside area is therefore of great importance.

The project consists of 5 parts:

1. Literature survey
2. Analysis of data from the national traffic accident databank
3. In-depth analysis of 100 run-of accidents where a roadside obstacle is hit
4. General Linear Modelling of accident risk and injury cost as a function of road and roadside characteristics
5. The effect on speed and lateral placement of varying shoulder width within a fixed road width on two-lane roads (a simulator study combined with earlier field studies).

The literature survey revealed that effective traffic safety measures connected to the roadside area are:

- Raised edge line markings or milled rumble strips on shoulder
- Flattening of side slope
- Establish/increase width of shoulder
- Hard surface on shoulder
- Establish adequate guardrails
- Installation of crash cushions
- Correct placement and design of light poles
- Improve visibility (removal of vegetation)
- Removal of roadside obstacles

The accident analysis showed that 25 % of all fatalities and severe injured road users have been driver or occupants in cars hitting a roadside obstacle. In 80 % of those accidents the obstacle has been worsening the injury.

The following results are valid for accidents where the obstacle has been worsening the injury:

- 41 % of the roadside obstacles have been stones/rocks/rock cuts and 31 % trees.
- In 3 % of the accidents (2 accidents), a motorcyclist was injured against a guardrail.
- 49 % of the obstacles were located closer than 3 meters from roadway edge, and 13 % more than 8 meters away.
- Approximately 1/4 of the obstacles have been located outside the safety zone given by the road standards.
- On the other hand, 3/4 of the obstacles have been located inside the safety zone.
- 45 % of the vehicles ran of the road on the outside of a curve, 9 % on the inside and 42 % on straight road sections. Most of the obstacles located more than 6 meters away from roadway edge were standing on the outside of a curve.

The results show the importance of removing roadside obstacles like trees and stones/rocks. It is also important to establish guardrails in rock cuts. All this are of special importance in the area outside curves.

Many obstacles (1/4) have been located outside the safety zone given by the road standards. This questions if those zones are wide enough, especially outside curves. On the other hand, since 3/4 of the obstacles are located inside the safety zones, one should stress the importance to keep those zones clear from obstacles.

General linear modelling of accident risk and injury cost as a function of road and roadside characteristics showed that a Roadside Hazard Index (RHI)[1] significantly influences both the accident risk and the severity of injuries. On a road section of 10 kilometres with ADT 5000 will:

- the difference between the best RHI (1-3) and the worst (6-7) be 0,8-0,9 more run-off accidents per year, of those 0,2-0,3 will be serious injury accidents.
- the injury cost per kilometre driven, be on average 0,16 NOK lower on sections with RHI=1-3 than on sections with RHI=6-7. This gives a difference per year of 3 mills. NOK.

The simulator study and earlier field studies of widening shoulders by moving edge line towards road centre, showed that:

- *Shoulder is widened on sections with road width 7,5 and 10 metes with marked centre line both before and after.*
  Vehicles moves towards the centre line with some less than the half of what the edge line is moved. This is so both with and without oncoming traffic. Thus the safety distance to oncoming vehicles diminishes and that to the road edge increases. This *could* indicate that the measure will give fewer accidents on low trafficked roads and more accidents on roads with high traffic volumes.
- *On a section with road width 7,5 meters, the shoulder is widened so much that centre line will not be marked afterwards (carriageway width < 5,5 meters).*
  With *no oncoming traffic*, vehicles move to the centre of road just as much as the edge line is moved. This gives a longer safety distance to the road edge. With *oncoming traffic* the vehicles moves much less and safety distance to oncoming vehicles is nearly maintained. This *could* indicate that the measure will give fewer accidents, especially on sections with low traffic volume.
- *Effect on speed*
  In none of the cases mean speed was very much affected by the shoulder widening.

[1] Roadside Hazard Indeks: The classification 1-7 in Harwood ET. Al 2000, is used.

The relation between lateral placement of vehicles on a road and accident risk, is little known. We therefore have to make reservations to the conclusions above.

In total the result of the project show that the characteristics and design of the roadside area, are of great importance to accident risk and injury cost. Especially the risk connected to roadside obstacles is well documented.

In the light of the results, the following recommendations are made:

- The safety distance concerning roadside obstacles in the Norwegian road standards should be increased.
- The safety distance should be larger outside curves than elsewhere.
- Clearing the safety zones of obstacles or establishing adequate guardrails, should be given high priority

1 INNLEDNING

1.1 Formål og bakgrunn

Hovedmålsettingen med prosjektet har vært å systematisere og øke kunnskapene om sideområdets betydning for å redusere antall trafikkulykker, og studere hvordan sideområdet kan utformes for å begrense skadeomfanget når uhell oppstår. *Med vegens sideområde menes her "alt" som ligger utenfor kantlinja, det vil si både skulder og sideterreng.*

I trafikksikkerhetsmessig sammenheng vil *skulderen* ha følgende funksjon:

- Gi mulighet for sikrere nødstopp
- Gi økt mulighet for førere å gjenvinne kontroll over kjøretøyet etter tapt kontroll
- Være et tilbud for myke trafikanter som ferdes langs vegen

I forhold til de funksjonene som er nevnt ovenfor vil både bredden og dekkets beskaffenhet være avgjørende for den effekt som oppnås.

Dersom en utforkjøring først skjer vil *sideterrengets* beskaffenhet være avgjørende for skadens alvorlighet. Det gjelder både utforming av skråninger/grøfter, rekkverk og forekomsten av sidehindre som trær, stolper, fjelllskjæringer etc.

Utforkjøringsulykker utgjør ca 35 % av alle ulykker med drepte eller hardt skadde. Utforkjøringsulykker *der hinder er påkjørt*, står for ca 20 % av totalt antall drepte eller hardt skadde førere og passasjerer. Det ligger derfor et stort sikkerhetspotensiale i riktig utforming av vegens sideområde i forhold til både ulykkesrisiko og skadegrad. Slik er dette også viktig i forhold til de målsettinger som følger av Nullvisjonen.

1.2 Oversikt over de ulike deler av prosjektet

Prosjektet har bestått av 5 ulike deler:

1. Litteraturundersøkelse for å kartlegge kunnskapsstatus på området, herunder effekten av ulike virkemidler.
2. Ulykkesanalyse basert på ulykkesdata fra STRAKS-ulykkesregisteret .
3. Detaljanalyse av utforkjøringsulykker hvor det er oppgitt at hinder er påkjørt. Kartlegging av i hvilken grad hinderet har vært medvirkende til skadens alvorlighetsgrad.
4. Analyse av hvordan vegens sideområde påvirker ulykkesrisiko og skadekostnad på strekninger med ulik geometrisk utforming. (Sideområdet er gjennomgått og klassifisert via VIDCON-bilder på ca 2200 km veg).
5. Betydning av kantlinjens plassering innenfor en gitt asfaltert vegbredde. Simulatorstudie.

De ulike delene er rapportert i hvert sitt kapittel.

2 LITTERATURUNDERSØKELSE

2.1 Metode

I litteraturundersøkelsen er det tatt utgangspunkt i Trafikksikkerhetshåndboka (Elvik med flere 1997). Videre er det lagt spesiell vekt på den forskning som er gjort angående vegens sideområde ved Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) i Sverige. I tillegg er det komplettert med annen nyere litteratur.

Det er gjort litteratursøk i følgende internasjonale databaser:

- TRANSPORT, som bl.a omfatter databasene International Transport Research Documentation (ITRD) fra OECD og Transportation Research Information Services (TRIS) fra TRB
- ScienceDirect som dekker omtrent 1700 tidsskrift

I tillegg er det foretatt generelle web-søk på Internett.

2.2 Oppsummering av resultater

Litteraturstudiet er dokumentert i et eget arbeidsnotat (Lindland 2003). I denne oppsummeringen er det lagt vekt på hvilke tiltak rettet mot vegen sideområde som på bakgrunn av tidligere undersøkelser, synes å gi en betydelig ulykkesreduserende effekt.

- *Profilerte og freste kantlinjer*.
  Profilerte og freste kantlinjer har en helt annen virkning på ulykkestallet enn vanlig malte kantlinjer. Undersøkelser tyder på at profilerte kantlinjer reduserer antall utforkjøringsulykker med ca 30 %, kanskje opp mot 40 %. For freste kantlinjer tyder undersøkelsene på at antall utforkjøringsulykker kan reduseres med opp mot 50 %. Amerikanske retningslinjer påpeker at det er viktig med en viss bredde på det faste dekket (skulder) utenfor den freste kantlinjen. Det må tas hensyn til ulempene som freste og profilerte kantlinjer kan ha for motorsyklister og syklister. Videre må bestandighet mot skader som påføres kantlinjene av vinterdriftsutstyret tas hensyn til.

- *Utflating av fyllingsskråninger og avrunding av fyllingstopp.*
  Utflating av fyllinger har størst virkning jo brattere skråningen er. Utflating av skråninger fra en helning på 1:3 til en helning på 1:4 reduserer antall personskadeulykker med om lag 40 % og antall materiellskadeulykker med om lag 30 %. Utflating fra 1:4 til 1:6 reduserer antall ulykker med ytterligere ca 20 %. Avrunding av fyllingstopp er positivt ut fra et trafikksikkerhetssynspunkt. Spesielt for helninger brattere enn 1:6 er det viktig med avrunding av fyllingstopp.

- *Anlegge/øke bredden skulder*
  Virkningen av å anlegge skulder (oftest 0,3-1 meter) er ifølge flere undersøkelser ca 5-10 % lavere ulykkesrisiko sammenlignet med veger uten skulder. Samtidig viser andre undersøkelser at økning av skulderbredde med ca 0,3 meter synes å redusere antall personskadeulykker med ca 20 %. Det synes å være en tendens til at trafikksikkerheten øker med økende skulderbredde opp til et nivå på opp mot 2 meter.

- *Fast dekke på skulder*
  Det er forholdsvis entydige resultater på at fast dekke på skulderen gir færre ulykker. (Effekten av å øke skulderbredden gjelder mest sannsynlig dersom skulderen har fast dekke.)

- *Oppsetting av rekkverk og bruk av ettergivende rekkverk.*
  Rekkverk er et faremoment i seg selv, og bør derfor bare settes opp dersom det er farligere å kjøre ut av vegen enn å kjøre inn i rekkverket. Oppsetting av rekkverk må derfor ses i sammenheng med tiltak som fjerning av sidehindre og utslaking av skråninger. Plassering av lysstolper og type lysstolpe er viktig i denne sammenheng. Rekkverk bør ha så få rekkverksavslutninger som mulig. Rekkverk langs vegkanten reduserer sterkt sannsynligheten for at en utforkjøringsulykke skal føre til dødsfall eller personskade. Flere undersøkelser tyder på en reduksjon på i størrelsesorden 45 %. Utskiftning til mer ettergivende rekkverk har også en skadereduserende virkning på i størrelsesorden 30-40 %. For motorsyklister er situasjonen den motsatte. Sannsynligheten for å skades når en motorsyklist kjører på et rekkverk på høyre side er omtrent dobbelt så stor som når det ikke finnes rekkverk. Kabelrekkverk er den verste rekkverkstypen for motorsyklister.

- *Riktig plassering og utforming av belysningsstolper og lignende.*
  Dette tiltaket må også ses i sammenheng med eventuell oppsetting av rekkverk. Både avstand fra vegen, om stolpene er plassert på siden av vegen eller midt i vegen og om stolpene er harde eller ettergivende har betydning for trafikksikkerheten. Den dårligste plassering med hensyn til trafikksikkerhet er plassering i ytterkurve, hvilket medfører større risiko for belysningsstolpeulykke og mer alvorlig skade. Belysningsstolper plassert i innerkurve er den beste plassering.

- *Oppsetting av støtputer.*
  Støtputer reduserer sterkt antall dødsulykker og antall personskadeulykker. Reduksjonen er på opp mot 70 %.

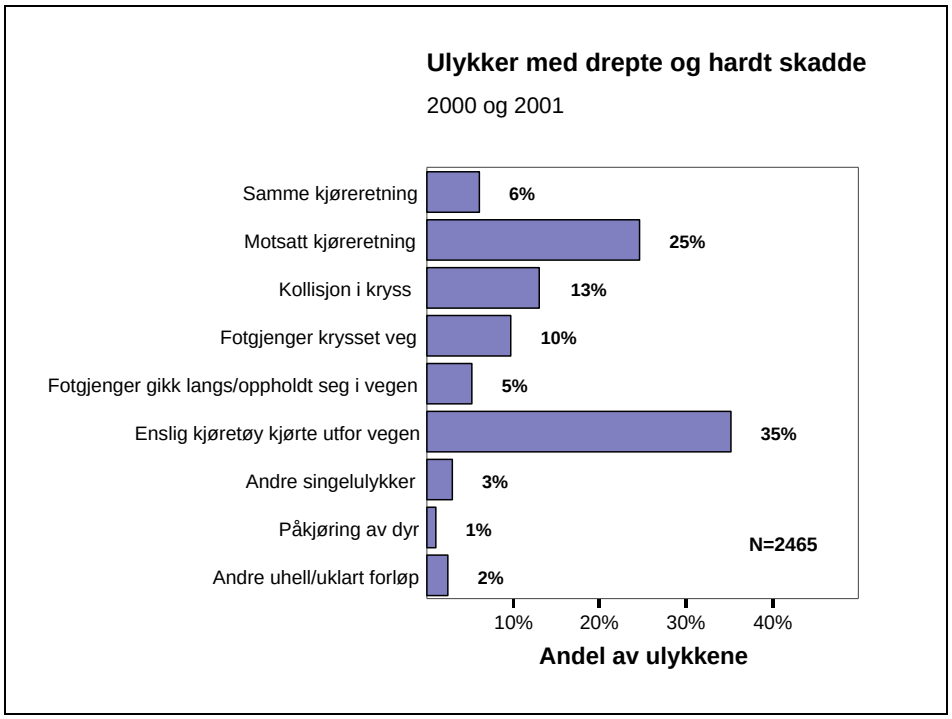
- *Utføre systematisk siktrydding.*
  Fjerning av sikthindrende vegetasjon på strekning reduserer ulykkestallet med nær 20 %. Kryss som ikke oppfyller vegnormalenes siktkrav har dobbelt så høy ulykkesrisiko som kryss som oppfyller disse kravene. Sikt utover et minstekrav gir ikke noen trafikksikkerhetsmessig gevinst i vegkryss, avkjørsler eller på strekninger med krav til strekningssikt.

- *Fjerne faste hindre i sideområdet.*
  Vegnettet bør gås nøye gjennom med hensyn på fjerning av faste hindre i sideområdet. 20 % av drepte og hardt skadde trafikanter har vært fører eller passasjer på et kjøretøy som har kjørt på et hinder i en singelulykke.

3 ANALYSE AV ULYKKESSTATISTIKK

Statistikk for politiregistrerte personskadeulykker 2000-2001 er gjennomgått. Dataene er hentet fra STRAKS-ulykkesregisteret.

Sideområdets, det vil si skulderens og sideterrengets utforming og beskaffenhet, vil i første rekke ha betydning for utforkjøringsulykker. Dette gjelder både risikoen for at det skal skje en ulykke og utfallet av den (alvorlighetsgrad). Utforkjøringsulykker utgjør 35 % av ulykkene med drepte og alvorlig skadde (*Figur 1* nedenfor). Dette setter fokus på hvor viktig utforming av vegens sideområde er for trafikksikkerheten.



Figur 1: *Ulykker med drepte eller hardt skadde 2000 og 2001. Fordeling på ulykkestyper.*

Av singelulykker med hardt skadde eller drepte skjer 41% i ytterkurver, 11% i innerkurver og 34% på rettstrekning. Dette viser at *utforming og behandling av sideområdet er spesielt viktig i ytterkurver.*

2/3 av singelulykkene skjer på strekninger med fartsgrense 80 km/t eller høyere. Det betyr på den andre siden at tross alt så mye som 1/3 av singelulykkene skjer der fartsgrensen er 70 km/t eller lavere, og at utforming av vegens sideområde også har betydning her.

Nesten 1/4 av alle drepte og hardt skadde i trafikkulykker har sittet på/i et kjøretøy som har kjørt på et hinder. De aller fleste av disse ulykkene har vært utforkjøringsulykker. Utforkjøringsulykker *der hinder er påkjørt*, står for ca 20 % av totalt antall drepte eller hardt skadde førere og passasjerer (*Tabell 2*). Dette viser viktigheten av å fjerne/unngå å sette opp hinder i vegens sideområde (sidehinder). Det fremgår imidlertid ikke av statistikken i hvilken grad sidehinderet har vært avgjørende for ulykkens alvorlighetsgrad. Dette er derfor som nevnt innledningsvis, nærmere undersøkt ved gjennomgang av politirapporter for utforkjøringsulykker der hinder er påkjørt (kapittel 4).

Tabell 1: *Antall skadde og drepte totalt der det er anført at kjøretøyet vedkommende satt i/på kjørte på et hinder. Fordeling på ulykkestype 2000-2001.*

Ulykkestype		**Skadegrad**			**Sum**
		Drept	**Hardt skadd**	**Lettere skadd**	
10-19	Samme kjøreretning	2	16	92	110
20-29	Motsatt kjøreretning	15	26	124	165
30-39	Avsvinging fra samme kjøreretning	1		17	18
40-49	Avsvinging fra motsatte kjøreretninger		3	16	19
50-50	Kryssende kjøreretninger uten at noen foretar avsvinging	2	2	24	28
60-69	Kryssende kjøreretninger hvor en eller begge foretar avsv.		1	27	28
70-79	Fotgjenger krysser kjørebanen			1	1
80-89	Fotgjenger gikk/oppholdt seg i kjørebanen		2	5	7
90-99	Enslig kjøretøy kjørte utfor vegen	112	449	2561	3122
0-8	Andre singelulykker	2	13	113	128
09	Uhell med uklart forløp	1	6	37	44
Sum hvor påkjøring av hinder er anført		**135**	**518**	**3017**	**3670**
Andel av alle skadde/drepte		22%	23%	15%	16%
Antall skadde/drepte totalt		610	2291	19922	22823

De sidehinder som hyppigst er påkjørt i alvorlige singelulykker er stein/fjellvegg, trær, og rekkverk/gjerde. Når det gjelder gjerde/rekkverk har en betydelig andel (ca 1/3) av de drepte og hardt skadde vært motorsyklister (se *Tabell 2* nedenfor).

Tabell 2: *Drepte og hardt skadde i singelulykker ved påkjøring av hinder 2000-2001*

Påkjørt type hinder	**Kjøretøykategori**					**Sum**
	Lett bil	**Tung bil**	**Moped**	**MC**	**Alle andre**	
Skiltstolpe	16	1		5	1	23
Lysmast av tre	10	2	1	1	1	15
Lysmast av stål	18	2		1		21
Annen mast/stolpe	12	1	1	6		20
Tre	104	9		5	3	121
Gjerde/rekkverk	60	7	4	28	1	100
Mur/bygning	23	1	1	4		29
Stein/fjellvegg	115	9	2	8	3	137
Kantstein	18		1	8		27
Parkert kjt	5			1	1	7
Gjenstand i kjørebanen					1	1
Annet	51	2	2	18	2	75
Totalt ved påkjøring av hinder	**432**	**34**	**12**	**85**	**13**	**576**
Andel av totalt ant. drepte og hardt skadde	25%	25%	11%	24%	2%	20%
Antall drepte og hardt skadde totalt	1738	134	107	350	572	2901

Opplysningene i avsnittet ovenfor setter fokus på tiltak som fjerning av trær og steiner og behandling av sideområdet inn mot fjellskjæringer (som for eksempel oppsetting av rekkverk). Samtidig vil det være viktig å komme fram til rekkverksløsninger som i minst mulig grad skader motorsyklister som kjører av vegen.

2/3 av de påkjørte hinder har stått nærmere kjørebanekanten enn 3 meter, og få har stått lenger unna enn 10 meter (3 %). Det er verdt å merke seg at i forholdsvis mange ulykker har trær i området 3-10 meter fra kjørebanekanten blitt påkjørt.

Vegens sideområde og særlig skulderens bredde og beskaffenhet, vil også ha betydning for ulykker der fotgjengere og syklister som ferdes langs vegen blir påkjørt. Myke trafikanter påkjørt ved ferdsel langs veg og hardt/skadd drept, utgjør mellom 3 og 4 % av alle drepte og hardt skadde trafikanter. Halvparten blir påkjørt utenfor tettbygd strøk, og det er omtrent like mange gående som syklister.

4 SIDEHINDRENES BETYDNING FOR ULYKKENES ALVORLIGHETSGRAD - DETALJSTUDIUM

4.1 Formål og metode

STRAKS-ulykkesregisteret inneholder opplysning om hinder er påkjørt og hvilken type hinder det gjelder. Det inneholder imidlertid ingen opplysning om i hvilken grad dette hinderet har ført til økt skadeomfang.

For å kartlegge dette, samt også kunne foreta en mer detaljert inndeling av type hinder, har vi gjennomgått politiets saksdokumenter for 106 utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde, og hvor det var oppgitt at hinder var påkjørt. Vi har begrenset denne studien til utforkjøringsulykker, siden vi antar at for andre typer ulykker (for eksempel møteulykker) er ikke et eventuelt påkjørt hinder den primære årsak til skadeomfanget.

Der politiets saksdokumenter ikke har inneholdt bilder av ulykkesstedet, har vi tatt ut VIDCON-bilder fra det aktuelle stedet, for om mulig å kunne klassifisere hinderet bedre.

4.2 Datamaterialet

Ulykkene som inngår i studien ble tilfeldig valgt ut fra 17 politidistrikt (i overkant av 100 ulykker). Etter å ha mottatt tillatelse fra Riksadvokaten, ble en forespørsel om utlån av saksdokumenter sendt de aktuelle politidistrikt. For de aller fleste ulykker som inngikk i forespørselen, fikk vi saksdokumenter tilsendt. Hvordan de analyserte ulykkene fordeler seg på politidistrikt er vist i *Tabell 3* nedenfor.

Tabell 3: *Antall ulykker i detaljstudien gruppert etter politidistrikt*

Politidistrikt	Antall
Romerike	8
Hedmark	12
Vestoppland	12
Nordre Buskerud	10
Søndre Buskerud	5
Asker og Bærum	4
Telemark	8
Agder	17
Haugaland og Sunnhordland	1
Sogn og Fjordane	5
Sunnmøre	4
Nordmøre og Romsdal	1
Sør-Trøndelag	8
Helgeland	2
Salten	2
Midtre Hålogaland	5
Troms	2
Totalt	**106**

For at VIDCON-bilder skulle være tilgjengelig, ble bare ulykker på europa- og riksveger valgt ut.

På landsbasis skjedde det i løpet av årene 2001 og 2002 i følge STRAKS-ulykkesregisteret 477 ulykker med drepte og hardt skadde der hinder er angitt påkjørt, alle vegkategorier sett under ett. *Tabell 4* nedenfor viser hvordan disse fordeler seg på vegkategori. I forhold til antall ulykker på riks- og europaveger utgjør ulykkene i detaljstudien 31 %. I forhold til ulykker på alle vegkategorier blir andelen 22 %.

Tabell 4: *Utforkjøringsulykker med drepte og hardt skadde hvor hinder er påkjørt. Fordeling på vegkategori 2001-2002.*

Vegkategori	Antall	%
Europaveger	112	23,5
Riksveger	230	48,2
Fylkesveger	87	18,2
Kommunale veger	43	9
Private veger	5	1
Totalt	477	100

I vedlegg 1 er fordelingen med hensyn på en rekke faktorer vist for både ulykkene i detaljstudien og alle 477 ulykker. Det gjelder med hensyn på:

- alvorlighetsgrad
- uhellskode
- stedsforhold
- fartsgrense
- føreforhold
- lysforhold
- alder fører
- mistanke om rusmiddelpåvirkning
- anvendelse av sikringsutstyr
- kjøretøykategorier
- type hinder påkjørt

Fordelingene med hensyn på de ulike variable er ganske like for ulykkene som inngår i detaljstudien og alle ulykker på landsbasis av samme type. Et unntak er ”mistanke om rusmiddelpåvirking” der andelen er mindre i datamaterialet enn for hele landet (henholdsvis 18 og 27 %). Forskjellen blir noe mindre dersom en sammenligner med ulykker på europa- og riksveger.

Det andre unntaket er aldersfordelingen blant førere hvor en større andel er i aldersgruppen 25-39 år enn tilfellet er for landsgjennomsnittet (henholdsvis 40 og 31 %). Dette kompenseres av at det er relativt sett færre i alle de øvrige aldersgruppene i detaljstudien, med unntak av kategorien 70 år eller eldre hvor andelene er forholdsvis like. Også her blir forskjellen mindre dersom en bare sammenligner med ulykker på europa- og riksveger.

Alt i alt vil vi imidlertid konkludere med at utvalget ulykker som inngår i detaljstudien er representative for denne typer ulykker på landsbasis, alle vegkategorier sett under ett.

Gjennomgang av saksdokumentene viste at i 4 ulykker var ikke noe hinder påkjørt, mens to ulykker ble vurdert som selvmord. *Det vil si at100 ulykker er relevante i forhold til formålet med studien.* I analysene inngår derfor bare disse ulykkene. *Tabell 5* nedenfor viser hvordan disse fordeler seg med hensyn på ulykkens alvorlighetsgrad (merk at bare ulykker med drepte og hardt skadde er med i studien).

Tabell 5: *Fordeling på alvorlighetsgrad blant ulykker som inngår i detaljstudien*

Ulykkens alvorlighetsgrad	Antall ulykker	%
Dødsulykke	24	24 %
Ulykke med meget alv. skadd	10	10 %
Ulykke med alv. skadd	66	66 %
Totalt	100	100 %

4.3 Resultater

Tabell 6 viser at for 59 % av ulykkene har vi bedømt at hinderet har ført til meget stor eller stor forverring av skadens alvorlighet og i 5 % har det ført til noe forverring. Hvis vi unntar ulykker hvor dette er ukjent eller usikkert, blir prosentandelene henholdsvis 79 og 7 %.

Tabell 6: *Hinderets medvirkning til skadens alvorlighet*

Hinderets medvirkning til skadens alvorlighet	Antall ulykker	% inklusive ukjent/usikker	% eksklusive ukjent/usikker
Meget stor/stor forverring av skaden	59	59 %	79 %
Noe forverring av skaden	5	5 %	7 %
Liten/ingen betydning for skaden	10	10 %	13 %
Reduserende effekt på skaden	1	1 %	1 %
Ukjent/usikker	25	25 %	-
Totalt	100	100 %	100 %

Tar vi utgangspunkt i at det totalt skjer 477 ulykker av aktuelle type i løpet av to år og at 94 % (100 av 106) ulykker er relevante i forhold til påkjøring av sidehinder, kan vi ut fra tabellen ovenfor anslå at det *hvert år skjer mellom 140-190 utforkjøringsulykker med drept eller hardt skadd hvor påkjøring av sidehinder har vært medvirkende til skadens alvorlighet.*

I de videre analysene i dette kapittelet inngår bare de 64 ulykkene hvor hinderet har ført til en forverring av skadeomfanget.

Tabell 7 nedenfor viser hvilken type hinder som er påkjørt i de ulykker hvor hinderet har ført til en forverring av skadens alvorlighet. Den to største gruppene er stein eller fjell og trær, som til sammen utgjør bortimot ¾ av hindrene.

Tabell 7: *Utforkjøringsulykker hvor påkjøring av hinder som har ført til en forverring av skadens alvorlighet. Fordeling på type hinder.*

Type hinder		**Antall**	**%**	
Skiltstolpe, vanlig (tynn)		1	1,6 %	
Lysmast	Lysmast, tre	2	3,1 %	4,7 %
	Lysmast, stål., uspes.	1	1,6 %	
Tre	Tre, uspesifisert	4	6,3 %	31,3 %
	Tre, tynn stamme	1	1,6 %	
	Tre, middels tykk stamme	4	6,3 %	
	Tre, tykk stamme	11	17,2 %	
Rekkverk/-gjerde	Rekkverk, uspeisfisert	1	1,6 %	9,4 %
	Stålskinner på trestolper	4	6,3 %	
	Wirerekkverk	1	1,6 %	
	Annet gjerde	1	1,6 %	
Bygning	Trebygning	3	4,7 %	7,8 %
	Murbygning	2	3,1 %	
Stein, fjell	Stein, fjellvegg, uspesifiset	8	12,5 %	40,6 %
	Stein, middels (diamter 1-1,5 m)	1	1,6 %	
	Stein, stor (diameter > 1,5 m)	5	7,8 %	
	Fjellvegg, meget ujevn)	8	12,5 %	
	Fjellvegg, litt ujevn	2	3,1 %	
	Fjellvegg, jevn	1	1,6 %	
	Stein, fjell, annet	1	1,6 %	
Kantstein		1	1,6 %	
Annet		1	1,6 %	
Totalt		*64*	*100 %*	

Tabell 8 nedenfor viser hvilke typer kjøretøy som har kjørt på de ulike type hindre.

Vi ser at i 7 av 64 ulykker har rekkverk eller gjerde medført en forverring av skaden. 2 av disse gjelder ulykker med motorsykkel hvor fører eller passasjer er kastet av sykkelen og deretter treffer rekkverket. 4 av de 5 ulykkene med personbil har skjedd i forbindelse med påkjøring av rekkverksavslutninger.

Tabell 8: *Antall ulykker gruppert etter type hinder og påkjørende kjøretøy*

Kjøretøy-kategori	Antall ulykker med påkjørt type hinder (utløsende for skaden)								Totalt	
	Skilt-stolpe	Lys-mast	Tre	Gjerde, rekkverk	Mur, bygning	Stein, fjellvegg	Kant-stein	Annet	Ant.	%
Moped	1		1						2	3%
Mc		1	1	2	1		1		6	9%
Person/varebil		2	18	5	4	25		1	55	86%
Tungt kjt						1			1	2%
Totalt	1	3	20	7	5	26	1	1	64	100%

Tabellen forrige side viser for øvrig at totalt 86 % av kjøretøyene involvert er person- eller varebiler, mens 12 % er motorsykkel eller moped.

Tabell 9 nedenfor viser avstand fra kjørebanekant til påkjørt hinder inndelt etter type. Omtrent halvparten (49 %) ligger nærmere kjørebanen enn 3 meter, mens 13 % ligger lenger unna enn 8 meter.

Tabell 9: *Avstand fra skulderkant til påkjørt type hinder.*

Avstand fra skulder-kant		Antall type påkjørt hinder							Totalt	
	Skilt-stolpe	Lys-mast	Tre	Gjerde, rekkverk	Mur, bygning	Stein, fjellvegg	Kant-stein	Annet	Antall	%
< 3 m	1	3	5	6	1	13	1		30	49 %
3-5,9 m			10		1	9			20	33 %
6-7,9 m					2	1			3	5 %
> 8 m			5		1	1		1	8	13 %
Sum	1	3	20	6	5	24	1	1	61	100 %
Uoppgitt	1					2				-
Totalt	3	3	20	6	5	26	1	1	64	-

Håndbok 231 ” Rekkverk og master” (Statens vegvesen 2003) angir hvilken sikkerhetssone som skal holdes fri for farlige sidehinder og skråninger. Sikkerhetssonen måles fra kjørebanekanten og er angitt i meter som en funksjon av ÅDT og fartsgrense (*Tabell 10* nedenfor).

Tabell 10: *Sikkerhetssonens avstand fra kjørebanekant (Statens vegvesen 2003)*

ÅDT	**Fartsgrense (km/t)**			
	50 og lavere*	**60***	**70 og 80**	**90 og høyere**
< 1 500	2 m	3 m	5 m	6 m
1 500 – 5 000	3 m	4 m	6 m	7 m
> 5 000	4 m	5 m	7 m	8 m

*For byområder og sentrumsområder i tettsteder gjelder spesielle regler.

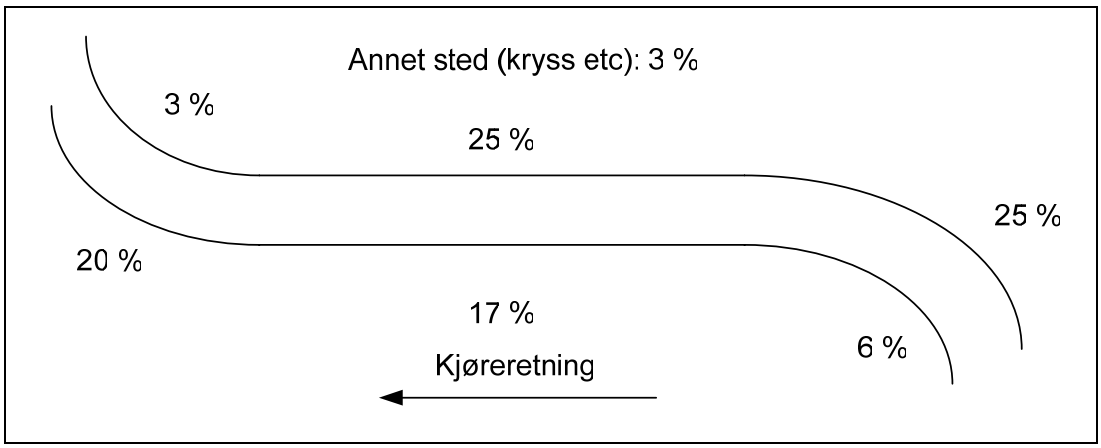
Ut fra opplysninger om fartsgrense og ÅDT i STRAKS-ulykkesregisteret, har vi sett på om påkjørte hinder har stått i sikkerhetssonen eller utenfor denne (*Tabell 11* nedenfor). Avstanden til hinder angitt i ulykkesregisteret gjelder fra *kant skulder*. Det betyr at en noe større andel av hindrene ligger utenfor og noe mindre andel ligger innenfor enn hva som fremgår av tabellen nedenfor.

I følge tabellen har (minst) 21 % av påkjørte hinder befunnet seg utenfor sikkerhetssonen. *Ser vi bort fra rekkverk og kantstein som alltid vil ligge i sikkerhetssonen, er denne andelen 24 %.*

Tabell 11: *Påkjørte hinders plassering i forhold til sikkerhetssonen.*

Hinderets plassering i forhold til sikkerhetssonen	Antall ulykker med påkjørt type hinder (utløsende for skaden)								Totalt		Eks rekkverk og kantstein	
	Skilt-stolpe	Lys-mast	Tre	Gjerde, rekk-verk	Mur, bygning	Stein, fjell-vegg	Kant-stein	Annet	Ant	%	Ant	%
Innenfor sikkerhetssonen	1	3	14	6	2	21	1		48	79 %	41	76 %
Utenfor sikkerhetssonen			6		3	3		1	13	21 %	13	24 %
Totalt	1	3	20	6	5	24	1	1	61	100%	54	100%

Figur 2 nedenfor viser påkjørte hinders plassering i forhold til vegkurvaturen. Summeres tallene finner en at 42 % skjer på rettstrekning, 45 % i ytterkurver, 9 % i innerkurver og 3 % annet sted.



Figur 2: *Utforkjøringsulykker hvor påkjørt hinder har ført til stor eller noe forverring av skaden. Utforkjøringssted sett i forhold til vegens horisontalkurvatur*

Tabell 12 viser hinderets avstand fra kjørebanekanten i sammenheng med plassering i forhold til kurvatur. Vi ser at det er først og fremst i ytterkurver at hindre langt fra kjørebanekanten (> 6 meter) blir påkjørt.

Tabell 12: *Hinderets plassering i forhold til kjørebanekant og vegens kurvatur*

Avstand fra hinder til kjb.kant	Plassering av hinderet				Totalt	
	Rettstrekning	Ytterkurve	Innerkurve	Annet	Antall	%
< 3 m	13	11	4	2	30	49 %
3-5,9 m	10	8	2		20	33 %
6-7,9 m		3			3	5 %
> 8 m	2	6			8	13 %
Totalt	25	28	6	2	61	100 %

4.4 Oppsummering

Vi har gått gjennom politidokumentene for 106 utforkjøringsulykker med drept eller alvorlig skadd trafikant, hvor det i STRAKS-ulykkesregisteret er angitt at sidehinder er påkjørt. Av disse viste det seg at 4 ulykker ikke innbefattet påkjøring av noe hinder, mens 2 ble bedømt som selvmord.

For 59 % av ulykkene har vi bedømt at hinderet har ført til meget stor eller stor forverring av skadens alvorlighet og i 5 % har det ført til noe forverring. Hvis vi unntar ulykker hvor dette er ukjent eller usikkert, blir prosentandelene henholdsvis 79 og 7 %. Ut fra dette kan vi anslå at det *hvert år skjer mellom 140-190 utforkjøringsulykker med drept eller hardt skadd hvor påkjøring av sidehinder har vært medvirkende til skadens alvorlighet.*

De følgende resultatene bygger på de ulykkene hvor hinderet har ført til en forverring av skadeomfanget (64 ulykker):

- 41 % av hindrene har vært stein/fjell og 31 % trær, til sammen utgjør dette ca ¾ av hindrene.
- 86 % av ulykkeskjøretøyene har vært person/varebil og 12 % moped/mc.
- I 3 % av ulykkene (=2 ulykker) har motorsyklist blitt skadet mot rekkverk
- 49 % av hindrene har stått nærmere enn 3 meter fra kjørebanekant og 13 % har stått mer enn 8 meter unna
- I forhold til sikkerhetssonene angitt i håndbok 231 ”Rekkverk og master” har ca 1/4 (eller noe mer) av hindrene stått utenfor denne, det vil si lenger fra kjørebanekanten (vi har da sett bort fra rekkverk og kantstein). Dette stiller spørsmål om de definerte sikkerhetssonene er brede nok.
- På den andre siden har ca 3/4 (eller noe mindre) av hindrene stått innenfor de angitte sikkerhetssonene i håndbok 231. Dette setter fokus på overholdelse og praktisering av sikkerhetssonene.
- 42 % av utforkjøringene har skjedd på rettstrekning, 45 % i ytterkurve og 9 % i innerkurve.
- De fleste hindre > 6 meter fra kjørebanekanten har blitt påkjørt ved utforkjøring i ytterkurve.

5 INNVIRKNING AV SIDETERRENGET PÅ ULYKKESFREKVENS OG SKADEKOSTNAD PÅ STREKNINGER

5.1 Datamaterialet

Datamaterialet for denne delen av undersøkelsen baserer seg på det samme som er anvendt i en tidligere undersøkelse: ”Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, ulykkeskostnad og veggeometri utenfor tettbygd strøk” (Sakshaug 2000). I forbindelse med sistnevnte undersøkelse ble det samlet inn ulykkes- og geometridata for to-felts vegstrekninger i Norge, bygd etter en bestemt vegnormalstandard gitt ved standardklasse/vegklasse og dimensjonerende fart. Fartsgrensen på disse strekningene var 80 eller 90 km/t, og de fleste lå i spredt bygde områder tilsvarende standardklasse H1. Siden Vegdatabanken geometridata bare fantes for europa- og riksveger i Vegdatabanken, var bare disse vegkategoriene representert. Totalt inneholdt datamaterialet 2275 km veg. Data ble hentet fra Vegdatabanken og de daværende vegkontor, som også stod for utvelgelse av strekningene.

Tabell 13 nedenfor viser datatyper og datakilder for undersøkelsen i 2000 og som også er anvendt i den herværende undersøkelsen. I tillegg er det foretatt en klassifisering av sideterreng (se senere).

Tabell 13: *Oversikt over data innhentet fra ulike datakilder*

Type data	Innhentet via	
	Vegkontorene	Vegdatabanken
Undersøkelsen i 2000		
Stedfesting (utvelging av strekninger)	x	
Ulykkesdata		x
Vegbredde og skulderbredde	x	(x)
Dekkebredde		x
Horisontalkurvatur		x
Stigning		x
Planlagt dimensjonerende fart	x	
Fartsgrense	x	x
Lagt til i denne undersøkelsen		
Klassifisering av sideterrenget	Vidcon	

Opprinnelig var datamaterialet inndelt i 496 tilnærmet homogene strekninger ut fra geometrisk standard og ÅDT. I og med at sideterrenget kom med som en tilleggsfaktor, er disse splittet opp ytterligere for å bevare homogeniteten også med hensyn på denne faktoren. Datamaterialet består nå av 2172 km veg delt inn i 2381 homogene strekninger. At antall kilometer veg er redusert i forhold til det opprinnelige datamaterialet skyldes i hovedsak vegomlegginger.

Ulykkesdata, horisontalkurvatur, stigning og fartsgrense er innhentet fra Vegdatabanken på nytt for hver enkelt av de nye strekningene. Breddedata og planlagt dimensjonerende fart er hentet fra det opprinnelige datamaterialet, siden strekningene som da ble benyttet er homogene med hensyn på disse variablene.

Horisontalkurvatur og stigning er hentet fra Kurvaturregisteret i Vegdatabanken (register 19, rapport 3, VBASE-data).

Når det gjelder veg- og skulderbredde har vi primært basert oss på de data som er oppgitt av vegkontorene (=planlagte bredder). Dette er ut fra en vurdering av kvaliteten på disse dataene i Vegdatabanken. Mangler breddeopplysninger fra vegkontorene, har vi imidlertid brukt opplysninger fra Vegdatabanken. (Enkelte vegkontor har også oppgitt bredder hentet fra Vegdatabanken i stedet for planlagte bredder.)

Antall politirapporterte ulykker på strekningene er innhentet for årene 1997-2003. *Tabell 14* nedenfor viser antall fordelt på type og alvorlighetsgrad. Sideterrenget vil i første rekke påvirke alvorlighetsgraden til utforkjøringsulykker. Analysene er derfor i første rekke konsentrert om denne ulykkestypen.

Ulykkesfrekvensen for utforkjøringsulykker er i stor grad påvirket av horisontalkurvaturen. Det samme er møte- og velteulykker. Sistnevnte ulykkestype er derfor tatt med som et sammenligningsgrunnlag for utforkjøringsulykkene. I tillegg har vi også foretatt analysene for alle personskadeulykker sett under ett.

Tabell 14: *Politiregistrerte personskadeulykker på strekningene 1997-2003. Fordeling på alvorlighetsgrad og type.*

Ulykkeskategori	Personskadeulykker totalt		Ulykker med drept eller hardt skadd	
	Antall	%	Antall	%
Utforkjøringsulykker	845	41 %	153	30 %
Møteulykker og velt i kjb[1]	502	24 %	231	45 %
Alle andre ulykker	723	35 %	132	26 %
Sum alle personskadeulykker	2070	100 %	516	100 %

[1]Velt i kjørebanen utgjør under 2 % av disse

Tabell 15 nedenfor viser gjennomsnittlig ulykkesfrekvens (=antall ulykker pr million kjtkm) med hensyn på ulike ulykkeskategorier. *Tabell 16* neste side viser skadekostnad pr kjtkm. Vi kan legge merke til at mens utforkjøringsulykker utgjør 30 % av antall ulykker med drepte eller hardt skadde (*Tabell 14*), utgjør de en vesentlig mindre andel av skadekostnadene[2] (ca 12 %). Dette skyldes både færre skadde pr ulykke og en mindre andel drepte enn tilfellet er for møteulykkene.

Tabell 15: *Politiregistrerte personskadeulykker 1997-2003. Ulykkesfrekvens på strekningene med hensyn på ulike ulykkeskategorier*

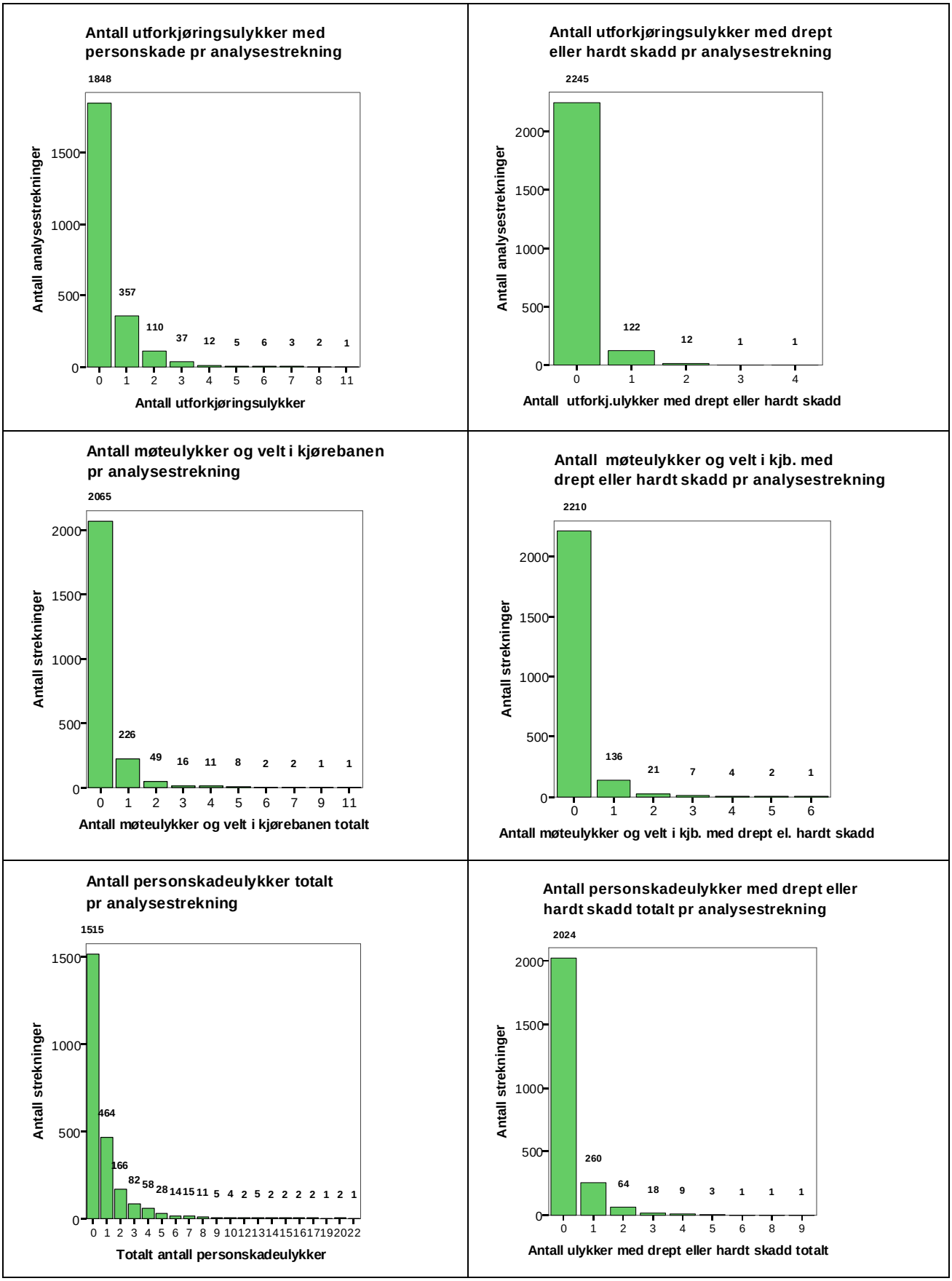
Ulykkeskategori	Ulykker pr mill kjtkm
Alle personskadeulykker	0,141
Alle utforkjøringsulykker	0,058
Alle møteulykker og velt i kjb	0,034
Alle ulykker med drept eller hardt skadd	0,035
Utforkjøringsulykker med drept eller hardt skadd	0,010
Møteulykker og velt i kjb med drept eller hardt skadd	0,016

[2] Skadekostnader er her beregnet ut fra registrert antall drepte og skadde innen ulike alvorlighetsgrader. Følgende enhetskostnader er anvendt (2005-tall):
Drept: 25,4 mill kr, Meget alv skadd: 17,4 mill kr, Alvorlig skadd: 5,8 mill kr, Lettere skadd: 0,77 mill kr. For ”ukjent skadegrad” er gitt en enhetskostnad lik den for lettere skade.

Tabell 16: *Politiregistrerte personskadeulykker 1997-2003. Skadekostnad pr kjtkm på strekningene med hensyn på ulike ulykkeskategorier*

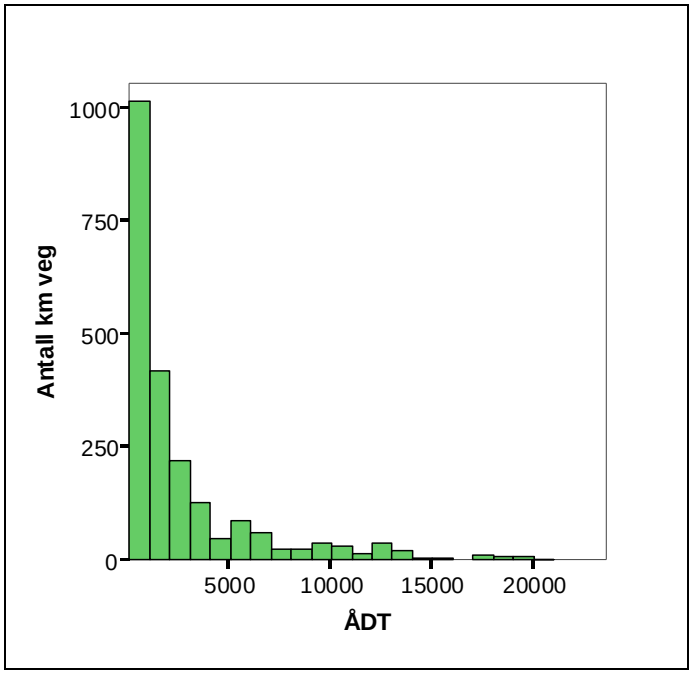
Ulykkeskategori	Skadekostnad (kr) pr kjtkm
Alle personskadeulykker	1,57
Alle utforkjøringsulykker	0,20
Alle møte- og velteulykker	0,94

Figur 3 nedenfor viser hvordan analysestrekningene fordeler seg med hensyn på antall ulykker. Vi ser at svært mange strekninger ikke har hatt ulykker i løpet av 7 år.



Figur 3: *Antall analysestrekninger med angitt antall ulykker i løpet av 7 år (1998-2003)*

ÅDT gjelder for år 2000. *Figur 4* nedenfor viser hvordan antall km veg fordeler seg på ÅDT. Vi ser at ca 1000 km veg av de totalt 2172 km som inngår i undersøkelsen da hadde ÅDT under 1000.



Figur 4: *Antall km veg fordelt på ÅDT*

Fartsgrensene gjelder for 2005. Det betyr at for enkelte strekninger er fartsgrensen endret i løpet av den perioden vi har ulykker for (1997-2003). Spesielt ble fartsgrensen endret fra 80 til 70 og 90 til 80 km/t på 6-7 % av vegnettet i 2001. I undersøkelsen datamaterialet er hentet fra (Sakshaug 2000) fra gjelder fartsgrensen for året 1999. Av *Tabell 17* ser vi at bare 6 % av antall km veg i 2005 hadde fartsgrense lavere enn 80 km/t, mens den pr definisjon var 80 eller 90 på alle strekningene i 1999[3]. 23 % hadde fartsgrense 90 km/t i 2005, mens 27,5 % i 1999. Endringen i fartsgrensefordelingen er ikke større enn at de sannsynligvis ikke vil påvirke resultatene av analysen i vesentlig grad.

Tabell 17: *Antall km veg fordelt på fartsgrense i 2005 og 1999*

	2005	1999
Andel km med fartsgrense under 80	6 %	0,5 %
Andel km med fartsgrense 80	71 %	72 %
Andel km strekningen med fartsgrense 90	23 %	27,5 %
Sum	100 %	100 %

[3] På deler av noen få strekninger var imidlertid fartsgrensa lavere enn 80 km/t.

5.2 Metode

5.2.1 Analysene

Det er gjennomført to typer analyser i denne delen av prosjektet:

1. Beskrivende analyser hvor gjennomsnittlig ulykkesfrekvens eller skadekostnad pr km er relatert til en eller to uavhengige variable.
2. Flervariable analyser hvor vi har benyttet ”General Linear Modelling” for å sortere ut hvilke variable som har signifikant innvirkning på antall ulykker eller skadekostnad på en strekning.

Beskrivende analyser

I alle de beskrivende analysene er gjennomsnittlig ulykkesfrekvens innenfor en gruppe satt lik:

$$U_{f\,gjsnitt} = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i}{\sum_{i=1}^{n} TRAFARB_i} \cdot 10^6$$

Dette innebærer at ulykker innenfor en gruppe er dividert med sum trafikkarbeid innenfor samme gruppe. En tilsvarende formel benyttes ved beregning av gjennomsnittlig skadekostnad pr kjøretøykilometer innenfor en gruppe.

Beregningsmåten innebærer det samme som at ulykkesfrekvens/skadekostnad pr kjøretøykilometer, vektes med trafikkarbeidet på strekningen. På den måten hindres at strekninger med liten trafikk hvor det tilfeldigvis har skjedd en ulykke med derav følgende høy ulykkesfrekvens, får stor vekt.

For alle beskrivende analyser gjelder at kun en eller to faktorer er tatt i betraktning samtidig. Det vil si at eventuelle differanser også kan skyldes samvariasjon med de øvrige variable. Den beskrivende analysen bør derfor ses i sammenheng med den flervariable analysen.

Flervariable analyser

Den flervariable analysemetoden vi har anvendt er såkalt ”General Linear Modelling”. Det er en regresjonsanalyse som gir mulighet for at den avhengige variable *ikke* er normalfordelt eller at det må gjøres en transformasjon før en lineær modell kan tilpasses. Den avhengige variable kan være kontinuerlig eller diskret, og de uavhengige kan være kontinuerlige eller faktorer med et gitt antall mulige verdier. Dataverktøyet som er benyttet i analysene er Genstat.

Målet med denne undersøkelsen er å finne en sammenheng mellom beskaffenheten på vegens sideterreng og vegens sikkerhetsstandard. Det siste uttrykkes som personskadeulykker eventuelt ulykker med drepte eller hardt skadde million kjøretøykilometer (ulykkesfrekvens), eller skadekostnad pr kjøretøykilometer. Vi må da kontrollere for andre faktorer som innvirker, som for eksempel vegens geometriske standard.

Flere undersøkelser (Kulmala og Roine 1988 , Miaou, Shaw-Pin 1994)

angir at følgende modell for forventet antall ulykker på en vegstrekning gir god tilpasning:

$$U = TRAFARB^{\beta} \times e^{(K+\beta_1 \times X_1 + \beta_2 \times X_2 + \ldots\ldots \beta_n \times X_n)}$$

hvor

- U er lik antall ulykker på strekningen
- TRAFARB er et utrykk for trafikkarbeidet (kjøretøykilometer)
- X_1 til X_n er forklaringsvariablene
- β er eksponenten trafikkarbeidet opphøyes i
- β_1 til β_n er regresjonskoeffisientene som angir hvor stor innvirkning en uavhengig variabel har
- K er en konstant.

Mens antall ulykker fra år til år på en strekning følger en Poissonfordeling, er antall ulykker på ulike strekninger innenfor samme tidsperiode (U) negativ binomialfordelt. (*Figur 3* side 29 viser åpenbart at vi ikke har med en normalfordeling å gjøre.)

I uttrykket for trafikkarbeidet inngår produktet av årsdøgntrafikken (ÅDT) og strekningens lengde. Det er naturlig å anta at antall ulykker på en strekning er direkte proporsjonal med strekningens lengde. Det behøver imidlertid ikke å være tilfelle med sammenhengen mellom antall ulykker og årsdøgntrafikken. Vi får da følgende uttrykk for antall ulykker på en strekning løpet av en viss periode (her 5 år):

$$U = L \times ÅDT^{\beta} \times e^{(K+\beta_1 \times X_1 + \beta_2 \times X_2 + \ldots\ldots \beta_n \times X_n)}$$

hvor K er en konstant.

Ut fra formelen ovenfor vil ulykkesfrekvensen (U_f ulykker pr million kjøretøykilometer) være lik

$$U_f = \frac{U}{TRAFARB} \cdot 10^6$$

Siden skadekostnadene på en strekning (SKOST) kan avledes ut fra antall ulykker, går vi ut fra at et lignende uttrykk kan anvendes for denne, det vil si:

$$SKOST = L \times ÅDT^{\beta} \times e^{(K+\beta_1 \times X_1 + \beta_2 \times X_2 + \ldots\ldots \beta_n \times X_n)}$$

og

$$SKOST_f = \frac{SKOST}{TRAFARB}$$

der $SKOST_f$ er skadeskostnad pr kjøretøykilometer, K er en konstant og betydningen av de andre leddene i ligningene er som forklart på ovenfor.

Tabell 18 nedenfor viser hvilke forklaringsvariable som er testet ut i de flervariable analysene. Disse er valgt med utgangspunkt i hvilke variable som ble signifikante i analysene i Sakshaug 2005.

***Tabell 18**: Forklaringsvariable (uavhengige variable) i flervariable analyser*

	Forklaringsvariabel	**Merknad**
Horisontalkurvatur/stigning	Dimensjonerende fart (V_{DIM})	Planlagt dimensjonerende fart der dette er oppgitt, for øvrig er V_{DIM} anslått ut fra kurvaturdata
	Registrert minimumsradius	Minste verdi av kurveradius (m)
	Dimensjonerende fart i forhold til fartsgrensen	1. V_{DIM} < fartsgrensa 2. V_{DIM} = fartsgrensa 3. V_{DIM} > fartsgrensa
	Andel av lengden med kurveradier mindre enn minimumsradius tilsvarende V_{DIM} = fartsgrensa	
	Andel av lengden med kurveradie under henholdsvis 70 m, 110 m, 160 m, 230 m og 320 m	
	Gjennomsnittlig stigning (%)	
Tverr profil	Vegbredde	Planlagte verdier, men der disse ikke er oppgitt hentes data fra Vegdatabanken.
	Skulderbredde	
	Kjørebanebredde	
Andre variable	ÅDT	Årsdøgntrafikk
	Strekningslengde (km)	Angis slik at antall ulykker blir proporsjonal med strekningslengden
	Andel lange kjøretøy	Andel kjøretøy over 5,6 m
	Fartsgrense	70, 80 eller 90 km/t (Der fartsgrensen varierer langs strekningen, er tatt gjennomsnitt avrundet til nærmeste hele 10 km/t)
	Klassifisering av sideterreng ut fra skadevoldende egenskaper ved utforkjøring 1=best, 7=dårligst	

Dataprogrammet (Genstat) tar inn og forkaster uavhengige variable ut fra kriterier som skal gi best mulig tilpasning mellom modell og datamateriale. Slik disse kriteriene er satt, fører det til at også ikke signifikante variable blir tatt med i modellen. Vi har her "manuelt" tatt vekk alle ikke signifikante variable ($p > 0,10$), slik at de modellene vi presenterer bare inneholder signifikante variable.

Et problem i flervariable analyser av denne type er ofte at de varierer i takt slik at det er vanskelig å isolere effekten av hver enkelt. Ofte vil to eller flere forklaringsvariable som samvarierer[4] begge kunne bli valgt inn i modellen av dataprogrammet. Vi har da valgt en av dem, og blant annet utelatt de med åpenbart ulogisk fortegn.

[4] Bivariat korrelasjonskoeffisient > 0,5-0,6. De bivariate korrelasjonskoeffisientene er gjengitt i tabellen i vedlegg 2

De avhengig variable vi har anvendt i analysene fremgår av *Tabell 19* nedenfor. (Begrunnelsen for denne inndeling i ulykkestyper er det tidligere redegjort for på side 27.)

Tabell 19: *Avhengig variable anvendt i de flervariable analysene*

Avhengig variabel	Gir grunnlag for å beregne
Antall utforkjøringsulykker i løpet av 7 år på en strekning Antall utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde i løpet av 7 år på en strekning Skadekostnad (gitt i helt antall 100 000 kroner) med hensyn på utforkjøringsulykker i løpet av 7 år på en strekning	Ulykkesfrekvens med hensyn på utforkjøringsulykker (ulykker pr mill. kjtkm.) Ulykkesfrekvens med hensyn på utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde (ulykker pr mill. kjtkm.) Skadekostnad (kr) pr kjøretøykilometer med hensyn på utforkjøringsulykker
Antall møteulykker og velt i kjørebanen i løpet av 7 år på en strekning Antall alvorlige møteulykker og velt i kjørebanen i løpet av 7 år på en strekning Skadekostnad med hensyn på møteulykker og velt i kjørebanen (gitt i helt antall millioner kroner) i løpet av 7 år på en strekning	Ulykkesfrekvens med hensyn på møteulykker og velt i kjørebanen (ulykker pr mill. kjtkm.) Ulykkesfrekvens med hensyn på alvorlige møteulykker og velt i kjørebanen (ulykker pr mill. kjtkm.) Analysen ga ingen resultater (konvergerte ikke)
Antall personskadeulykker totalt i løpet av 7 år på en strekning Antall alvorlige personskadeulykker i løpet av 7 år på en strekning Skadekostnad (gitt i helt antall mill kroner) med hensyn på personskadeulykker totalt i løpet av 7 år på en strekning	Ulykkesfrekvens med hensyn på personskadeulykker totalt (ulykker pr mill. kjtkm.) Ulykkesfrekvens med hensyn på alvorlige personskadeulykker (ulykker pr mill. kjtkm.) Skadekostnad (kr) pr kjøretøykilometer med hensyn på personskadeulykker totalt

Ved en negativ binomialfordeling vil sannsynligheten for å observere r ulykker på en strekning være (Payne 2000):

$$P(X = r) = \binom{r+k-1}{k-1} \times \left[\frac{\mu}{\mu+k}\right]^{r} \times \left[1+\frac{\mu}{k}\right]^{-k}$$

Her er μ middelverdien og k er gitt ved uttrykket

$$V = \mu + \frac{\mu^2}{k}$$

hvor V er variansen. Størrelsen $\frac{1}{k}$ benevnes ofte poissonindeksen. Når den går mot 0 ($k \rightarrow \infty$) vil den negative binomialfordelingen nærme seg en poissonfordeling hvor $V = \mu$.

Som vi tidligere har nevnt er antall ulykker fra strekning til strekning innenfor samme tidsperiode negativ binomialfordelt. Siden skadekostnaden er avledet av antall drepte og skadde, er det naturlig å undersøke om denne variabelen også følger denne fordelingen.

I vedlegg 3 er vist hvor god tilpasning de ulike avhengige variable har i forhold til en negativ binomialfordeling, og hvilken k-verdi som er beregnet. Som en kunne forvente er tilpasningen til den negative binomialfordelingen generelt sett bedre for antall ulykker enn for skadekostnad. Dette medfører en større usikkerhet i de flervariable analyser når skadekostnad er avhengig variabel i forhold til når antall ulykker er det.

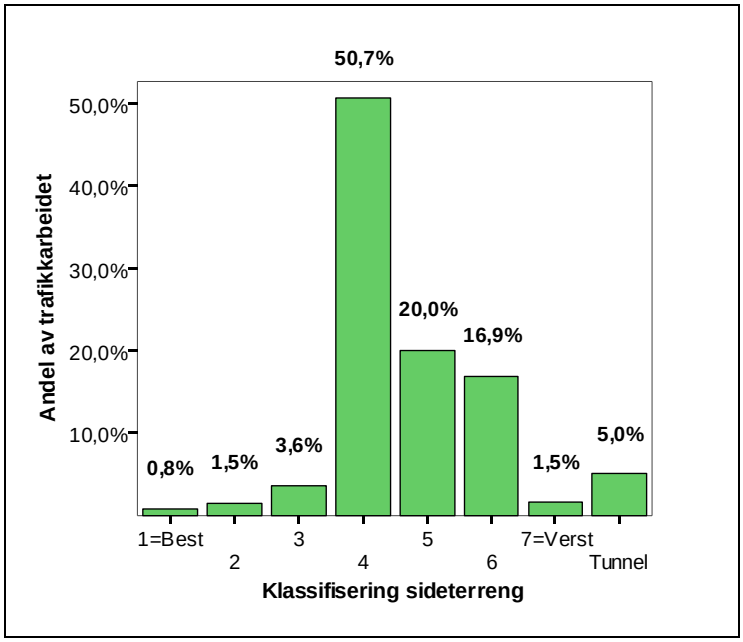
5.2.2 Klassifisering av sideterrenget

Klassifisering av sideterreng bygger på "Roadside Hazard Rating" anvendt i "Interactive Highway Safety Design Model" i USA (Vogt og Bared 1998). Vegens sideterreng er der inndelt i 7 kategorier etter skadevoldende egenskaper, med 1 som beste kategori og 7 som den verste. Inndelingen er tilpasset norske forhold som blant annet innbefatter at vi har etablert en egen kategori for tunneler.

Beskrivelse av de ulike klassene illustrert med bilder fra det aktuelle datamaterialet, er vist på neste side.

Klassifiseringen er foretatt ved hjelp av Vidcon-bilder. Kategorien for sideterreng er valgt ut i fra dårligste side av vegen.

Figur 5 nedenfor viser hvor stor andel av trafikkarbeidet som foregår på strekninger i datamaterialet med ulike typer sideterreng. Vi ser at de 3 beste kategoriene har bare ca 6 % av trafikkarbeidet. Disse er derfor slått sammen i analysene. Noen ganger er de også slått sammen med kategori 4, som har over halvparten av trafikkarbeidet. Vi ser også at kategori 7 bare har 1,5 % av trafikkarbeidet. Denne er derfor slått sammen med kategori 6.

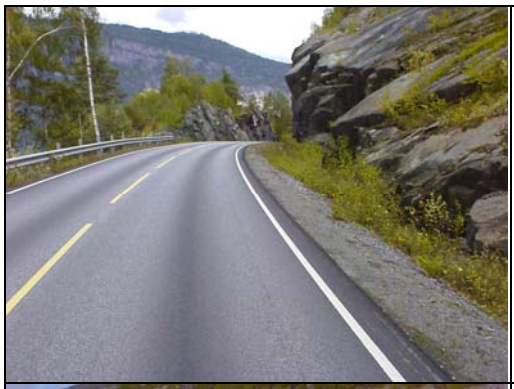


Figur 5: *Trafikkarbeidets fordeling på type sideterreng i datamaterialet.*

Klassifisering av sideterreng

	Kategori 1 Jorder og viddelandskap, uten noen form for sidehinder: - stor klaring mellom vegkant og hinder - tilnærmet flatt terreng - lett å gjenvinne kontroll ved utforkjøring
	Kategori 2 Terreng med stor avstand til sidehinder og svak helning: - minst 6 m klaring mellom vegkant og hinder - terrenget har svak helning (1:4) - lett å gjenvinne kontroll ved utforkjøring
	Kategori 3 Terreng med svak helning og lett vegetasjon: - minst 3 m klaring mellom vegkant og hinder - terrenget har svak helning (1:3 eller 1:4) - lett vegetasjon, for eksempel busker og kratt - det er mulig å gjenvinne kontroll ved utforkjøring
	Kategori 4 Vegstrekninger med rekkverk, lyktestolper og trær: - 1,5 – 3 m klaring mellom vegkant og hinder - terrenget har svak helning (1:3 til 1:4) - rekkverk, trær, stolper, skilt eller andre objekter forekommer langs vegen - ved utforkjøring er det vanskelig å gjenvinne kontroll og unngå kollisjon med elementer i sideterrenget
	Kategori 5 Veger som går langs bergknauser og gjennom tett skog. - 1,5 - 3 m klaring mellom vegkant og hinder - terrenget har helning (ca 1:3) - stein, mur, bergknauser, tett skog eller andre objekter forekommer inntil vegen - ved utforkjøring er det ingen reell mulighet for å gjenvinne kontroll og unngå kollisjon med elementer i sideterrenget

Klassifisering av sideterreng (forts)

	**Kategori 6** Veger som går gjennom fjellskjæringer eller med svært bratt sideterreng: - klaring på mindre enn 1,5 m fra vegkant til sidehinder - sideterrenget har bratt helning (1:2) - ingen rekkverk - fjell, stein eller tilsvarende objekter forekommer - ingen mulighet for å unngå kollisjon ved utforkjøring
	Kategori 7 Veger med fjellskjæringer helt inntil vegkanten: - ingen klaring mellom veg og sidehinder - sideterrenget har bratt helning (brattere enn 1:2) - fjellskrent, stup eller fjellskjæring inntil vegen - ingen mulighet for å unngå kollisjon og høy sannsynlighet for alvorlig personskade ved utforkjøring
	Kategori 8 Tunneler

5.3 Resultater

Dette kapittelet inneholder resultatene både fra den beskrivende og den flervariable analysen. Ut fra formålet med prosjektet er fokus på hvilken innvirkning sideterrenget har på ulykkesfrekvens og skadekostnad pr kjtkm.

Tabell 20 nedenfor viser hvilke forklaringsvariable som har signifikant innvirkning på de avhengige variable i følge de flervariable analysene.

Vi ser at sideterrengets beskaffenhet er signifikant i forhold til alle 3 grupper ulykkestyper når det gjelder personskadeulykker totalt. I forhold til ulykker med drepte eller hardt skadde og skadekostnad er det imidlertid bare utforkjøringsulykker som påvirkes signifikant av denne forklaringsvariabelen. At det er utforkjøringsulykkene som påvirkes mest av sideterrengets beskaffenhet, er som forventet.

Tabell 20: *Resultat fra flervariable analyser. Forklaringsvariable som har signifikant innvirkning på de ulike avhengige variable.*

Forklaringsvariabel	Personskadeulykker			Ulykker med drepte eller hardt skadde			Skadekostnad		
	Utfor	Møte+	Alle	Utfor	Møte+	Alle	Utfor	Møte+	Alle
ÅDT	x	x	x	x	x	x	x	Analysen lot seg ikke gjennomføre	x
Sideterreng	x	x[1]	x	x			x		
Andel av strekn med R < Rmin tilsv Vdim=fartsgr	x	x	x	x					
Andel av strekn med R<110 m							x		
An del av strekn. med R < 160 m					x	x			x
Dimensjonerende fart (Vdim)				x		x			x
Gjennomsnittlig stigning				x	x				
Fartsgrense							x		
Vdim lik, større eller mindre enn fartsgr.							x		

Strekningslengden inngår i analysene slik at de avhengige variablene er proporsjonal med denne
[1] Bare kategorien tunnel gir signifikant innvirkning

I vedlegg 4 er gitt en detaljert oversikt over resultatene fra den flervariable analysen[5].

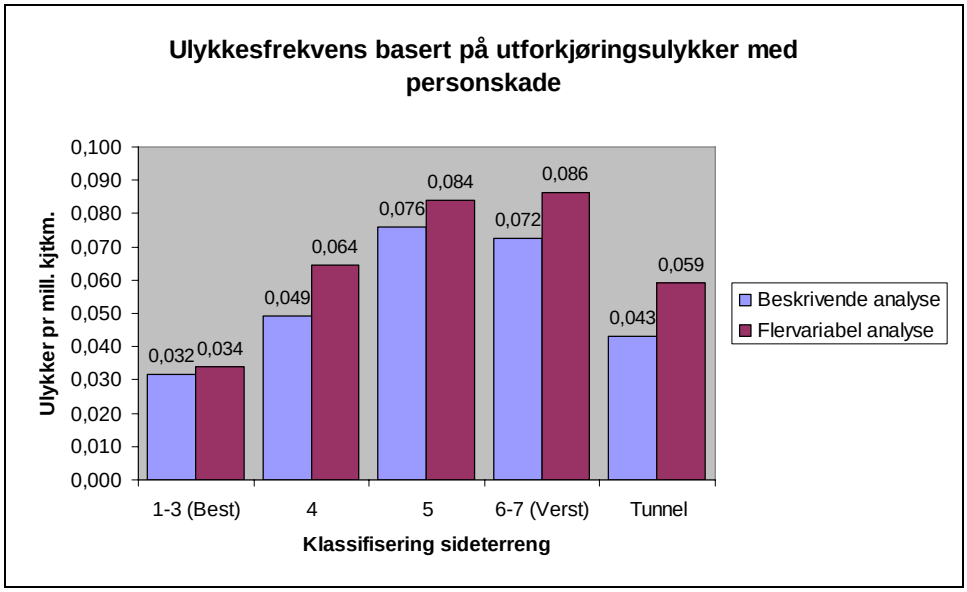
[5] I undersøkelsen dette datamaterialet først ble anvendt (Sakshaug 2000) var skulderbredden en signifikant forklaringsvariabel for antall personskadeulykker på en strekning. Slik er det ikke i analysen som er foretatt nå. Det der mulig dette skyldes oppsplittingen av de opprinnelige analysestrekningene i kortere strekninger for å oppnå homogenitet med hensyn på sideterreng. Vi har da fått færre ulykker pr strekning.

I det følgende er modellene i vedlegg 4 benyttet til å illustrere hvordan ulykkesfrekvensen (ulykker pr million kjtkm) og skadekostnad pr kjtkm varierer med sideterrengets beskaffenhet. Vi har da gitt de øvrige signifikante variable faste verdier[6].

I tillegg er vist resultatene fra den beskrivende analysen hvor vi viser gjennomsnittsverdiene innen de ulike kategorier sideterreng. Av korrelasjonskoeffisientene i vedlegg 2 ser vi at det i liten grad er samvariasjon mellom type sideterreng og andre forklaringsvariable. Dette indikerer at de beskrivende analysene skulle gi et brukbart bilde av den innvirkning sideterrenget har, selv om disse ikke tar høyde for andre faktorers innvirkning.

Som vi ser av *Figur 5* side 35 forgår bare en liten andel av trafikkarbeidet på strekninger med de 3 beste kategorier sideterreng. For å i større grad å unngå tilfeldige utslag, er derfor disse kategoriene slått sammen i analysene. Når deg gjelder innvirkningen på skadekostnad har vi slått sammen de 4 beste kategoriene, siden antall skadde innen ulike skadegrader i en ulykke, gir en tilleggsvariasjon i forhold til variasjonen i antall ulykker.

Figur 6 nedenfor viser ulykkesfrekvensen basert på utforkjøringsulykker. Det er ganske bra sammenfall mellom resultatene fra de to analysemetodene. Dette gjelder stort sett også i de øvrige analyser. Ett unntak er at den flervariable analysen gjennomgående gir høyere ulykkesfrekvens og skadekostnad i tunneler enn de beskrivende analysene (konferer underkapittel 5.2.1). I gjennomsnitt gir den flervariable analysen den samme ulykkesfrekvens basert på personskadeulykker i tunneler som på alle strekninger i dagen sett under ett. I henhold til den beskrivende analysen er ulykkesfrekvensen noe lavere i tunnel enn på strekninger i dagen (henholdsvis 0,14 og 0,12 personskadeulykker pr million kjtkm). Dette samsvarer bra med hva som oppgis i Trafikksikkerhetshåndboka (Elvik med flere 2006), som kan tyde på at de flervariable analysene gir noe for høye verdier for tunneler.

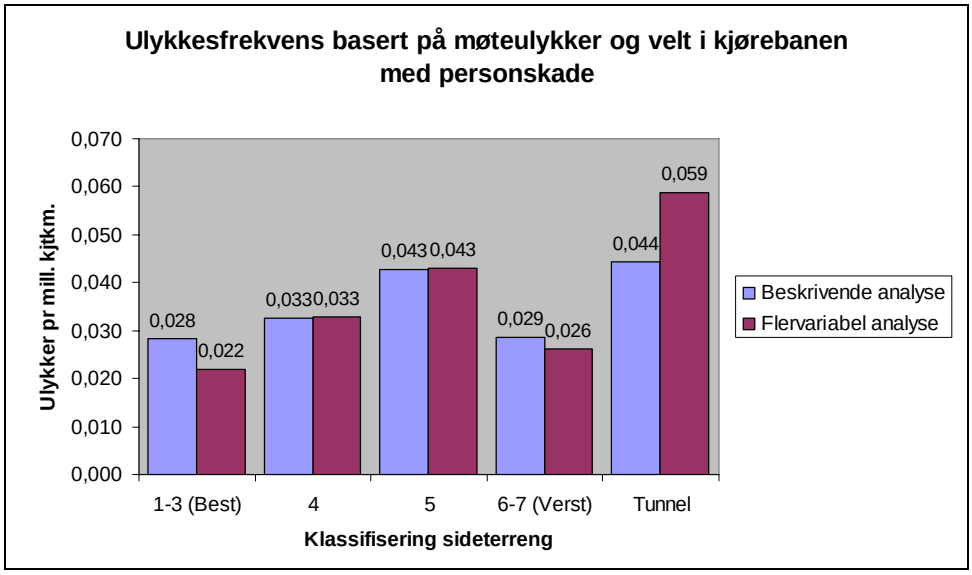


Figur 6: *Ulykkesfrekvens basert på utforkjøringsulykker med personskade for ulike kategorier sideterreng. Flervariabel[7] og beskrivende analyse*

Figuren ovenfor viser klart at *ulykkesfrekvensen med hensyn på utforkjøringsulykker med personskade øker med økende skadevoldende egenskaper hos sideterrenget. Det betyr at lite "ettergivende" sideterreng fører til flere personskader totalt sett når utforkjøringer skjer.*

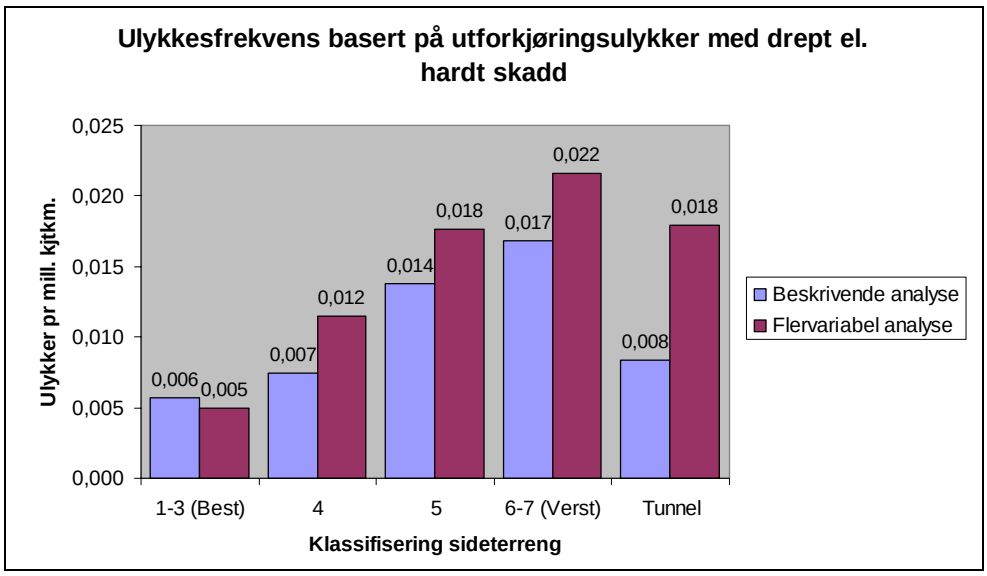
[6] Gjennomsnitt vektet i forhold til strekningslengden.
[7] ÅDT: 2800, Andel av strekn med R < Rmin tilsv Vdim=fartsgr: 0,065

Figur 7 nedenfor viser hvordan ulykkesfrekvens basert på møteulykker og velt i kjørebanen varierer med sideterrengets beskaffenhet. Vi ser her at det ikke er noen entydig sammenheng. I den flervariable analysen var det i samsvar med dette bare tunnelverdien som var signifikant høyere en verdien for "beste sideterreng" (kategori 1-3 slått sammen). Den beskrivende analysen ga ingen signifikante forskjeller. Siden møteulykker og velt i kjørebanen i liten grad påvirkes av sideterrenget, er dette som forventet.



Figur 7: *Ulykkesfrekvens basert på møteulykker og velt i kjørebanen med personskade. Flervariabel og beskrivende analyse.*

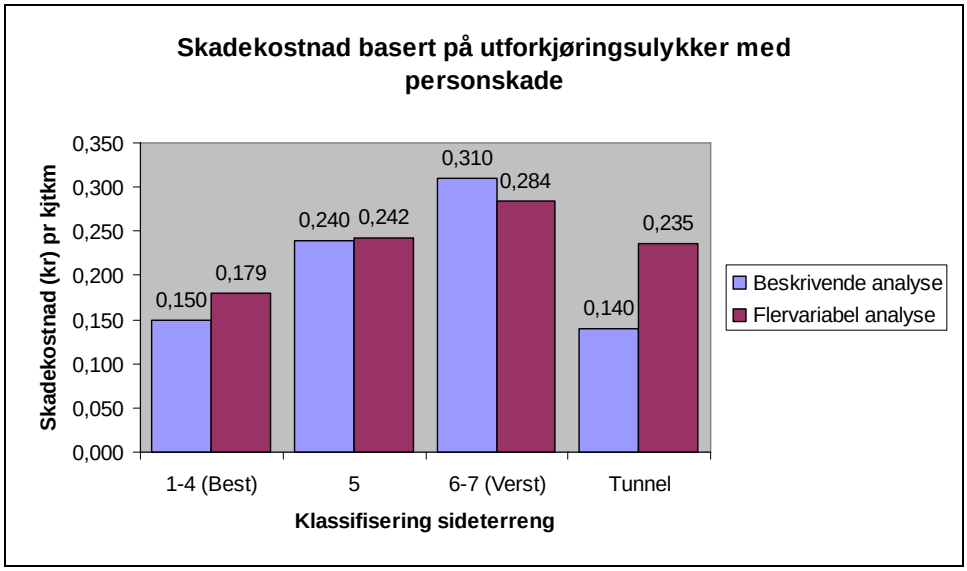
Figur 8 nedenfor viser ulykkesfrekvensen basert på utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde på strekninger med ulike typer sideterreng. Vi ser at forskjellen mellom beste type terreng og verste, er relativt sett ennå større her enn tilfellet er når det gjelder ulykkesfrekvensen baser på alle utforkjøringer med personskade.



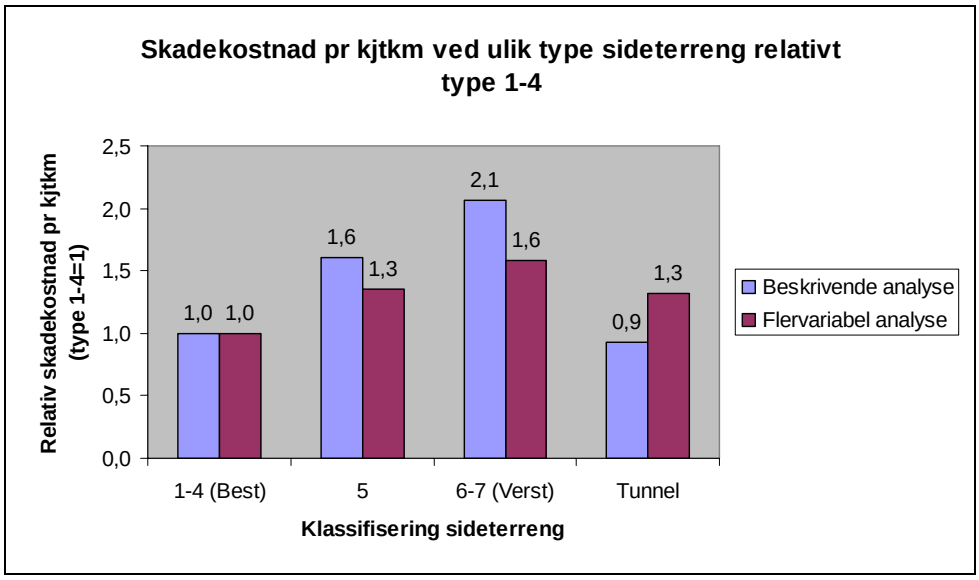
Figur 8: *Ulykkesfrekvens basert på utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde. Flervariabel[8] og beskrivende analyse.*

[8] ÅDT: 2800, Andel av strekn med R < Rmin tilsv Vdim=fartsgr: 0,065, Vdim: 90 km/t, Gjsn. stigning: 1,9 %

Figur 9 nedenfor viser skadekostnad pr kjøretøykilometer basert på utforkjøringsulykker med personskade. Vi ser at det er en tydelig tendens til at skadekostnad pr kjøretøykilometer er større der sideterrenget er lite skadedempende. *Figur 10* nedenfor viser skadekostnaden relativt strekningene med "best" sideterreng. Vi ser at den relative økningen er større i resultatene fra den beskrivende analysen enn hva tilfellet er for resultatene fra den flervariable analysen. Det samsvarer ikke med at økningen i ulykkesrisiko basert på utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde relativt sett er større i den flervariable analysen enn i den beskrivende. Dette kan muligens skyldes at den flervariable analysen ikke konvergerte og derfor ikke gir et helt riktig bilde. *Ut fra det ovenstående velger vi derfor å legge mest vekt på den beskrivende analysen når det gjelder sideterrengets innvirkning på skadekostnad pr kilometer.* Hvis vi bruker tallene på *Figur 9*, finner vi at de verste strekningene har en skadekostnad pr kjtkm basert på utforkjøringsulykker, som er 0,16 kr høyere enn tilfellet er på strekninger med sideterreng i kategorien 1-4. *Pr kilometer og år utgjør dette ca 60 000 kr for en veg med ÅDT lik 1000.*



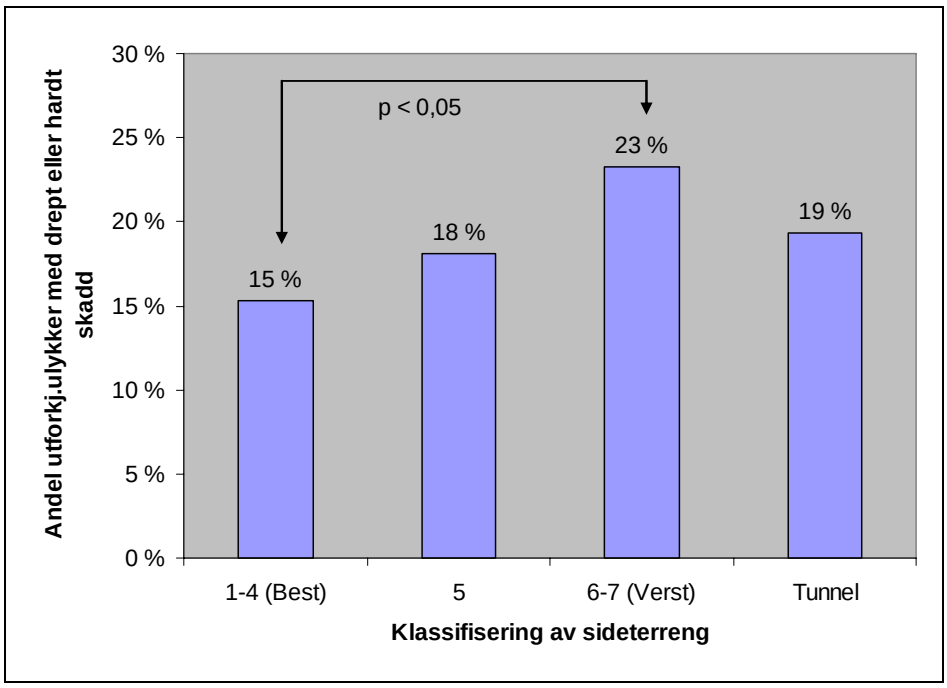
Figur 9: *Skadekostnad i kr pr kjtkm basert på utforkjøringsulykker. Flervariabel*[9] *og beskrivende analyse.*



Figur 10: *Skadekostnad pr kjtkm for ulike typer sideterreng, relativt type 1-4.*

[9] ÅDT: 2000, Vdim> 80, Fartsgrense: 80 km/t, Andel av strekning med R under 110 m: 0,0084

Figur 11 nedenfor viser hvor stor andel utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde utgjør av totalt antall utforkjøringsulykker med personskade, alt etter type sideterreng på strekningen. Det fremgår tydelig at sideterreng med høy skadevoldende beskaffenhet gir en større andel utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde. Forskjellen i andel ulykker med drepte eller hardt skadde på de beste og verste strekningene er signifikant på 5 %-nivå.



Figur 11: *Andel utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde ved ulike kategorier sideterreng. Beskrivende analyse*

5.4 Innvirkning av sideterrenget på ulykkesfrekvens og skadekostnad på strekninger – Oppsummering

Sideterrengets beskaffenhet påvirker i første rekke antall og alvorlighetsgraden til utforkjøringsulykker. På strekninger med sideterreng med liten skadedempende evne, er det flere utforkjøringsulykker samtidig som en større andel av disse er ulykker med drepte eller hardt skadde. For en strekning på 10 km med ÅDT 5000 vil:

- forskjellen mellom dårligste (gruppe 6-7) og beste type sideterreng (1-3) bety 0,8-0,9 flere utforkjøringsulykker med personskade pr år. Av dette vil 0,2-0,3 være ulykker med drepte eller hardt skadde.

- skadekostnad pr kjøretøykilometer basert på utforkjøringsulykker være i gjennomsnitt kr 0,16 høyere på en strekning med sideterreng i klassen 6-7 enn på en strekning med sideterreng i klassen 1-4. For det aktuelle eksemplet (10 km med ÅDT 5000) tilsvarer det en forskjell i skadekostnader på ca 3 millioner kroner pr år.

6 BETYDNING AV KANTLINJENS PLASSERING – EN SIMULATORSTUDIE

6.1 Innledning

Skulderen er definert som en del av vegens sideområde. Litteraturundersøkelsen har vist at det er en sikkerhetsgevinst i å anlegge skulder på veger som mangler dette, og likeledes ved å øke skulderbredden opp til et visst nivå som synes å ligge rundt 2 meter. Det er også en sikkerhetsmessig gevinst i å legge fast dekke på skulderen.

I en norsk studie tidligere referert i kapittel 5 (Sakshaug 2000) ble det funnet at skulderbredden er den breddeparameteren som har størst innvirkning på ulykkesfrekvens og skadekostnad pr kjøretøykilometer. (I en reanalysering av datamaterialet i det herværende prosjektet (kapittel 5) hvor vegens sideterreng var tatt med som en uavhengig variabel, ble riktig nok skulderbredde ikke med som en signifikant variabel.)

Ut fra det ovenstående er det interessant å se om en får en sikkerhetsmessig effekt av å øke skulderbredden på bekostning av kjørebanebredden ved å flytte kantlinja lenger inn. Dette var bakgrunnen for at kantlinja ble flyttet på to prøvestrekninger (Sakshaug, Lervåg og Giæver 2004). Fart og sidevegs plassering ble målt før og etter (se senere angående resultatene). Prosjektet omfattet også en undersøkelse av antall ulykker før og etter at kantlinjene (om nødvendig) ble flyttet lenger inn på riks- og fylkesveger i Oppland slik at asfaltert skulder ble minimum 0,5 m. Dette ble gjort selv om kjørebanen etterpå ble så smal at midtlinje ikke ble merket opp (< 5,5 m). Denne delen av undersøkelsen ga imidlertid ikke entydige resultater.

På de to prøvestrekningene nevnt ovenfor ble kantlinja flyttet inn henholdsvis 0,25 og 0,5 meter på strekninger med 7,5 og 8 meter asfaltert bredde. Det er ønskelig å se på effekten av å flytte inn kantlinja mer, slik at midtlinja ”forsvinner” (kjørebanebredde mindre enn 5,5 meter). Det er også interessant å flytte inn kantlinja på veger med større asfaltert bredde enn på førsøksstrekningene.

Den ene av prøvestrekningene det ble gjort feltmålinger på i 2004 (på EV6 i Sør-Trøndelag), er lagt inn i kjøresimulatoren ved SINTEF/NTNU i forbindelse med et annet prosjekt. På denne strekningen er det kjørt forsøk med 2 alternative vegbredder (henholdsvis 7,5 og 10 meter asfaltert bredde). To av kombinasjonene kjørebanebredde/skulder tilsvarer verdiene ved feltforsøket i 2004. Dette gjør det mulig å sammenligne feltdata med simulatordata.

6.2 Gjennomføring av simulatorkjøringene

Den samme strekningen ble kjørt med to alternative vegbredder med henholdsvis 7,5 og 10 meter asfaltert bredde. Ved asfaltert bredde 7,5 meter ble det forsøkt 3 ulike plasseringer av kantlinja, og ved asfaltert bredde like 10 meter to ulike plasseringer. Dette gir til sammen 5 ulike scenarier (se *Tabell 21* nedenfor).

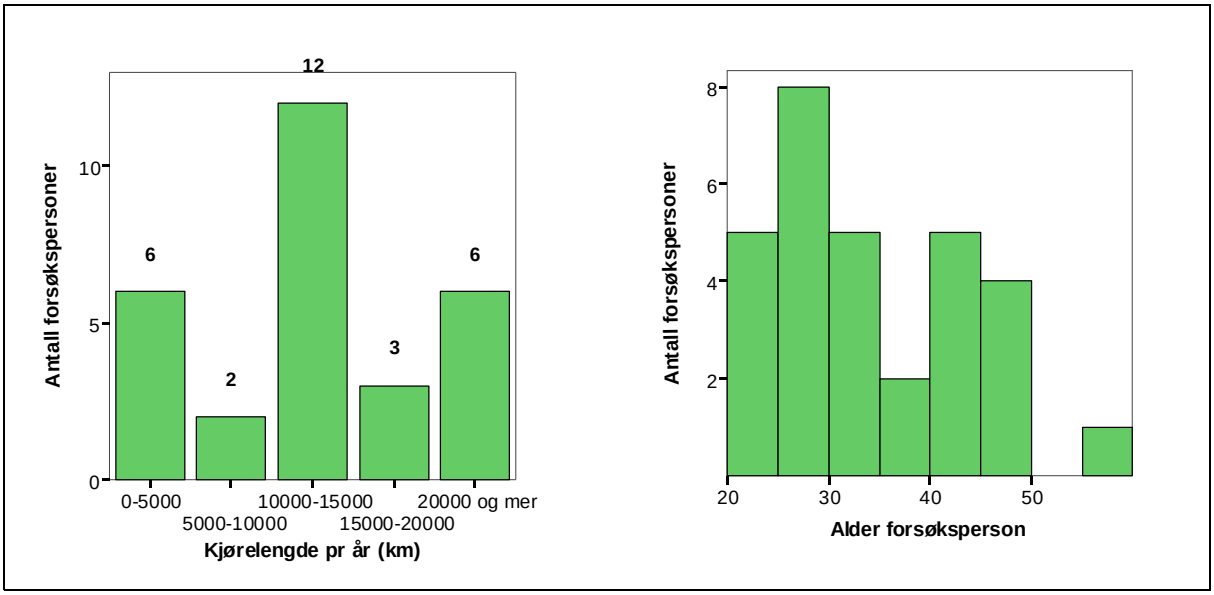
Tabell 21: *Oversikt over anvendt tverrprofil og fartsgrenser i de ulike scenariene*

Scenario nr	Bredder (m)					Farts-grense
	Total vegbredde	Asfaltert bredde	Kjørefelt	Skulder	Herav asfaltert	
1	8,5	7,5	2 x 2,70[1]	2 x 1,55	2 x 1,05	70
2	8,5	7,5	2 x 3,0	2 x 1,25	2 x 0,75	70
3	8,5	7,5	2 x 3,25	2 x 1,0	2 x 0,5	70
4	10,0	10,0	2 x 3,0	2 x 2,0	2 x 2,0	80
5	10,0	10,0	2 x 3,5	2 x 1,5	2 x 1,5	80

[1] Ikke oppmerket midtlinje

Ved scenario 1 er kantlinja flyttet inn så mye at midtlinje ikke er merket opp (kjørebanebredde under 5,5 meter).

Alle scenariene er kjørt av 30 forsøkspersoner. *Figur 12* viser hvordan forsøkspersonene fordeler seg med hensyn på årlig kjørelengde og alder.



Figur 12: *Kjørelengde pr år og alder for forsøkspersonene*

Bare 4 forsøkspersoner var kvinner.

Det er foretatt en rullering slik at alle scenarier har blitt kjørt like mange ganger som nummer 1 i rekken som nummer to i rekken osv.

6.3 Resultater

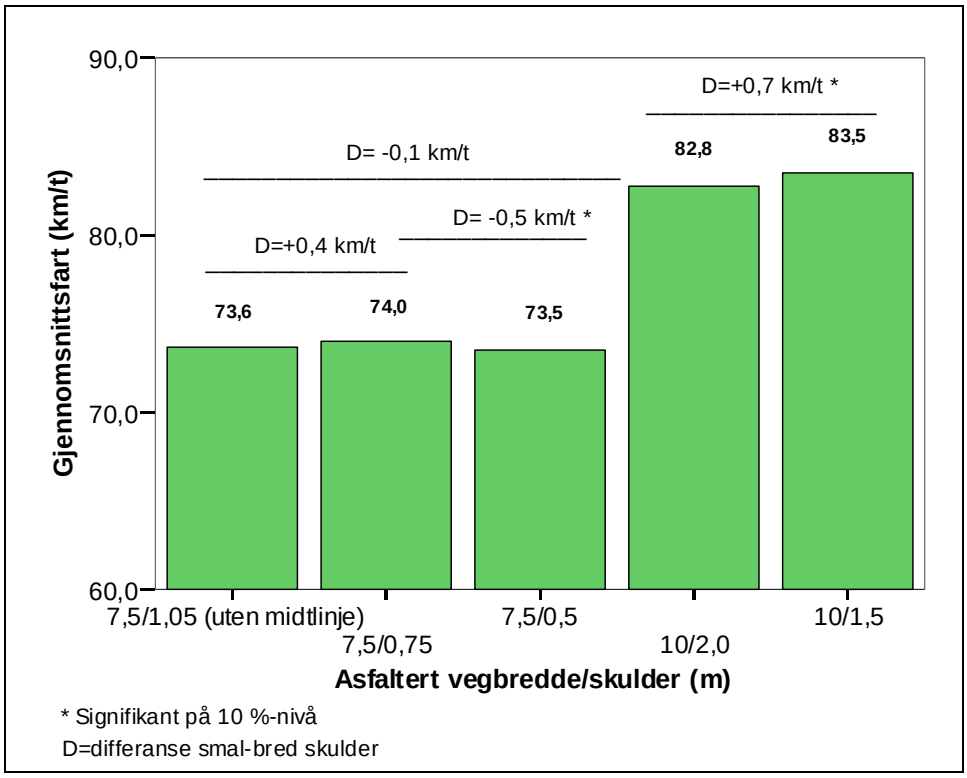
Følgende atferdsvariable er analysert:

- Sidevegs plassering
  - Avstand fra høyre hjulpar til asfaltkanten
  - Avstand fra venstre hjulpar til vegens senterlinje
- Gjennomsnittsfart på utvalgte delstrekninger (22 korte delstrekninger, hver på 10 meter)

Det er skilt mellom situasjoner der testføreren møter et kjøretøy og der vedkommende ikke gjør det.

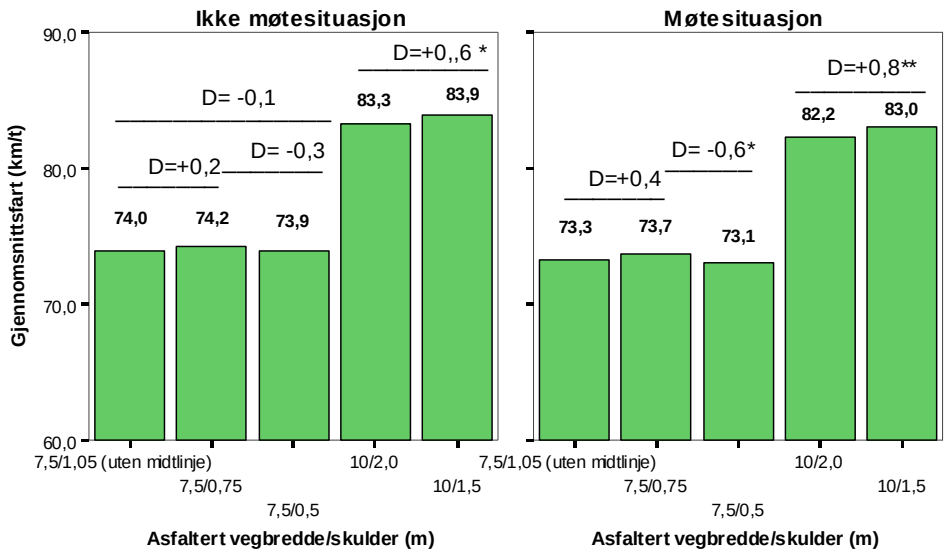
På figurene er signifikante forskjeller på 10 %-nivå ($p < 0,10$) merket med *, og forskjeller som er signifikant på 5 %-nivå ($p < 0,05$) med **.

Figur 13 nedenfor viser gjennomsnittsfarten for alle delstrekninger sett under ett for de ulike kombinasjoner av tverrprofil og kantlinjeplassering. Vi ser at det er små forskjeller mellom de ulike kantlinjeplasseringene for samme tverrprofil (dvs også fartsgrense). Det er ingen entydig sammenheng mellom kantlinjens plassering og gjennomsnittsfarten.



Figur 13: *Gjennomsnittsfart for ulike tverrprofiler og plassering av kantlinja*

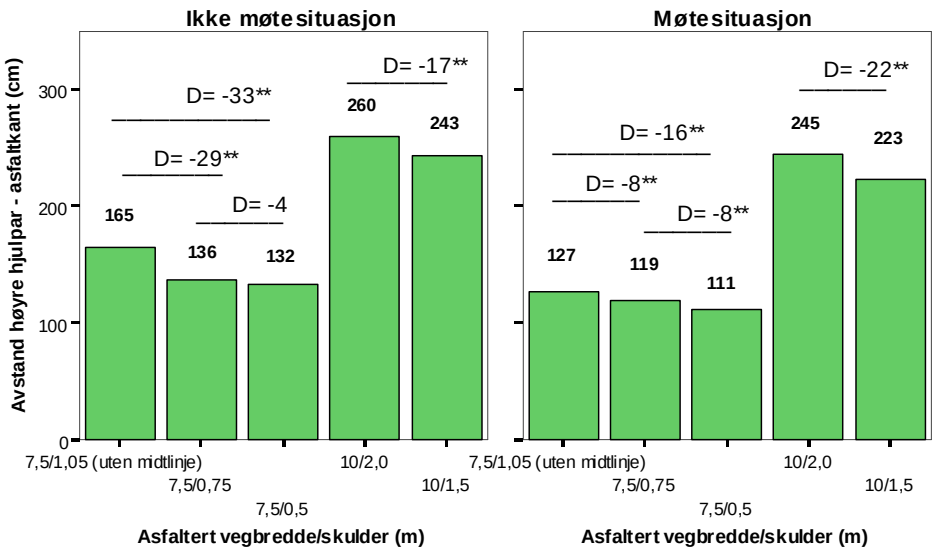
På *Figur 14* neste side er det sett på gjennomsnittsfarten med og uten møtende kjøretøy. Bildet er omtrent det samme for de to trafikksituasjonene, både med hensyn på fartsnivå og forskjell mellom de ulike kantlinjeplasseringene.



* Signifikant på 10 % -nivå ** Signinfikant på 5 % -nivå
D=differanse smal-bred skulder

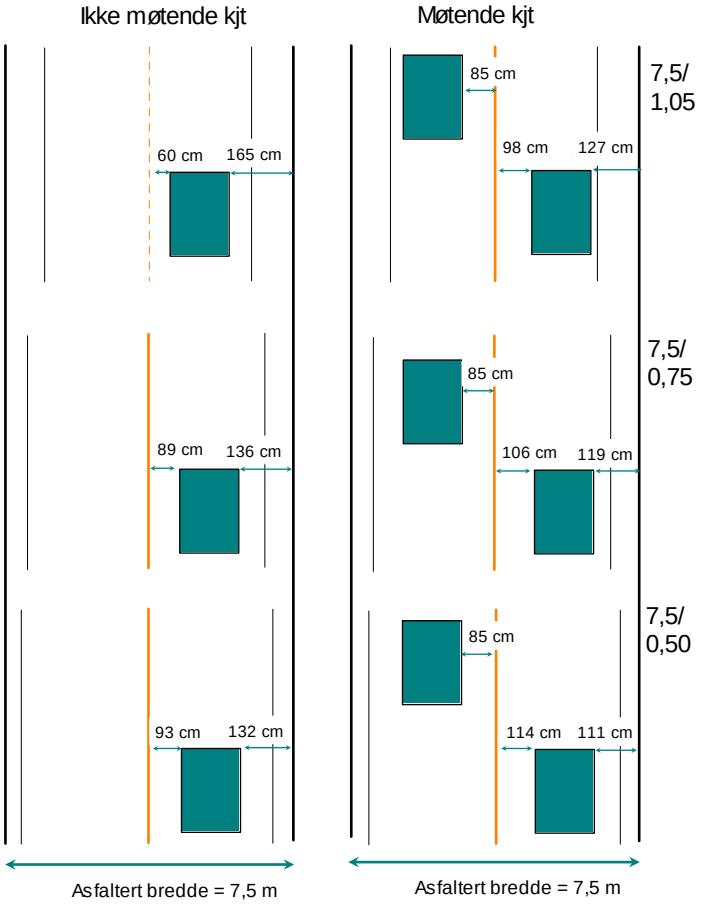
Figur 14: *Gjennomsnittsfart for ulike tverrprofiler og plassering av kantlinja. Inndeling etter møtesituasjon.*

Figur 15 nedenfor viser hvordan avstanden mellom høyre hjulpar og asfaltkanten varierer etter plassering av kantlinja ved de to alternative tverrprofilene. Plasseringen i kjørebanen er også illustrert på *Figur 16* og *Figur 17* neste side.

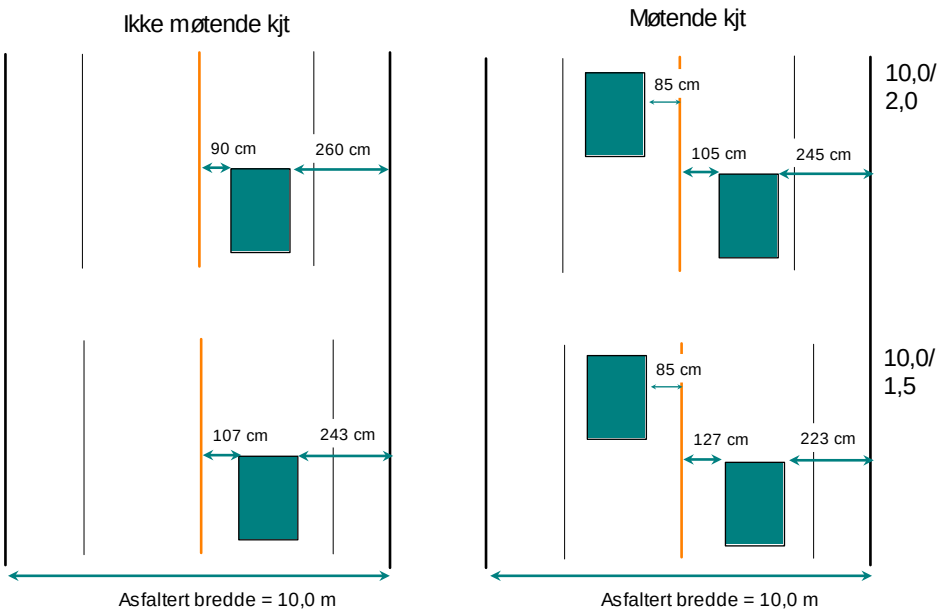


** Signifikant på 5 %-nivå
D=differanse smal skulder - bred skulder

Figur 15: *Avstand til asfaltkant som funksjon av skulderbredde og asfaltert bredde.*



Figur 16: *Plassering i kjørebanen som funksjon av skulderbredden. 7,5 m asfaltert bredde.*



Figur 17: *Plassering i kjørebanen som funksjon av skulderbredden. 10,0 m asfaltert bredde.*

Vi vil først ta for oss resultatene ved *den minste vegbredden* (Figur 15 og Figur 16):
Ved alternativet bred skulder (1,05 m uten midtlinje) flyttet kjøretøyene seg i større grad etter kantlinja når det ikke var møtende trafikk, enn når det kom kjøretøy i mot. *Når det ikke var*

møtende trafikk økte altså sikkerhetsavstanden til asfaltkanten når kantlinja ble flyttet så mye inn at midtlinje ikke skal merkes opp. På den andre siden; *ved møtende trafikk* var sikkerhetsavstanden til vegens senterlinje bare litt mindre ved bred skulder uten midtlinje, enn ved smal skulder og midtlinje.

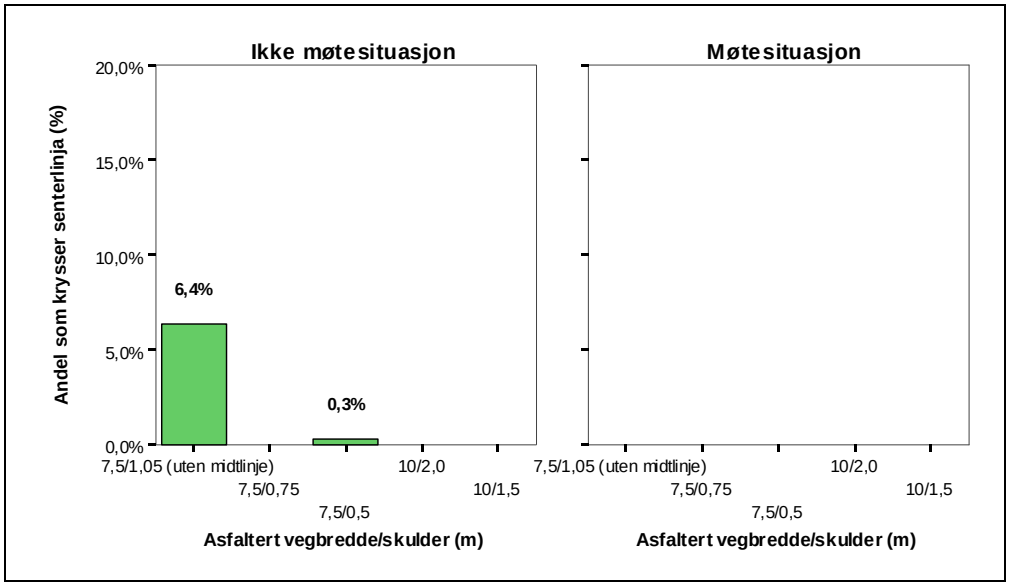
De foreliggende resultatene *kan* indikere en sikkerhetsmessig gevinst ved en flytting av kantlinjene slik som det ble gjort i Oppland (konferer 6.1). En før-etterundersøkelse av dette ga imidlertid ingen indikasjoner på at så er tilfelle.

En sammenligning av alternativene 7,5/0,5 og 7,5/0,75 (asfaltert total bredde/asfaltert skulder), viser bare en liten forskjell i sidevegs plassering, både med og uten møtende trafikk. Det er mulig forholdsvis større forskjell i sidevegs plassering mellom 7,5/0,75 og 7,5/1,05 skyldes at midtlinje ikke var oppmerket i det sistnevnte alternativet.

Som nevnt i avsnitt 6.1 er det gjort feltforsøk på strekningen som er ”gjenskapt” i simulatoren med alternativene 7,5/0,5 og 7,5/0,25 (Sakshaug med flere 2004). Endring i sidevegs plassering fra smal til bred skulder var her omtrent den samme både med og uten møtende trafikk. Endringen var noe større enn i simulatorforsøkene med tilsvarende breddekombinasjoner, mer på linje med simulatorresultatene for 10-meters-vegen (se nedenfor). Det er også gjort feltforsøk på en annen strekning med alternativene 8,0/0,5 og 8,0/1,0. Resultatene herfra stemmer godt over ens med feltmålingene for alternativene 7,5/0,5 og 7,5/0,25.

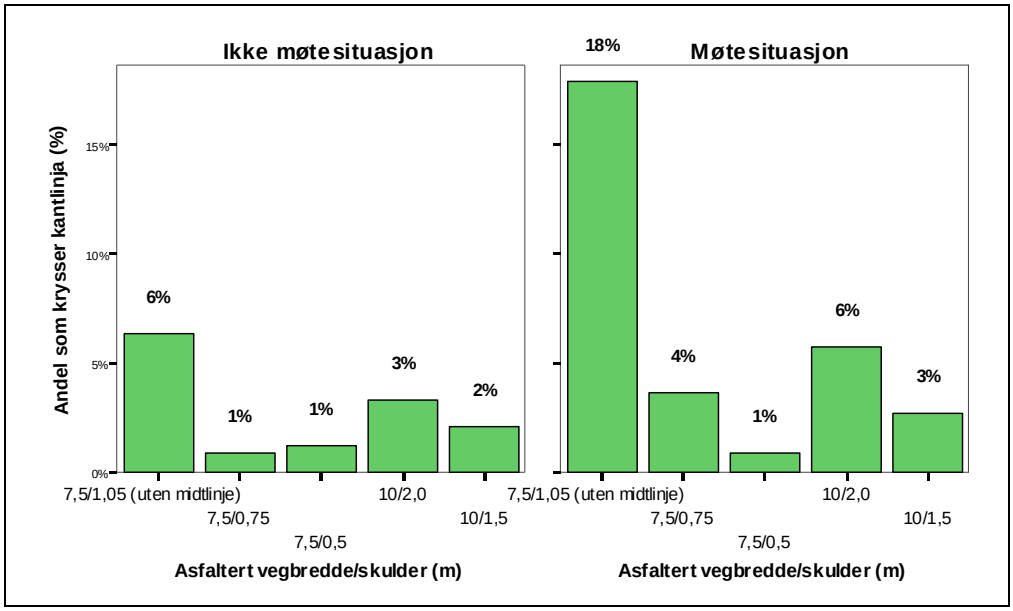
Ved den største vegbredden (asfaltert bredde = 10 m) er sidevegs plassering ved skulderbredde 2,0 m og 1,5 m omtrent den samme både med og uten møtende trafikk (Figur 15 og Figur 17). Når kantlinja flyttes 0,5 m lenger ut mot asfaltkanten, flytter kjøretøyene etter med ca halvparten av dette (eller litt mindre). Det vil si at de beholder sin posisjon i forhold midten av kjørefeltet. En endring av asfaltert skulder fra 2,0 til 1,5 m vil altså i gjennomsnitt føre til en større avstand til møtende trafikk, og mindre avstand til asfaltkanten.

Figur 18 nedenfor viser hvor stor andel av kjøretøyene som krysser vegens senterlinje. Uten møtende trafikk er det ca 6 % av kjøretøyene som krysser senterlinja med venstre hjulpar i alternativet med bredest skulder og uten oppmerket midtlinje. I en møtesituasjon er det ingen av kjøretøyene i noen av alternativene som krysser senterlinja.



Figur 18: *Andel kjøretøy som krysser vegens senterlinje ved ulike breddekombinasjoner*

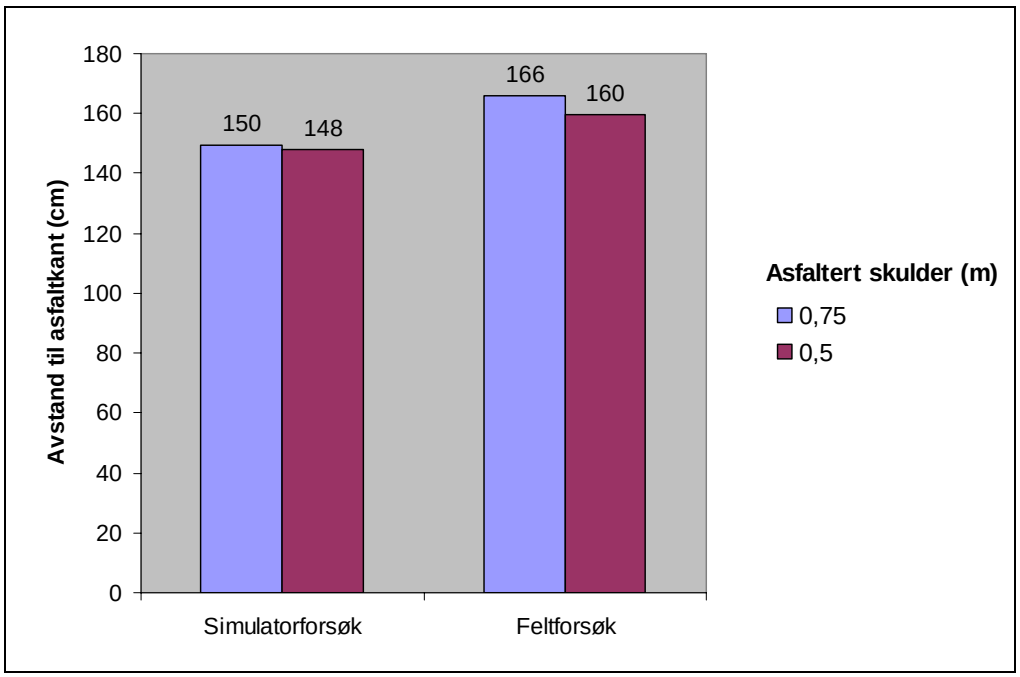
Figur 19 nedenfor viser at 1-6 % av kjøretøyene krysser kantlinja når det ikke er møtende kjøretøy. Størst er andelen ved alternativet 7,5/1,05 uten oppmerket midtlinje. I en møtesituasjon er andelen som krysser kantlinja, ikke uventet, større. Ved 7,5 meter total asfaltert skulder og 1,05 m asfaltert skulder, krysser nærmere 1/5 av kjøretøyene kantlinja. Det antas at kryssing av kantlinja i seg selv, vil være et sikkerhetsproblem der kan ferdes myke trafikanter på skulderen, eventuelt om det er parkerte kjøretøy (dersom skulderen er bred nok til det) eller andre objekter. I forhold til risikoen for utforkjøringsulykker skulle en tro at det er avstanden til asfaltkanten som er avgjørende, uavhengig av bredden på asfaltert skulder.



Figur 19: *Andel kjøretøy som krysser vegens senterlinje ved ulike bredde-kombinasjoner*

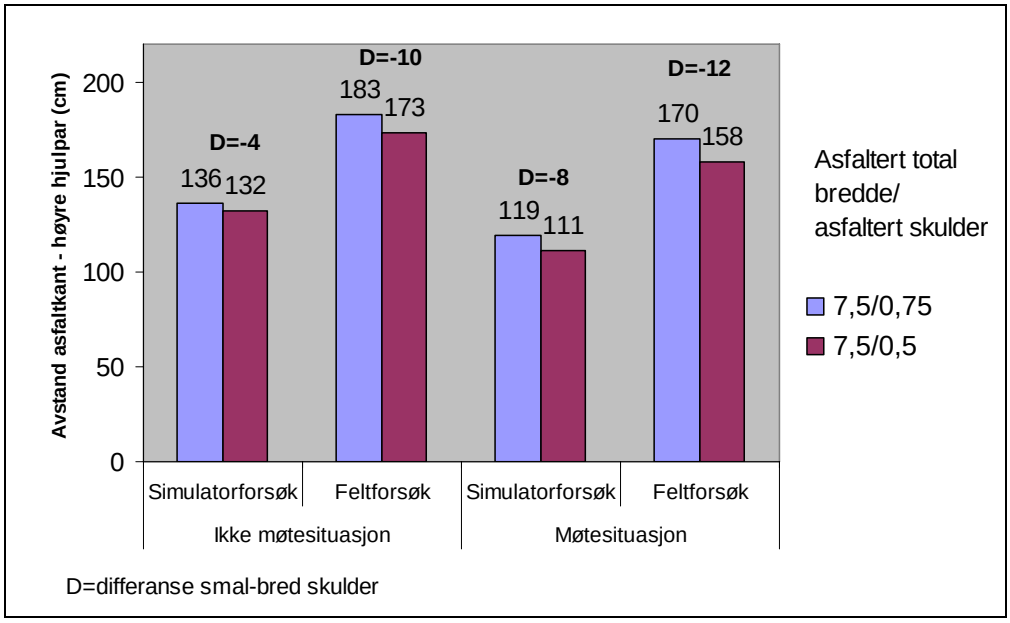
6.4 Sammenligning med resultater fra feltstudien

Som nevnt tidligere i dette kapittelet er det gjort feltmålinger på samme strekning som det gjøres målinger på i kjøresimulatoren. Dette gjelder for breddealternativene 7,5/0,75 og 7,5/0,5. Feltmålingene er gjort i 3 punkt på strekningen, mens resultatene fra simulatorforsøket baserer seg på gjennomsnittet for 22 snitt (som egentlig er korte strekninger på hver ca 10 meter). Gjennomsnittsverdiene for hele strekningen er derfor i utgangspunktet ikke uten videre direkte sammenlignbare når det gjelder feltforsøk og simulatorforsøk. I ett bestemt punkt har det imidlertid vært mulig å sammenligne sidevegs plassering. Figur 20 neste side viser resultatet. Det er en viss tendens til at feltforsøket gir en noe større forskjell i sidevegs plassering mellom de to alternativene, enn simulatorforsøket gjør. Forskjellen mellom simulator og felt er imidlertid ikke stor.



Figur 20: *Sidevegs plassering målt i simulator og i felt i samme punkt på vegstrekningen med asfaltert bredde lik 7,5 m (1 punkt)*

Figur 21 nedenfor viser gjennomsnittlig sidevegs plassering for alle målinger på hele strekningen. Vi ser også her at endring i sidevegs plassering som følge at endret plassering av kantlinja, er noe større i felt enn i simulator.



Figur 21: *Sideveg plassering målt i simulator og felt på samme strekning. Gjennomsnitt for alle målinger på hele strekningen.*

Vi har ikke sammenlignet målt gjennomsnittsfart på strekningen i felt og i simulator. Dette fordi feltmålingene er usikre grunnet feil ved registreringsutstyret.

6.5 Betydning av kantlinjens plassering – Oppsummering

Vi har her vurdert simulatormålingene og de tidligere gjennomførte feltmålingene under ett.

Vi vil ut fra resultatene skille mellom to tilfeller:

1. *Asfaltert skulder gjøres bredere ved at kantlinja flyttes inn på veg med oppmerket midtlinje både før og etter*
   Kjøretøyene forflytter seg lenger inn mot midten av vegen med i gjennomsnitt noe under halvparten av det kantlinja flyttes. Dette gjelder både ved møtende og ikke møtende trafikk. Dette innebærer at sikkerhetsavstanden mot asfaltkanten øker, og blir tilsvarende mindre i forhold til midtlinja. Dette *kan* indikere at risikoen for utforkjøringsulykker avtar og at risikoen for møteulykker øker. Hvis dette er tilfelle, vil totalresultatet med hensyn på antall ulykker avhenge av trafikkvolumet. Ved forholdsvis liten trafikk og generelt liten sannsynlighet for å møte et kjøretøy, kan et slikt tiltak gi en positiv totalgevinst. Det motsatte kan være tilfelle ved stor trafikk og stor sannsynlighet for å møte et kjøretøy.

2. *Asfaltert skulder gjøres så bred at midtlinje ikke blir merket opp i etter-situasjonen*
   Når det *ikke er møtende trafikk* forflytter kjøretøyene seg inn mot midten av kjørebanen omtrent like mye som kantlinja flyttes. Ved *møtende trafikk* er kjøretøyenes forflytning betydelig mindre. Slik blir sikkerhetsavstanden til vegens senterlinje bare noe mindre enn før kantlinja ble flyttet inn. Tilsvarende blir ikke sikkerhetsavstanden til asfaltkanten mye større. Det at en får en større sikkerhetsavstand til asfaltkanten når det ikke er møtende trafikk, og omtrent opprettholder sikkerhetsavstanden til kjørebanens senterlinje ved møtende trafikk, *kan* tyde på at dette totalt sett vil gi en sikkerhetsgevinst, og at effekten vil være størst på veger med forholdsvis lite trafikk.

I forhold til konklusjonene ovenfor må det *tas forbehold om at sammenhengen mellom sidevegs plassering på en veg og ulykkesrisikoen er usikker.* Vi kjenner ikke til undersøkelser som omhandler dette. Et annet forhold er at konklusjonene bygger på et forholdsvis begrenset datamateriale. Dette gjelder både antall forsøkspersoner i simulatorforsøket og antall målepunkt i felt.

7 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Prosjektet har bestått av 5 ulike deler:

1. Litteraturundersøkelse
2. Ulykkesanalyse basert på ulykkesdata fra STRAKS-ulykkesregisteret
3. Detaljanalyse av utforkjøringsulykker hvor det er oppgitt at sidehinder er påkjørt. Kartlegging av i hvilken grad sidehinderet har vært medvirkende til skadens alvorlighetsgrad
4. Studie av hvordan vegens sideområde påvirker ulykkesrisiko og skadekostnad på strekninger med ulik geometrisk utforming.
5. Betydning av kantlinjens plassering innenfor en gitt asfaltert vegbredde.

Resultatene fra de ulike deler av prosjektet er oppsummert nedenfor.

Litteraturundersøkelsen (del 1)

Gjennom *litteraturundersøkelsen* ble effektive trafikksikkerhetstiltak knyttet til vegens sideområde, funnet å være:

- Profilerte og freste kantlinjer.
- Utflating av fyllingsskråninger og avrunding av fyllingstopp.
- Anlegge/øke bredden skulder
- Fast dekke på skulder
- Oppsetting av rekkverk og bruk av ettergivende rekkverk.
- Oppsetting av støtputer.
- Riktig plassering og utforming av belysningsstolper og lignende.
- Utføre systematisk siktrydding.
- Fjerne faste hindre i sideområdet.

Analyse av ulykkesdata fra STRAKS-ulykkesregisteret og detaljanalyse av ulykker hvor sidehinder er påkjørt (del 2 og 3)

Analysen av STRAKS-data viste at:

- *Nesten 1/4 av alle drepte og hardt skadde i trafikkulykker har sittet på/i et kjøretøy som har kjørt på et sidehinder.* De aller fleste av disse ulykkene har vært singelulykker. Det fremgår imidlertid ikke av statistikken i hvilken grad sidehinderet har vært avgjørende for ulykkens alvorlighetsgrad. Dette er derfor undersøkt nærmere i detaljanalysen.
- Vegens sideområde og særlig skulderens bredde og beskaffenhet, vil også ha betydning for ulykker der fotgjengere og syklister som ferdes langs vegen blir påkjørt. Myke trafikanter påkjørt ved ferdsel langs veg og hardt/skadd drept, utgjør mellom 3 og 4 % av alle drepte og hardt skadde trafikanter. Halvparten blir påkjørt utenfor tettbygd strøk, og det er omtrent like mange gående som syklister.

Detaljanalysen av 100 utforkjøringsulykker med drept eller alvorlig skadd trafikant, hvor det i STRAKS-ulykkesregisteret er angitt at sidehinder er påkjørt, viste at:

- For 59 % av ulykkene ble det bedømt at hinderet hadde ført til meget stor eller stor forverring av skadens alvorlighet og i 5 % til noe forverring. Hvis vi unntar ulykker hvor dette er ukjent eller usikkert, blir prosentandelene henholdsvis 79 og 7 %. Ut fra dette kan vi anslå at det *hvert år skjer mellom 140-190 utforkjøringsulykker med drept eller hardt skadd hvor påkjøring av sidehinder har vært medvirkende til skadens alvorlighet.*

De følgende resultatene bygger på de ulykkene hvor hinderet har ført til en *forverring* av skadeomfanget (64 ulykker):

- 41 % av hindrene har vært stein/fjell og 31 % trær, til sammen utgjør dette ca ¾ av hindrene.
- 86 % av ulykkeskjøretøyene har vært person/varebil og 12 % moped/mc.
- I 3 % av ulykkene (=2 ulykker) har motorsyklist blitt skadet mot rekkverk
- 49 % av hindrene har stått nærmere enn 3 meter fra kjørebanekant og 13 % har stått mer enn 8 meter unna
- I forhold til sikkerhetssonene angitt i håndbok 231 ”Rekkverk og master” har ca 1/4 (eller noe mer) av hindrene stått utenfor denne, det vil si lenger fra kjørebanekanten. (Vi har da sett bort fra rekkverk og kantstein.)
- På den andre siden har ca 3/4 (eller noe mindre) av hindrene stått innenfor de angitte sikkerhetssonene i håndbok 231.
- 42 % av utforkjøringene har skjedd på rettstrekning, 45 % i ytterkurve og 9 % i innerkurve.
- De fleste hindre > 6 meter fra kjørebanekanten har blitt påkjørt ved utforkjøring i ytterkurve.

Resultatene viser at tiltak som fjerning av trær og steiner og behandling av sideområdet inn mot fjellskjæringer (som for eksempel oppsetting av rekkverk) er viktig. Det vil også være viktig å komme fram til rekkverksløsninger som i minst mulig grad skader motorsyklister som kjører av vegen.

Det skjer omtrent 5 ganger så mange av denne type ulykker i ytterkurve som i innerkurve. Det skjer nesten like mange på rettstrekning som i ytterkurve, men sett i forhold til veglengden blir ulykkestettheten da langt større i ytterkurver. *Dette viser at behandling av sideområdet som for eksempel fjerning av eller beskyttelse mot hinder (oppsetting av rekkverk), er spesielt viktig i ytterkurver.*

At så vidt mange (1/4) av de påkjørte hindrene har stått utenfor sikkerhetssonen stiller spørsmål om de definerte sikkerhetssonene er brede nok, særlig i ytterkurver. Det at 3/4 av hindrene har stått innenfor sikkerhetssonen, setter på den andre siden fokus på om overholdelse og praktisering av sikkerhetssonene har vært god nok.

Sammenhengen mellom utforming av vegens sideområde og ulykkesfrekvens og skadekostnad (del 4)

Sideterrengets beskaffenhet påvirker i første rekke antall og alvorlighetsgraden til utforkjøringsulykker. På strekninger med sideterreng med liten skadedempende evne, er det flere utforkjøringsulykker samtidig som en større andel av disse er ulykker med drepte eller hardt skadde. For en strekning på 10 km med ÅDT 5000 vil:

- forskjellen mellom dårligste (gruppe 6-7) og beste type sideterreng (1-3) bety 0,8-0,9 flere utforkjøringsulykker med personskade pr år. Av dette vil 0,2-0,3 være ulykker med drepte eller hardt skadde.
- skadekostnad pr kjøretøykilometer basert på utforkjøringsulykker vil være i gjennomsnitt kr 0,16 høyere på en strekning med sideterreng i klassen 6-7 enn på en strekning med sideterreng i klassen 1-4. For det aktuelle eksemplet (10 km med ÅDT 5000) tilsvarer det en forskjell i skadekostnader på ca 3 millioner kroner pr år.

Betydning av kantlinjens plassering (del 5)

Vi har her vurdert simulatormålingene og tidligere gjennomførte feltmålingene under ett. Vi vil ut fra resultatene skille mellom to tilfeller:

- *Asfaltert skulder gjøres <u>bredere</u> ved at kantlinja flyttes inn på veg med oppmerket midtlinje både før og etter*
  Kjøretøyene forflytter seg lenger inn mot midten av vegen med i gjennomsnitt noe under halvparten av det kantlinja flyttes. Dette gjelder både ved møtende og ikke møtende trafikk. Dette innebærer at sikkerhetsavstanden mot asfaltkanten øker, og blir tilsvarende mindre i forhold til midtlinja. Dette *kan* indikere at risikoen for utforkjøringsulykker avtar og at risikoen for møteulykker øker. Hvis dette er tilfelle, vil totalresultatet med hensyn på antall ulykker avhenge av trafikkvolumet. Ved forholdsvis liten trafikk og generelt liten sannsynlighet for å møte et kjøretøy, kan et slikt tiltak gi en positiv totalgevinst. Det motsatte kan være tilfelle ved stor trafikk og stor sannsynlighet for å møte et kjøretøy.
- *Asfaltert skulder gjøres så <u>bred</u> at midtlinje ikke blir merket opp i etter-situasjonen*
  Når det *ikke er møtende trafikk* forflytter kjøretøyene seg inn mot midten av kjørebanen omtrent like mye som kantlinja flyttes. Ved *møtende trafikk* er kjøretøyenes forflytning betydelig mindre. Slik blir sikkerhetsavstanden til vegens senterlinje bare noe mindre enn før kantlinja ble flyttet inn. Tilsvarende blir ikke sikkerhetsavstanden til asfaltkanten mye større.
  Det at en får en større sikkerhetsavstand til asfaltkanten når det ikke er møtende trafikk, og omtrent opprettholder sikkerhetsavstanden til kjørebanens senterlinje ved møtende trafikk, *kan* tyde på at dette totalt sett vil gi færre ulykker, og at effekten vil være størst på veger med forholdsvis lite trafikk.

I forhold til konklusjonene ovenfor må det *tas forbehold om at sammenhengen mellom sidevegs plassering på en veg og ulykkesrisikoen så vidt vites ikke er verifisert.* Et annet forhold er at konklusjonene bygger på et forholdsvis begrenset datamateriale. Dette gjelder både antall forsøkspersoner i simulatorforsøket og antall målepunkt i felt.

Samlet konklusjon

Resultatene fra de ulike delene av prosjektet viser med tydelighet at utforming av vegens sideområde har stor betydning for risikoen for ulykker og ulykkenes alvorlighetsgrad. Særlig har undersøkelsen dokumentert risikoen forbundet med skadevoldende sideterreng (fjellskjæringer, steiner, trær). På strekninger med ugunstig sideterreng vil en utbedring av dette gi en betydelig årlig reduksjon i skadekostnader.

8 ANBEFALINGER

Ut fra resultatene anbefales følgende:

- Sikkerhetsavstanden til faremomenter i Håndbok 231 bør økes.
- Denne sikkerhetsavstanden bør gjøres større i ytterkurver enn i innerkurver og på rettstrekninger.
- Rydding av sikkerhetssonen for faremomenter bør prioriteres, eventuelt må rekkverk settes opp. Dette gjelder særlig i ytterkurver. Slike tiltak vil kunne gi en vesentlig reduksjon i skadekostnad pr kilometer og år.

LITTERATURLISTE

Statens vegvesen 2003	*Håndbok 231: Rekkverk og master.*
Sakshaug 2000	*Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, ulykkeskostnad og veggeometri utenfor tettbygd strøk.* Rapport STF22 A00555, SINTEF Bygg og miljøteknikk, avd Samferdsel. Trondheim 2000.
Kulmala, Roine 1988	*Accident prediction models for two-laine roads in Finland.* Paper at Traffic Safety Theory and Research Methods, April 26-28, 1988, Amsterdam.
Miaou, Shaw-Pin 1994	*The relationship between truck accidents and geometric design of road sections: Poisson versus negative binomial regressions.* Accident Analysis and Prevention, Vol. 26 side 471-482, 1994.
Payne 2000	*The Guide to Genstat. Part 2: Statistics.* Lawes Agricultural Trust 2000
Vogt og Bared 1998	*Accident Models for Two-Lane Rural Roads: Segments and Intersections.* Publication no. FHWA-RD-98-133, October 1998
Sakshaug, Lervåg og Giæver 2004	*Grunnlag for revisjon av håndbok 017 "Veg- og gateutforming": Skulder- og kjørebanebreddens betydning for trafikksikkerheten.* Rapport STF22 A04311, SINTEF Bygg og miljø, avd. Veg og samferdsel. Trondheim 2000.
Elvik, Mysen og Vaa 1997	*Trafikksikkerhetshåndbok.* 3. utgave. Transportøkonomisk institutt, Oslo 1997.
Harwood, Council, Hauer, Hughes and Vogt 2000	*Prediction Of The Expected Safety Performance Of Rural Two-Lane Highways.* Publication No. FHWA-RD-99-207. December 2000

Arbeidsnotater:

Lindland 2003	*Vegens sideområde og utforkjøringsulykker: Litteraturundersøkelse.* Notat, SINTEF Veg og samferdsel, oktober 2003
Sakshaug 2003	*Vegens sideområde: Relevant ulykkesstatistikk.* Notat, SINTEF Veg og samferdsel. Trondheim mai 2003.

Vedlegg 1:
Detaljstudiens representativitet

		Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
		Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
Ulykkens alvorligste skade	Drept	83	22,4%	26	24,5%	109	22,9%
	Meget alv. skadd	30	8,1%	12	11,3%	42	8,8%
	Alv. skadd	258	69,5%	68	64,2%	326	68,3%
Totalt		371	100,0%	106	100,0%	477	100,0%

Uhellskode	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstr.	81	21,8%	20	18,9%	101	21,2%
Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side på rett vegstr.	68	18,3%	17	16,0%	85	17,8%
Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i høyrekurve	64	17,3%	23	21,7%	87	18,2%
Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i høyrekurve	20	5,4%	7	6,6%	27	5,7%
Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i venstrekurve	89	24,0%	26	24,5%	115	24,1%
Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i venstrekurve	25	6,7%	7	6,6%	32	6,7%
Enslig kjøretøy kjørte utfor ved avsvingning i kryss o.l.	10	2,7%	2	1,9%	12	2,5%
Enslig kjøretøy kjørte på trafikkøy eller ende av midtdeler	6	1,6%	3	2,8%	9	1,9%
Uhell med uklart forløp hvor enslig kjøretøy kjørte utfor veg	8	2,2%	1	,9%	9	1,9%
Totalt	371	100,0%	106	100,0%	477	100,0%

Stedforhold	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
Vegstrekning	319	86,0%	90	85,7%	409	85,9%
3-armet kryss	16	4,3%	1	1,0%	17	3,6%
4-armet kryss	3	,8%			3	,6%
Rundkjøring	5	1,3%	5	4,8%	10	2,1%
Annet kryss	7	1,9%	3	2,9%	10	2,1%
Avkjørsel	3	,8%	1	1,0%	4	,8%
Bro	4	1,1%			4	,8%
Tunnel/Undergang	11	3,0%	5	4,8%	16	3,4%
Bomstasjon	1	,3%			1	,2%
Annet	2	,5%			2	,4%
Totalt	371	100,0%	105	100,0%	476	100,0%

Fartsgrense	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
30	5	1,4%			5	1,1%
40	3	,9%	1	1,0%	4	,9%
50	58	16,5%	10	9,5%	68	14,9%
60	60	17,0%	20	19,0%	80	17,5%
70	19	5,4%	7	6,7%	26	5,7%
80	193	54,8%	60	57,1%	253	55,4%
90	11	3,1%	7	6,7%	18	3,9%
100	3	,9%			3	,7%
Totalt	352	100,0%	105	100,0%	457	100,0%

Føreforhold	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
Tørr, bar veg	225	61,1%	72	68,6%	297	62,8%
Våt, bar veg	78	21,2%	18	17,1%	96	20,3%
Snø- eller isbelagt	26	7,1%	9	8,6%	35	7,4%
Delvis snø- eller isbelagt	26	7,1%	6	5,7%	32	6,8%
Glatt ellers	13	3,5%			13	2,7%
Totalt	368	100,0%	105	100,0%	473	100,0%

Lysforhold	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
Dagslys	204	55,7%	63	59,4%	267	56,6%
Tusmørke	23	6,3%	10	9,4%	33	7,0%
Mørkt m/belysning	66	18,0%	20	18,9%	86	18,2%
Mørkt u/belysning	73	19,9%	13	12,3%	86	18,2%
Totalt	366	100,0%	106	100,0%	472	100,0%

Alder fører	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
17 år eller yngre	21	5,7%	4	3,8%	25	5,3%
18-24 år	129	35,1%	31	29,8%	160	34,0%
25-39 år	104	28,3%	42	40,4%	146	31,0%
40-59 år	79	21,5%	18	17,3%	97	20,6%
60-69 år	16	4,4%	2	1,9%	18	3,8%
70 år eller eldre	18	4,9%	7	6,7%	25	5,3%
Totalt	367	100,0%	104	100,0%	471	100,0%

Fører mistenkt for rusmiddelpåvirkning?	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	%	Antall	%
Ja	110	29,8%	19	17,9%	129	27,2%
Nei	259	70,2%	87	82,1%	346	72,8%
Total	369	100,0%	106	100,0%	475	100,0%

Bruk av sikringsutstyr	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
Ingen beskyttelse	95	38,2%	15	25,0%	110	35,6%
Bilbelte	123	49,4%	32	53,3%	155	50,2%
Kollisjonspute	9	3,6%	5	8,3%	14	4,5%
Bilbelte+kollisjonspute	20	8,0%	5	8,3%	25	8,1%
Barnesete	1	,4%	3	5,0%	4	1,3%
Annen beskyttelse	1	,4%			1	,3%
Totalt	249	100,0%	60	100,0%	309	100,0%

Kjøretøykategori	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
Sykkel	4	1,1%			4	,8%
Moped	13	3,5%	4	3,8%	17	3,6%
Lett motorsykkel	7	1,9%	3	2,8%	10	2,1%
Tung motorsykkel	44	11,9%	14	13,2%	58	12,2%
Motorsykkel m/sidevogn	2	,5%			2	,4%
Snøscooter	1	,3%			1	,2%
Personbil, stasjonsvogn	256	69,0%	72	67,9%	328	68,8%
Drosje/minibuss	3	,8%	1	,9%	4	,8%
Buss/minibuss i rute	1	,3%			1	,2%
Ambulanse under utrykning	1	,3%			1	,2%
Varebil	14	3,8%	5	4,7%	19	4,0%
Lastebil	8	2,2%	1	,9%	9	1,9%
Kombinert bil	4	1,1%	2	1,9%	6	1,3%
Trekkbil u/semitrailer	1	,3%			1	,2%
Personbil/stasjonsvogn med campingvogn			1	,9%	1	,2%
Campingbil, bobil	1	,3%			1	,2%
Personbil/stasjonsvogn m tilh./tilh.redskap			1	,9%	1	,2%
Lastebil med påhengsvogn (1-akslet)	1	,3%			1	,2%
Lastebil med påhengsvogn (2-akslet)	1	,3%			1	,2%
Trekkbil med semitrailer	5	1,3%	2	1,9%	7	1,5%
Traktor	3	,8%			3	,6%
Annet kjøretøy	1	,3%			1	,2%
Totalt	371	100,0%	106	100,0%	477	100,0%

Type hinder	Inngår ikke i detaljstudien		Inngår i detaljstudien		Totalt	
	Antall	%	Antall	Antall	%	Antall
Skiltstolpe	19	5,1%	6	5,7%	25	5,2%
Signalstolpe	1	,3%			1	,2%
Lysmast av tre	13	3,5%	4	3,8%	17	3,6%
Lysmast av stål	17	4,6%	3	2,8%	20	4,2%
Annen mast/stolpe	13	3,5%	3	2,8%	16	3,4%
Tre	69	18,6%	24	22,6%	93	19,5%
Gjerde, rekkverk	65	17,5%	23	21,7%	88	18,4%
Mur, bygning	23	6,2%	4	3,8%	27	5,7%
Stein, fjellvegg	94	25,3%	22	20,8%	116	24,3%
Kantstein	15	4,0%	4	3,8%	19	4,0%
Annet	42	11,3%	13	12,3%	55	11,5%
Totalt	371	100,0%	106	100,0%	477	100,0%

Vedlegg 2:
Bivariate korrelasjonskoeffisienter mellom forklaringsvariable i de flervariable analysene.

Korrelasjonsmatrise

Variabelnavn	Var-nr						
Antall utforkjøringsulykk m psk.	1	1.000					
Fartsgrense	2	0.022	1.000				
Prosent lange kjt	3	-0.044	0.186	1.000			
Dimensjonerende fart (km/t)	4	0.102	0.470	0.200	1.000		
Vegbredde (m)	5	0.182	0.375	0.029	0.591	1.000	
Skulderbredde (m)	6	0.151	0.363	-0.069	0.510	0.894	1.000
Kjørebanebredde (m)	7	0.170	0.290	0.132	0.528	0.859	0.538
Andel av strekn. med kurveradie < 70 m	8	0.068	-0.058	-0.123	-0.141	-0.086	-0.066
Andel av strekn. med kurveradie < 110 m	9	0.060	-0.080	-0.150	-0.231	-0.129	-0.089
Andel av strekn. med kurveradie < 160 m	10	0.069	-0.135	-0.206	-0.313	-0.182	-0.124
Andel av strekn. med kurveradie < 230 m	11	0.092	-0.200	-0.186	-0.384	-0.235	-0.178
Andel av strekn. med kurveradie < 320 m	12	0.068	-0.259	-0.144	-0.413	-0.278	-0.228
Gj.sn. stigning i %	13	0.052	-0.155	-0.065	-0.179	-0.113	-0.126
Andel av strekn. med R< Rmin for Vdim lik fartsgr	14	0.090	-0.116	-0.160	-0.364	-0.226	-0.174
LN(ÅDT)	15	0.282	0.151	0.012	0.520	0.742	0.612
Vdim = Høyeste fartsgr	16	0.039	0.178	-0.071	0.426	0.156	0.109
Vdim > Høyeste fartsgr	17	0.062	-0.103	0.137	0.477	0.387	0.355
Sideterreng kategori 4	18	-0.110	0.030	0.010	0.075	0.047	0.044
Sideterreng kategori 5	19	-0.032	-0.047	-0.007	-0.059	-0.110	-0.100
Sideterreng kategori 6-7	20	0.211	-0.021	-0.065	-0.071	0.031	0.027
Tunnel	21	-0.047	-0.046	0.072	-0.005	0.052	0.011
		1	2	3	4	5	6

Kjørebanebredde (m)	7	1.000					
Andel av strekn. med kurveradie < 70 m	8	-0.086	1.000				
Andel av strekn. med kurveradie < 110 m	9	-0.141	0.798	1.000			
Andel av strekn. med kurveradie < 160 m	10	-0.200	0.595	0.756	1.000		
Andel av strekn. med kurveradie < 230 m	11	-0.239	0.378	0.496	0.684	1.000	
Andel av strekn. med kurveradie < 320 m	12	-0.262	0.290	0.371	0.521	0.791	1.000
Gj.sn. stigning i %	13	-0.068	0.138	0.156	0.202	0.192	0.217
Andel av strekn. med R< Rmin for Vdim lik fartsgr	14	-0.226	0.373	0.490	0.670	0.971	0.784
LN(ÅDT)	15	0.696	-0.102	-0.149	-0.199	-0.206	-0.214
Vdim = Høyeste fartsgr	16	0.169	-0.103	-0.139	-0.176	-0.234	-0.226
Vdim > Høyeste fartsgr	17	0.323	-0.045	-0.071	-0.102	-0.135	-0.159
Sideterreng kategori 4	18	0.039	-0.023	-0.026	-0.065	-0.078	-0.063
Sideterreng kategori 5	19	-0.093	-0.004	-0.005	0.030	0.038	0.026
Sideterreng kategori 6-7	20	0.027	0.055	0.056	0.081	0.113	0.109
Tunnel	21	0.085	-0.020	-0.002	-0.018	-0.035	-0.031
		7	8	9	10	11	12

Gj.sn. stigning i %	13	1.000					
Andel av strekn. med R< Rmin for Vdim lik fartsgr	14	0.184	1.000				
LN(ÅDT)	15	-0.094	-0.211	1.000			
Vdim = Høyeste fartsgr	16	-0.126	-0.229	0.154	1.000		
Vdim > Høyeste fartsgr	17	-0.016	-0.156	0.368	-0.396	1.000	
Sideterreng kategori 4	18	-0.089	-0.075	0.014	0.052	0.036	1.000
Sideterreng kategori 5	19	0.016	0.030	-0.035	-0.043	-0.033	-0.424
Sideterreng kategori 6-7	20	0.112	0.112	0.055	-0.040	-0.031	-0.494
Tunnel	21	0.035	-0.037	0.071	-0.011	0.052	-0.153
		13	14	15	16	17	18

Sideterreng kategori 5	19	1.000		
Sideterreng kategori 6-7	20	-0.334	1.000	
Tunnel	21	-0.103	-0.120	1.000
		19	20	21

Vedlegg 3:
De avhengig variables tilpassing til en negativ binomialfordeling

Antall utforkjøringsulykker med personskade			
Antall ulykker	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
0	1609	1612	-0.08
1	318	307	0.60
2	103	103	0.01
k = 0,40			

Antall utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde			
Antall ulykker	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
Prosessen konvergerte ikke. k antatt lik 0,30			

Skadekostnad utforkjøringsulykker i hele 100 000 kr			
Skadekostnad (hele 100 000 kr)	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
0	1609	1596	0.33
1-9	204	219	-1.05
9-16	88	51	4.65
16-32	51	60	-1.19
32-66	37	59	-3.02
66-116	45	40	0.80
116+	56	65	-1.14
k = 0,049			

Antall møteulykker og velt i kjørebanen med personskade			
Antall ulykker	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
0	1796	1799	-0.07
1	208	190	1.28
2	45	60	-2.04
3+	41	41	0.00
k=0,20			

Antall alvorlige møteulykker og velt i kjørebanen			
Antall ulykker	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
0	1934	1935	-0.01
1	122	115	0.65
2+	34	41	-1.06
k = 0,40			

Skadekostnad møteulykker og velt i kjørebanen i hele mill kr			
Skadekostnad (hele mill kr)	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
0	1796	1794	0,06
1-3	56	76	-2,44
3-6	57	41	2,36
6-16	43	54	-1,59
16-51	46	59	-1,70
51-78	46	19	5.31
78+	46	48	-0.25
k = 0,028			

Antall personskadeulykker totalt			
Antall ulykker	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
0	1313	1330	-0.46
1	401	341	3.14
2	154	166	-0.96
3	78	94	-1.67
4	53	56	-0.46
5-7	40	58	-2.49
7+	51	45	0.95
k = 0,36			

Antall ulykker med drepte eller hardt skadde totalt			
Antall ulykker	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
0	1771	1773	-0.04
1	228	223	0.34
2	59	62	-0.41
3+	32	32	-0.05
k = 0,29			

Antall skadekostnad totalt i hele mill kr			
Skadekostnad (hele mill kr)	Antall strekninger med gitt antall ulykker	Forventet antall strekninger dersom negativt binomialfordelt	Vektet residual
0	1313	1326	-0.37
1	129	129	0.01
2	159	70	9.09
3	49	49	0.07
4-6	48	67	-2.50
6-8	53	47	0.80
8-13	50	79	-3.49
13-19	47	60	-1.75
19-27	45	53	-1.19
27-44	46	68	-2.89
44-58	44	34	1.59
58-84	45	39	0.91
84+	62	67	-0.62
k = 0,098			

Vedlegg 4:
Resultater av flervariable analyser

Personskadeulykker

Utforkjøringsulykker med personskade				
Forklaringsvariabel	Regresjons-koeffisient (β)	Standardavvik regresjonskoeffisient	t-verdi	Signifikans-nivå
Konstant (K)	-7,369	0,539	-13,68	<,001
LN(ÅDT)	0,7418	0,0575	12,89	<,001
Sideterreng type 4	0,643	0,312	2,06	0,039
Sideterreng type 5	0,911	0,320	2,84	0,004
Sideterreng type 6-7	0,934	0,320	2,91	0,004
Sideterreng type tunnel	0,561	0,414	1,35	0,175
Andel av strekning med radius under R_{min} for Vdim = fartsgr,	0,963	0,381	2,53	0,012

Møteulykker og velt i kjørebanen med personskade				
Forklaringsvariabel	Regresjons-koeffisient (β)	Standardavvik regresjonskoeffisient	t-verdi	Signifikans-nivå
Konstant (K)	-11,376	0,858	13,26	<,001
LN(ÅDT)	1,1874	0,0918	12,93	<,001
Sideterreng type 4	0,400	0,434	0,92	0,356
Sideterreng type 5	0,671	0,448	1,50	0,134
Sideterreng type 6-7	0,176	0,455	0,39	0,699
Sideterreng type tunnel	0,981	0,545	1,80	0,072
Andel av strekning med radius under R_{min} for Vdim = fartsgr,	1,600	0,553	2,89	0,004

Alle personskadeulykker				
Forklaringsvariabel	Regresjons-koeffisient (β)	Standardavvik regresjonskoeffisient	t-verdi	Signifikans-nivå
Konstant (K)	-7,834	0,459	-17,08	<,001
LN(ÅDT)	0,9337	0,0512	18,25	<,001
Sideterreng type 4	0,563	0,246	2,29	0,022
Sideterreng type 5	0,607	0,256	2,37	0,018
Sideterreng type 6-7	0,393	0,257	1,53	0,126
Sideterreng type tunnel	0,479	0,340	1,41	0,159
Andel av strekning med radius under R_{min} for Vdim = fartsgr,	1,007	0,328	3,07	0,002

Ulykker med drepte eller hardt skadde

Utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde				
Forklaringsvariabel	Regresjons-koeffisient (β)	Standardavvik regresjonskoeffisient	t-verdi	Signifikans-nivå
Konstant (K)	-9,99	1,19	-8,40	<,001
LN(ÅDT)	0,431	0,125	3,46	<,001
Sideterreng type 4	0,835	0,659	1,27	0,205
Sideterreng type 5	1,263	0,674	1,87	0,061
Sideterreng type 6-7	1,465	0,677	2,16	0,030
Sideterreng type tunnel	1,277	0,811	1,57	0,115
Andel av strekning med radius under R_{min} for Vdim = fartsgr.	1,934	0,680	2,84	0,004
Dimensjonerende fart (Vdim)	0,0318	0,0119	2,68	0,007
Gjennomsnittlig stigning	0,1341	0,0742	1,81	0,071

Alvorlige møteulykker og velt i kjørebanen				
Forklaringsvariabel	Regresjons-koeffisient (β)	Standardavvik regresjonskoeffisient	t-verdi	Signifikans-nivå
Konstant (K)	-12,12	1,08	-11,23	<,001
LN(ÅDT)	1,269	0,128	9,92	<,001
Andel av streningen med radius under 160 m	3,06	1,31	2,33	0,020
Gjennomsnittlig stigning	-0,1755	0,0976	-1,80	0,072

Ulykker med drepte eller hardt skadde totalt				
Forklaringsvariabel	Regresjons-koeffisient (β)	Standardavvik regresjonskoeffisient	t-verdi	Signifikans-nivå
Konstant (K)	-9,670	0,668	-14,47	<,001
LN(ÅDT)	0,8841	0,0889	9,94	<,001
Andel av streningen med radius under 160 m	3,121	0,733	4,26	<,001
Dimensjonerende fart (Vdim)	0,01578	0,00771	2,05	0,041

Skadekostnad

Skadekostnad utforkjøringsulykker (hele 100 000 kr) *NB! Grensen for maks antall iterasjoner ble nådd*				
Forklaringsvariabel	Regresjons-koeffisient (β)	Standardavvik regresjonskoeffisient	t-verdi	Signifikans-nivå
Konstant (K)	-3,666	0,880	-4,17	<,001
LN(ÅDT)	0,606	0,107	5,66	<,001
Vdim = Høyeste fartsgr. på strekningen	0,831	0,243	3,42	<,001
Vdim > Høyeste fartsgr. på strekningen	0,346	0,374	0,93	0,354
Fartsgrensen=80 km/t	0,980	0,505	1,94	0,052
Fartsgrensen=90 km/t	0,973	0,540	1,80	0,071
Sideterreng type 5	0,300	0,266	1,13	0,258
Sideterreng type 6-7	0,460	0,248	1,85	0,064
Sideterreng type tunnel	0,273	0,561	0,49	0,626
Andel av streningen med radius under 110 m	9,56	1,39	6,90	<,001

Skadekostnad møteulykker og velt i kjørebanen

Analysen konvergerte ikke og ga derfor ikke noe resultat

Skadekostnad alle perrsonskadeulykker (i hele mill kr)				
Forklaringsvariabel	Regresjons-koeffisient (β)	Standardavvik regresjonskoeffisient	t-verdi	Signifikans-nivå
Konstant (K)	-8.514	0.598	-14.23	<.001
LN(ÅDT)	1.0380	0.0780	13.30	<.001
Andel av streningen med radius under 160 m	3.612	0.663	5.45	<.001
Dimensjonerende fart (Vdim)	0.03391	0.00724	4.68	<.001

Trondheim
Address: NO-7465 Trondheim, Norway
Phone: +47 73 59 30 00
Fax: +47 73 59 33 50

Oslo
Address: P.O. Box 124, Blindern, NO-0314 Oslo, Norway
Phone: +47 22 06 73 00
Fax: +47 22 06 73 50