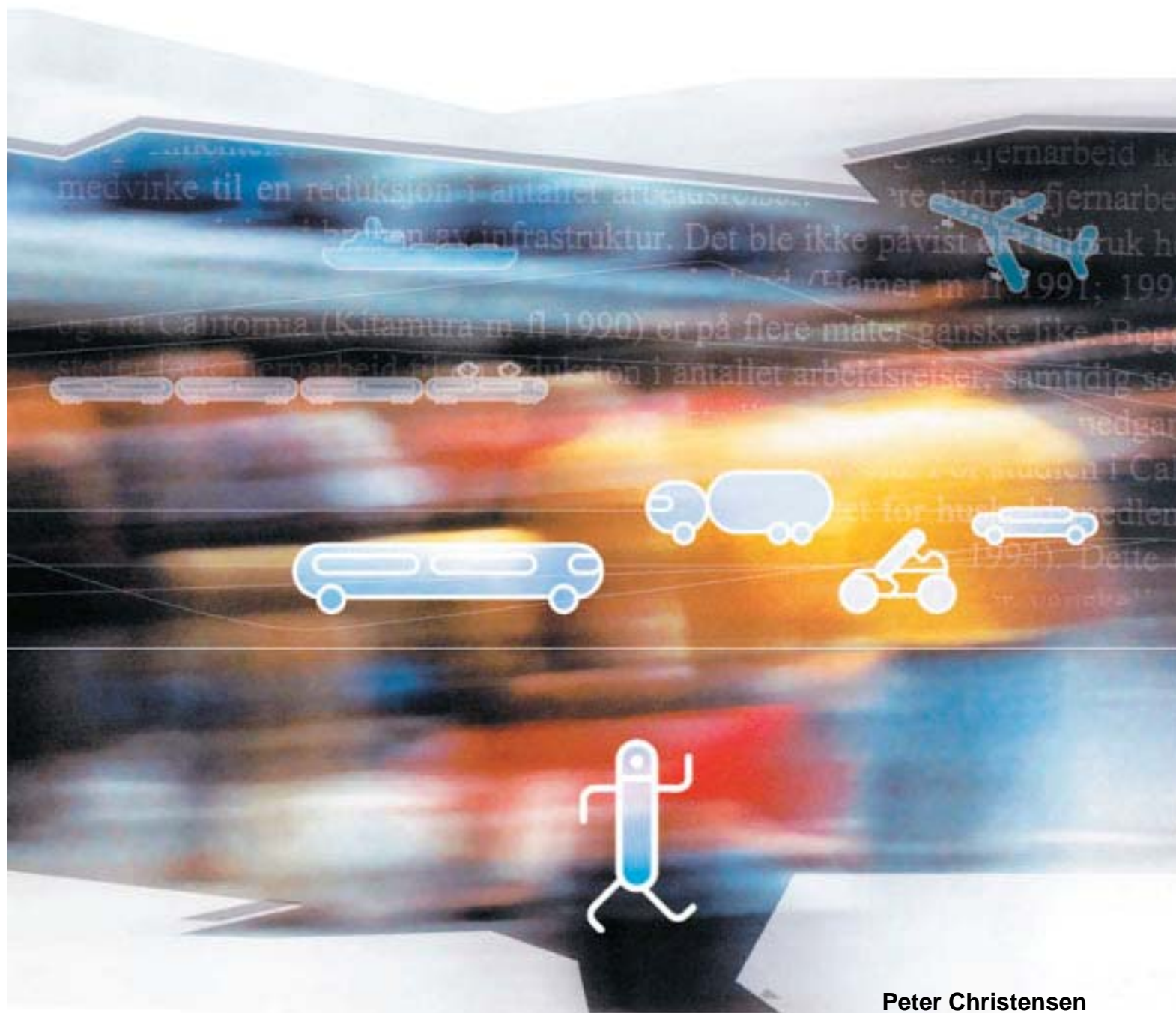


Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet

Betydningen av spordybde, ujevnhet og endringer i tverrfall for ulykkesrisikoen



Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet

Betydningen av spordybde, ujevnheter og endringer i tverrfall for ulykkesrisikoen

Peter Christensen
Arild Ragnøy

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

ISSN 0808-1190

ISBN 82-480-0648-4 Papirversjon

ISBN 82-480-0649-1 Elektronisk versjon

Oslo, juni 2006

Tittel: Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet. Betydningen av spordybde, ujevnhet og endringer i tverrfall for ulykkesrisikoen

Forfatter(e): Peter Christensen; Arild Ragnøy

TØI rapport 840/2006

Oslo, 2006-06

56 sider

ISBN 82-480-0648-4 Papirversjon

ISBN 82-480-0649-2 Elektronisk versjon

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde:

Statens vegvesen

Prosjekt: 3055 Trafikksikkerhet og spordannelse

Prosjektleder: Arild Ragnøy

Kvalitetsansvarlig: Marika Kolbenstvedt

Emneord:

Vegdekke; spor; IRI; tverrfall; risiko

Sammendrag:

Statens Vegvesen bruker årlig betydelige beløp på vedlikehold og fornyelse av vegdekker. Det er derfor viktig å ha kunnskap om hvorledes vegdekkets tilstand påvirker ulykkesrisikoen. Denne rapporten beskriver en undersøkelse av dette. Vegdekkets tilstand beskrives ved spordybde (slitasjespor), langsgående ujevnhet (IRI) og endringer i tverrfall. Sammenhenger er forsøkt påvist med ulike metodiske tilnærminger, med bl a logistisk regresjon som den mest sentrale. Økt spordypde medfører at risikoen øker. Økningen er ikke lineær. Sammenliknet med en gruppe hvor spordypden er mindre enn 4 mm, har alle grupper høyere risiko enn denne. Størst er risikoen for gruppen 4 mm-9 mm og gruppen med spordybder over 25 mm hvor risikoen er om lag 20% høyere enn for den laveste gruppen. Økt IRI medfører en tilnærmet lineær reduksjon av ulykkesrisikoen. En relativ ulykkesfrekvens reduseres med ca 3% når IRI øker med 1 mm/m.

Title: The condition of the road surface and safety - The importance of rut depth, roughness (IRI) and changes in cross-slope for road safety

Author(s): Peter Christensen; Arild Ragnøy

TØI report 840/2006

Oslo: 2006-06

56 pages

ISBN 82-480-0648-4 Paper version

ISBN 82-480-0649-2 Electronic version

ISSN 0808-1190

Financed by:

The Norwegian Public Road Administration

Project: 3055 Road safety and rut depth

Project manager: Arild Ragnøy

Quality manager: Marika Kolbenstvedt

Key words:

Road surface; rut depth; IRI; cross-slop; risk

Summary:

The annual expenditure of The Norwegian Public Roads administration on maintenance and resurfacing of roads is considerable. It is therefore essential with knowledge of the effect of the condition of the road surface on the risk of accidents. This is a report of a study of this effect.

The condition of the road surface is described by rut depth and roughness (IRI). Changes in cross-slope have also been studied. Two methodological approaches have been tried to establish the relationship between other variables and the accident risk, the most important being logistic regression.

An increase in rut depth entails an increased risk. The relationship is not linear. Compared with rut depths lower than 4mm, the risk in all rut depths in all other intervals is higher. Risk is highest in the interval 4-9 mm and above 25 mm where the risk is approximately 20 per cent higher than for rut depth lower than 4 mm.

Increased IRI entails an approximately linear reduction in accident risk. The relative risk increases by approximately 3 per cent when IRI increases by 1 mm/m.

Language of report: Norwegian

Rapporten kan bestilles fra:
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90
Pris kr 250

The report can be ordered from:
Institute of Transport Economics, the library,
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90
Price € 30

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2006

Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961
Ved gjengivelse av materiale fra publikasjonen, må fullstendig kilde oppgis

Forord

Statens vegvesen bruker årlig betydelige midler på vedlikehold og fornyelse av vegdekker. For at disse midlene skal brukes optimalt, finansierer Statens vegvesen blant annet forskning som undersøker vegdekkets betydning for ulykkesrisikoen.

Denne rapporten beskriver en analyse av betydningen av spordybde, jevnhet (IRI) og endringer i tverrfall for ulykkesrisikoen. Prosjektet ble initiert av Statens vegvesen, Region øst og da med hovedfokus på spordybdes betydning for ulykkesrisikoen. (Prosjektet trafiksikkerhet og spordannelse.) Statens vegvesen, Vegdirektoratet utvidet prosjektets problemstilling til også å omfatte IRI og endringer i tverrfall.

Bakgrunnen for arbeidet var en svensk undersøkelse som overraskende fant at økt spordybde reduserte ulykkesrisikoen, mens økt IRI økte den. Det var ønskelig å gjennomføre en tilsvarende analyse i Norge. Transportøkonomisk institutt ble engasjert til å gjennomføre denne analysen.

Prosjektansvarlig i Region øst har vært Tore Wiste Sveen. Ansvarlig i Vegdirektoratet har vært Kjell Solberg.

Prosjektet har hatt en styringsgruppe i Statens vegvesen bestående av:

- Geir Refsdal, Statens vegvesen, Region øst
- Torleif Haugødegård, Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- Richard Muskaug Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- Tore Wiste Sveen (Leder) , Statens vegvesen, Region øst

Torleif Haugødegård, Statens vegvesen, Vegdirektoratet skaffet data for spordybde, IRI, tverrfall og andre vegdata, Hamdija Pasic ved Statens vegvesen, Region øst skaffet data for ulykker og Sigmund Fredriksen i firmaet Veginformatikk skaffet data for stigning og vegbredde.

Transportøkonomisk institutt takker disse.

På TØI har Peter Christensen stått for de statistiske analysene og skrevet rapporten. Arild Ragnøy har vært prosjektleder og medforfatter. Berit Grue bestemte vegens himmelretning på ulykkespunkter ved bruk av ELVEG. Avdelingsleder Marika Kolbenstvedt har kvalitetssikret rapporten. Laila Aastorp Andersen har stått for den endelige tekstbehandlingen.

Oslo, juni 2006

Transportøkonomisk institutt

Lasse Fridstrøm
instituttssjef

Marika Kolbenstvedt
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag	I
Summary	i
1 Bakgrunn og problemstilling	1
1.1 Uventede resultat i svensk studie.....	1
1.2 Problemstillinger for denne studien	1
2 Metodisk tilnærming	3
2.1 Kontroll for flere påvirkningsfaktorer nødvendig.....	3
2.2 Regresjonsanalyse	3
2.3 Sammenligning med seg selv	4
3 Datagrunnlag	5
3.1 Datakilder	5
3.1.1 Vegdekkedata	5
3.1.2 Trafikk- og fartsgrenseopplysninger.....	5
3.1.3 Ulykkesdata.....	5
3.1.4 Opplysninger om stigning og vegbredde	6
3.2 Beskrivelse av datamaterialet	6
3.2.1 Spordybdata	6
3.2.2 IRI data.....	7
4 Transformasjoner av data til en form egnet til analyser	10
4.1 Omregning av data til 100m vegstreknings	10
4.1.1 Spordybde, tverrfall og kurvatur (krumning).....	10
4.1.2 IRI.....	12
4.1.3 ÅDT, andel lange kjøretøyer og fartsgrense	12
4.1.4 Stigning og vegbredde	12
4.1.5 Ulykker	12
4.2 Retningsbestemmelse av ulykker.....	12
4.3 Produksjon av datafiler for analyse	14
4.3.1 Datafiler for regresjonsanalyse	14
4.3.2 Datafiler for sammenligning med seg selv	15
5 Bruk av regresjonsanalyse for å bestemme vegdekketilstandens betydning for trafikksikkerheten	16
5.1 Variabler som inngår i analysene	16
5.2 Alle ulykker	16
5.2.1 Lineær ÅDT	16
5.2.2 Logaritmisk ÅDT.....	17
5.2.3 Klare forskjeller mellom grupper av spordybde.....	18
5.2.4 Ulike funksjoner for ÅDT kan velges.....	20
5.3 Årstidens betydning	21
5.3.1 Ulykker om sommeren	21
5.3.2 Ulykker om vinteren	22
5.4 Møteulykker vs andre ulykker.....	23
5.4.1 Møteulykker.....	23
5.4.2 Annet enn møteulykker	24
5.5 Utforkjøringsulykker.....	25
5.6 Andre enn møte- og utforkjøringsulykker	26
5.7 Oppsummering av regresjonsanalyser	27
5.8 Hva betyr spordybde, IRI og Tverrfall for ulykker?.....	27

5.8.1 IRI.....	28
5.8.2 Tverrfall	29
5.8.3 Spor.....	30
5.8.4 Tilstandsutvikling av vegdekket	33
6 Sammenligning av ulykker på samme veg i ulike år for å korrigere for forskjeller mellom veger	36
6.1 Rangering av alle målinger på en strekning.....	36
6.1.1 Spordybde og ulykker	36
6.1.2 Korreksjon for ÅDT ikke nødvendig	38
6.1.3 Kontroll for IRI	38
6.1.4 IRI og ulykker	39
6.1.5 Diskusjon av resultatene av rangering av alle målinger på en strekning...	41
6.2 Spordybde målinger i gitte intervaller.....	41
6.2.1 Laveste spordybde i relasjon til de andre	41
6.2.2 Oppsummering av resultatene	44
7 Diskusjon og konklusjoner	45
7.1 Hovedresultater i forhold til tidligere studier	45
7.2 En logaritmisk funksjon for ÅDT gir best beskrivelse	45
7.3 Konklusjoner.....	46
7.3.1 Resultater fra undersøkelsen	46
7.3.2 Hva innebærer resultatene for dekkevedlikeholdet. Kan de brukes?	46
7.4 Forslag til videre analyser	47
Referanser.....	48
 Vedlegg: Gjennomgang av "Vägytans inverkan på trafiksäkerheten"	51

Sammendrag:

Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet

Betydningen av spordybde, ujevnheter og endringer i tverrfall for ulykkesrisikoen

Bakgrunn og problemstilling

I 2002 ble det ved VTI (Statens väg-och transportforskningsinstitut) i Sverige publisert en undersøkelse (Ihs, Velin og Wiklund, 2002) av sammenhengen mellom egenskaper ved vegdekket, nærmere bestemt spordybde og jevnhet målt ved IRI (International Roughness Index), og ulykker. Hovedfunnene i rapporten, "Vägytans inverkan på trafiksäkerheten", var at mens økt spordybde reduserer ulykkesrisikoen så øker ulykkesrisikoen med økende IRI.

Disse resultatene var overraskende for fagmiljøet i Norge. Dette gjelder særlig den negative sammenhengen mellom spordybde og ulykkesrisiko. Statens vegvesen, Region øst ga derfor Transportøkonomisk institutt i oppdrag å foreta en undersøkelse av sammenhengen mellom spordybde og ulykkesrisiko. Som et ledd i undersøkelsen skulle først foretas en gjennomgang og drøfting av den svenske rapporten. Statens vegvesen sentralt var interessert i betydningen av andre egenskaper ved vegen, som jevnhet (IRI) og tverrfall, og bidro derfor økonomisk til å undersøke betydningen av dem. Målsettingen for undersøkelsen som beskrives i denne rapporten, er derfor å undersøke sammenhengen mellom henholdsvis spordybde, IRI og tverrfall og ulykker. Mest vekt er likevel lagt på analyser av spordybde.

Metodisk tilnærming

Siden ulykkesrisikoen på en veg avhenger av mange andre forhold enn spordybde, IRI og tverrfall er det nødvendig med en metode å kontrollere for betydningen av andre variable. Den ene metoden brukt til å gjøre dette er regresjonsanalyse. Alternativt er forsøkt å kontrollere for andre forhold ved å utnytte at spordybde og IRI forandrer seg over tid på samme veg. Denne metoden ble kalt "Sammenligning med seg selv" fordi ulykkestall bare sammenlignes med ulykkestall på den samme vegen.

Sammenligning med seg selv ble gjennomført på to forskjellige måter. Den ene var å rangere de seks årene vi hadde data for en strekning etter spordybde og undersøke om antall ulykker økte med økende spordybde. Det andre var å dele inn spordybde etter intervaller og kreve at en vegstrekning på 100m skulle ha spordybde målinger i to gitte intervaller. Ved en sammenligning av spordybde 0-4mm med 4-9mm ble bare vegstrekninger hvor det fantes spordybde i begge disse

intervallene (i forskjellige år) brukt i sammenligningen. Tilsvarende for en sammenligning av 0-4mm med 9-15mm, osv.

Datagrunnlaget

Grunnlaget for alle data er Vegdatabanken. Transportøkonomisk institutt har imidlertid fått ulike data fra ulike kilder i Statens vegvesen. I tillegg til data for ulykker, spordybde, IRI og tverrfall fikk vi data for horisontalkurvatur, ÅDT, prosent lange kjøretøyer, fartsgrense, stigning og vegbredde. Både data for spordybde og tverrfall og IRI finnes for hvert kjørefelt og er behandlet feltvis. Også ulykker er derfor forsøkt plassert i et kjørefelt (se nedenfor). Av den grunn er veger med mer enn to felt utelatt. Opplysninger om ÅDT, andel lange kjøretøyer og fartsgrense gjelder for begge felt. Det samme er tilfellet for vegbredde. Stigning er også oppgitt for vegen og ikke for hvert felt. Imidlertid gjelder dette for vegens kilometeringsretning, dvs felt 1. I felt 2 har stigningen motsatt fortegn.

Bare riksveger inngikk i analysen.

Spordybde, IRI og tverrfall er oppgitt for strekninger med ulik lengde. De fleste er 20 meter eller nær 20 meter, men de kan også være lenger eller kortere. Siden det skal benyttes flere års data for både spordybde, ulykker og andre variable er det viktig at det er de samme strekninger som betraktes hvert år. Dette gjelder spesielt for de analysealternativer hvor strekninger vil sammenlignes med seg selv. Imidlertid er de 20-meters strekninger som måles ikke helt identiske hvert år. Startpunktet kan variere med opp til 10 meter, dvs at startpunktet et år vil kunne være midt på en strekning et annet år. Det ble derfor valgt å danne 100 meter strekninger som har de samme start- og endepunkter hvert år. Egne programmer ble laget (i programmeringsspråket C) for å gjøre dette.

Kryssulykker ble holdt utenfor i analysen. Ulykker tilordnes til felt basert på hvilket felt trafikantene befant seg. I Straksregisteret med data om trafikanter er det imidlertid ikke opplysninger om hvilket kjørefelt trafikanten befant seg i da ulykken skjedde, men i hvilken himmelretning vedkommende kjørte. For å kunne si hvilket felt trafikanten kom i, må man derfor kjenne retningen på vegen hvor ulykken skjedde.

Retningen på vegen i ulykkespunktet ble bestemt ved å bruke ELVEG, et elektronisk vegkart. For hver ulykke brukes stedsopplysninger (x og y koordinater) til å bestemme himmelretningen for vegen, dvs i hvilken retning vegen er kilometrert.

Dessverre var det langt fra fullstendig overensstemmelse mellom retningen for en trafikant og vegens retning som bestemt ved ELVEG. Måten trafikanten ble tilordnet til felt var derfor som følger. Hvis vegen gikk mot nord ble trafikanter (unntatt fotgjengere) som kjørte mot nordvest (dvs fra sørøst), nord eller nordøst regnet som å komme i felt 1. Hvis de kjører mot sørøst, mot sør eller mot sørvest regnes de for å komme i felt 2.

Hvis de er oppgitt å ha kommet fra vest eller fra øst, er det ikke mulig å si i hvilket felt de har kjørt. Dette medfører at det ikke var mulig å retningsbestemme fem tusen ulykker.

Gitt at det er kjent i hvilket felt kjøretøyene beveget seg før ulykken, plasseres ulykkene på felt etter følgende prinsipper:

- Singelulykker regnes i det felt hvor kjøretøyet er registrert
- Samme kjøreretning ulykker (påkjøring bakfra) hvor kjøretøyene innblandet i ulykken er registrert
- Møteulykker regnes som 0,5 ulykke i hver retning når veger sammenlignes med seg selv. I regresjonsanalysen blir møteulykker regnet som én ulykke i hver retning.

Resultater

Logistisk regresjon

Logistiske regresjonsanalyser ble gjennomført hvor logaritmen til ÅDT ble brukt. I disse analysene ble det ikke funnet noen signifikant sammenheng med spordybde og ulykker. Dette betyr ikke nødvendigvis at spordybde ikke har noen betydning. Det betyr at det ikke er noen lineær sammenheng mellom spordybde og sannsynligheten for ulykker. Det kan likevel være en mer komplisert sammenheng. Ved å dele inn spordybde i fem grupper, 0-4 mm, 4-9 mm, 9-15 mm, 15-25 mm og over 25 mm kan virkningen av spordybde analyseres med fire dummy-variable som uttrykker økningen i ulykkesansynlighet i forhold til gruppen 0-4 mm.

Resultatet av den logistiske regresjonsanalysen er gjengitt i tabell S1. I regresjonsanalysen inngikk også dummy-variable for fylker og ulike fartsgrenser. For å unngå å få en stor og uoversiktlig tabell er koeffisientene til disse ikke tatt med i tabellen.

Tabell S1. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker eller ikke. Antall enheter: 2098940. Antall med ulykke: 10721.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp.dyb. 4-9	0,1677	0,0583	0,0040	***
Sp.dyb. 9-15	0,1031	0,0589	0,0800	*
Sp.dyb. 15-25	0,1229	0,0616	0,0462	**
Sp.dyb. >25	0,2212	0,1020	0,0301	**
Tverrfall	0,0092	0,0040	0,0225	**
Krumning	128,8130	5,0030	0,0000	***
IRI	-0,0343	0,0127	0,0069	***
Dummy, EV	-0,0414	0,0273	0,1300	
Ln(ÅDT)	1,0232	0,0152	0,0000	***
% lange	0,0041	0,0029	0,1576	
Midlere stigning	0,0053	0,0058	0,3571	
Vegbredde	-0,0136	0,0049	0,0055	***
Konstantledd	-14,0051	0,2805	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Tabellen viser at det er en økning for alle fire gruppene i forhold til spordybde 0-4mm (alle koeffisientene til dummy-variablene for spordybde er positive). Det er en signifikant økning for spordybde 4-9 mm, blir noe mindre for spordybde 9-

15 mm og øker så igjen for spordybde 15-25 mm. Økningen er høyest for gruppen over 25 mm. Bare gruppen 9-15 mm er ikke signifikant på 5% nivå, men det er ikke meget om å gjøre.

Følgelig er det en sammenheng mellom spordybde og sannsynligheten for ulykker, men den er ikke lineær. I forhold til spordybder under 4mm er økningen størst i gruppene 4-9 mm og over 25 mm, aller størst i den høyeste gruppen.

For IRI og tverrfallsendringer er sammenhengene med ulykkesrisiko lineære. Ulykkesrisikoen reduseres med økende IRI og øker når tverrfallsendringen blir større.

Regresjonsanalyser ble også gjennomført for undergrupper av ulykker. Resultatene er oppsummert under konklusjoner.

Sammenligning av ulykker på samme strekning i ulike år

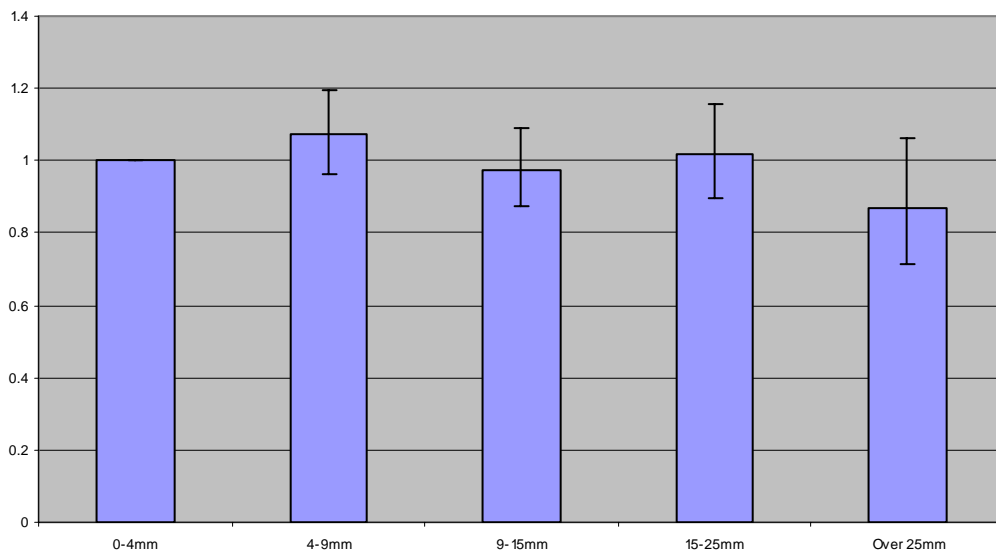
Sammenligning av ulykker på samme strekning i ulike år ble, som nevnt ovenfor, utført på to forskjellige måter. Den første metoden, rangering av de seks målingene, fant ingen sammenheng mellom spordybde og ulykker eller IRI og ulykker. En mulig forklaring på den manglende sammenheng kan imidlertid være at metoden ikke er følsom nok til å påvise sammenhenger. Det kan være store forskjeller mellom spordybder og IRI-verdier på ulike strekninger. Største spordybde på en strekning kan være mindre enn den minste på en annen.

En måte å forsøke å korrigere for at det er så stor variasjon innen gruppene, er å kreve at verdien for spordybde skal ligge innenfor bestemte intervaller, de samme intervallene som ble brukt i regresjonsanalysen.

En slik sammenligning med seg selv hvor verdiene skal ligge innenfor gitte intervaller, krever at verdier som ligger innenfor de aktuelle intervaller, finnes på samme strekning. For en sammenligning mellom 0-4 mm med 4-9 mm må det finnes verdier i det første intervallet i et år og verdier i det andre intervallet i et annet år.

Når spordybden er inndelt i 5 grupper får man 10 par av sammenligninger. La f_1 betegne den relative økning i ulykkesfrekvens fra gruppe 0-4 mm for spordybde til gruppen 4-9 mm for spordybde, dvs forholdet mellom ulykkesrisikoen i gruppe 4-9 mm og 0-4 mm. La f_2 tilsvarende være den relative økning fra 4-9 mm til 9-15 mm, f_3 den relative økning fra 9-15mm til 15-25mm og f_4 den relative økning fra 5-25 mm til over 25mm. Med minste kvadraters metode kunne de fire parametrene bestemmes. Ulykkesfrekvensen i gruppene 4-9 mm, 9-15mm, 15-25 mm og over 25 mm kan da uttrykkes relativt til gruppen 0-4 mm. Dette er vist i figur S1.

Analysen finner en uklar sammenheng mellom spordybde og ulykkesfrekvens. Av de ti forskjeller som ligger til grunn for resultatet, var bare ett signifikant, og forskjellene i figur S1 er ikke signifikante, alle konfidensintervaller inkluderer 1. Mønsteret har imidlertid er viss likhet med det som ble funnet med regresjonsanalysen når ÅDT var logaritmisk transformert, bortsett fra gruppen med spordybde over 25 mm. Noen lineær økning av risikoen med spordybde som ble funnet med lineær ÅDT ses ikke i figuren.



TØI-rapport 840/2006

Figur S1. Relative ulykkesfrekvens for ulike grupper av spordybde. Gruppen 0-4mm er satt lik 1. De vertikale linjene angir et tilnærmet 95% konfidensintervall.

Konklusjoner

Regresjonanalysen viser at økt spordybde leder til økt ulykkesrisiko. Dette gjelder alle grupper av ulykker selv om den økte risikoen ikke er signifikant i alle tilfeller. Over 25 mm, spordybden som etter nåværende retningslinjer skal utløse reasfaltering, er det størst ulykkesrisiko.

Ved sammenligning av ulykker på samme strekning i ulike år finner ikke en like klar sammenheng mellom spordybde og ulykkesrisiko. I motsetning til regresjonsanalysen korrigerer ikke denne metoden for betydningen av IRI. Den kan derfor underestimere betydningen av stor spordybde siden det er en positiv korrelasjon mellom spordybde og IRI.

Økt IRI har en klart negativ sammenheng med ulykkesrisikoen. Økt IRI leder til redusert risiko.

Økt endring i tverrfall øker ulykkesrisikoen for noen ulykkestyper. Det gjelder f.eks. for ulykker om vinteren, men ikke for ulykker om sommeren. Det gjelder for utforkjøringsulykker, men ikke for møteulykker. Det gjelder også for alle ulykker samlet.

Resultatene av denne undersøkelsen er de motsatte av som ble funnet i Sverige. I Sverige ble det funnet at økt spordybde reduserte ulykkesrisikoen, mens økt IRI økte den. Her øker den risikoen med økt spordybde, mens den reduseres med økt IRI. Årsaken til forskjellen er uklar.

Hva betyr resultatene i praksis

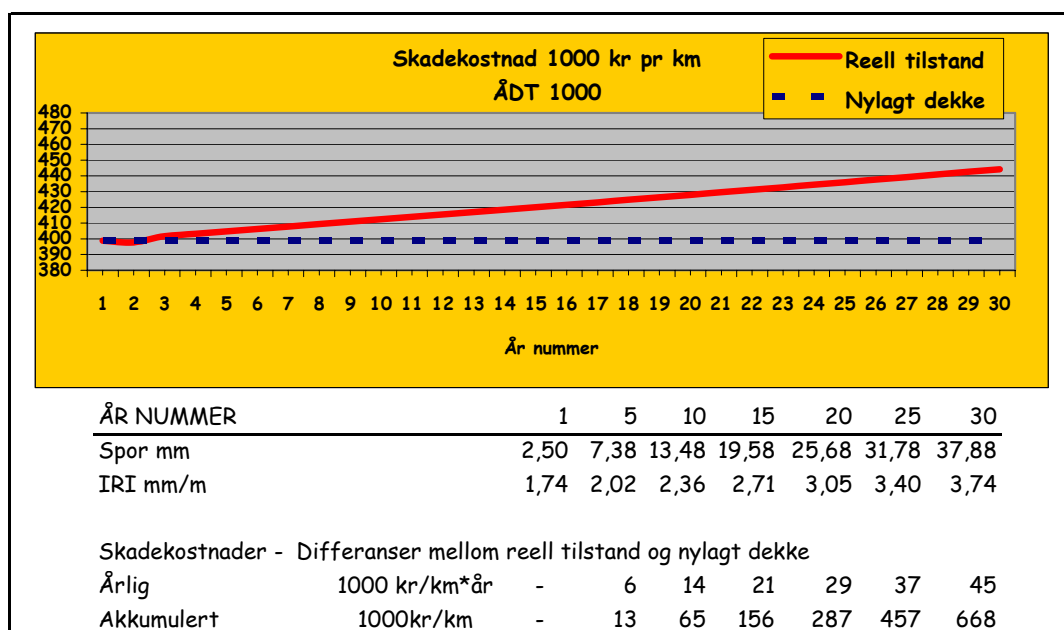
Med utgangspunkt i resultatene fra den logistiske regresjonen er det gjennomført enkelte regneeksempler. Som en forenkling kan de framkomne resultatene fram-

stilles som tilnærmet lineære sammenhenger. Disse forenklingene og tilnærmingene er gjort for at resultatene enklere skal kunne benyttes til praktiske formål.

Sammenhengene er vist som enkeltvise sammenhenger av spor, IRI og endring i tverrfall vs endring i relativ risiko når alle andre variable holdes konstante (bortsett fra den ene som endres). Ved å **øke** spordybden 1 mm (og holde alle andre variable konstante) kan det vises at ulykkesrisikoen **øker** med ca 0,6 %.

Tilsvarende **reduseres** risikoen med ca 3% når IRI **øker** med 1mm/m. Risikoen **øker** også med **økende** endring i tverrfallet.

I praksis ute på en vegstrekning vil vegdekket etter at det er nylagt få en samtidig økning i både IRI og spor. Når vegdekket er nytt har det en såkalt initialverdi for både IRI og for spor.



TØI-rapport 840/2006

Figur S2. Årlig størrelse av IRI og spor. Differanse i årlige skadekostnader og akkumulert årlig differanse i skadekostnader for veg med ADT=1000. I 1000 kr/km.

I regneeksempelet vist i figur S2, er det hentet tallverdier for initialverdier og årlig utvikling av spor og IRI fra Vegkapitalprosjektet i Vegdirektoratet. Absolutte ulykkesfrekvenser og skadekostnader pr ulykke er hentet fra prosjektet Samfunns-tjenlig vegvedlikehold, også det Vegdirektoratet.

Figuren viser utviklingen i de årlige skadekostnadene (år for år) for en veg med ÅDT 1000 når spor og IRI utvikles fra 2,5 mm spor og 1,74 mm/m IRI i år 1 og til 38 mm spor og 3,74 mm/m IRI i år 30. Den horisontale kurven representerer den årlige skadekostnaden en hadde hatt dersom dekket ikke hadde fått forringet kvalitet. Trafiksikkerhetspotensialet for dekkelegging, dvs forskjellen mellom skadekostnader for faktisk og nylagt dekke, kan oppfattes som differansen mellom de to kurvene i figuren.

Som figur S2 viser, øker det årlige potensialet for reduksjon av skadekostnader som følge av opprettholdelse av dekkekvaliteten fra 0 i år 1 til 14000 kr/km i

år10. Dette innebærer at den ulykkesreduksjonen som endringen av IRI medfører, i praksis "spises opp" av den økte ulykkesrisikoen økte spor medfører. Ser man bort fra diskonteringsproblemet, kan de årlige innsparingsmulighetene vist i figur S2, akkumuleres slik at det etter et antall år vil være samfunnstjenlig å legge nytt dekke framfor å bære skadekostnadene.

Beregningen er svært følsom for ÅDT og det er vist at mens det årlige innsparingspotensialet er om lag 14000 kr/km i år10 år for en veg med ÅDT 1000, er det mer enn 10 ganger større, 147000 kr/km, for en veg med ÅDT 10000.

Akkumulert over 10-årsperioden er det mulig å redusere skadekostnadene med 65 000 kr/km ved å opprettholde dekkkvaliteten til et nylagt dekke for en veg med ÅDT 1000. For en veg med ÅDT 10 000 er det tilsvarende tallet 730 000 kr i år 10. Ved å kjenne de faktiske dekkleggingskostnadene som funksjon av ÅDT, kan de framkomne resultatene benyttes til å beregne et kriterium for når vegdekker bør fornyes med bakgrunn i trafikksikkerhet.

Summary:

The condition of the road surface and safety

The importance of rut depth, roughness (IRI) and changes in cross-slope for road safety

Background and research problem

In 2002, a study (Ihs, Velin og Wiklund, 2002) was published by VTI (Swedish Road and Transport Research Institute) that investigated the relationship between the road surface, more specifically rut depth and roughness measured by IRI (International Roughness Index), and accidents. The main results of the report, "Vägytans inverkan på trafiksäkerheten" ("The importance of the road surface for road safety"), was that increased rutting reduces and increased IRI increases the risk of accidents.

These results came as a surprise for Norwegian experts, in particular the reduced accident risk when rutting increases. The Institute of Transport Economics was therefore commissioned by the Norwegian Public Roads Administration to undertake a study of the relationship between rutting and accidents. A critical review of the Swedish report was considered a part of the study. However, the Public Roads Administration was also interested in the importance of IRI and variations of cross-slope for accidents. The objective of the study described in this report has therefore been to investigate the relationship between accidents and rut depth, IRI and variations in cross-slope. The analysis of rut depth has, however, taken priority.

Methodological approach

The accident risk on a road depends on many other factors than rut depth, IRI and changes in cross-slope. It is therefore necessary to control for the effect of other variables when studying the relationship between accidents and rut depth, IRI and changes in cross-slope. The standard method for doing this is regression analysis. An alternative method is to control for the difference between roads not by comparing different roads but by exploiting the fact that both rut depth and IRI evolves and therefore a road has different values at different times. This method has been named "Internal comparison" because the number of accidents is only compared with the number of accidents on the same road at a different time.

For each section of road there were six years of data. Internal comparison was carried out in two different ways. One way was to rank the six years by rut depth

and check whether the number of accidents increased by rut depth. The other was to class rut depth by intervals and require that rut depths in two given intervals should be found on one road section in different years. For example, when comparing rut depths in the intervals 0-4 mm and 4-9 mm only road sections where rut depths in both intervals were found were used in the comparison. Equivalent requirements were made for comparing 0-4 mm to 9-15 mm, etc.

Source of data

The study utilises data for six years, the period from 1998 to 2003. The source of all data is the Road Data Bank. In addition to data for accidents, rut dept, IRI and cross-slope we received data for curve radius, average annual daily traffic (AADT), percentage long vehicles (as a proxy for heavy vehicles), speed limit, gradient and road width. Data for rut depth, IRI and cross-slope is given lane-wise and each lane is considered separately. An effort has been made to place accidents in lanes, as well (see below). This is not possible when there are more than two lanes. Therefore, roads with more than two lanes are excluded from the study.

Data for ADT, percentage long vehicles, speed limit and road width pertains to both lanes. Gradient is also given for the road and not per lane. However, this pertains to the direction in which the length of the road is measured, ie lane 1. The gradient in the other direction has the opposite sign. The absolute value of the gradient has been used in the analyses.

Data for road attributes that may change over time are given for each year. This pertains to all data except for the gradient and road width. These data were given once for the whole study period and assumed valid for the whole period.

Only national roads were included in the study, ie county roads and municipal roads were excluded.

Rut depth, IRI and cross-slope have been measured for road sections of various lengths. Most sections are 20 m or close to 20 m but they may be shorter or longer. Since data for several years is used for rut depth, IRI, cross-slope and other variables, it is advantageous if the same road sections are defined each year. It is essential for the internal comparison described above. However, the 20 m sections measured are not necessarily the same every year. The starting point may vary by 10m, ie the starting point one year may be in the middle of a section in another year. It was therefore decided to generate 100 m sections with the same start and end points every year.

To generate the 100 m sections the shorter sections had to be split and rejoined: Both rut depth and IRI for the 100 m section were calculated as the weighted average of the bit of sections comprising it, weighted by the length of the bits. The change in cross-slope for the 100 m section was defined as the difference between the largest and smallest cross-slope for the bits of sections included.

Special programmes to generate the 100 m sections were written (in the C programming language).

Accidents at crossings were excluded from the analysis. Accidents are placed in a lane depending on which lane road-users were in when the accident happened. However, the register of accidents which is the basis of our data does not have

information on the lane in which road-users were moving but in which direction they were travelling. Directions were indicated as from the North, from the North-East, etc. To decide the lane in which the road-user was moving it is therefore necessary to know the direction of the road where the accident took place.

The direction of the road could be determined by an electronic road map (ELVEG). For each accident the coordinates are used to determine the direction of lane 1. For a number of accidents lack of coordinate information precluded the determination of the direction.

Unfortunately, there was far from perfect agreement between the direction of the road as determined from ELVEG and the direction road users were travelling. The principle for placing road users in lanes was as follows. If the direction of the road was towards the North, road users (with the exception of pedestrian) that travelled towards the Northwest (ie coming from the Southeast), towards the North or towards the Northeast were regarded as travelling in lane 1. If they were travelling towards Southeast, towards the South or towards the Southwest they were regarded as travelling in lane 2.

If the direction of travel was stated as towards the East or towards the West it is not possible to decide in which lane they were travelling. For this reason more than 5000 accidents had to be left out because they could not be placed in a lane.

Given the lane that road users were travelling before the accident, the lane in which the accident is placed is decided on the following principles.

- Single vehicle accidents are attributed to the lane in which the road user was travelling
- Accidents where the road users travel in the same direction (rear end accidents) are attributed to the lane where they were travelling.
- Head-on accidents are counted as 0.5 accidents in each lane for the internal comparison so that the number of accidents is correct. For the regression analysis head-on accidents were counted as one in each lane.

Results

Regression analysis

The unit in the analysis is a 100 m section in one lane in one year. Very few of these units had more than one accidents. The dependent variable in the regression analysis was therefore whether there had been an accident on one unit or not. This calls for the use of logistic regression.

Logistic regressions were performed both with AADT entered linearly and where a logarithmic transformation of AADT was used. In the first case it was found that the coefficient of rut depth was statistically significant, and in second case it was not. This does not necessarily mean that rut depth does not affect the accident risk. It may just mean that the relationship between rut depth and the accident risk (more correct: the logit of the probability of an accident) is not linear. By categorising rut depth in five groups, 0-4 mm, 4-9 mm, 9-15 mm, 15-25 mm and above 25 mm, the effect of rut depth can be analysed by four dummy-variables that express the increase in logit relative to the 0-4mm group.

The results from the logistic regression are shown in table S1. The regression also included dummy-variables for counties and for different speed limits. The coefficients of these variables have been left out in table S1 to avoid a too large and cluttered table.

Table S1. Results from the logistic regression. The dependent variable is a dichotomous variable indicating whether there has been an accident or not. The number of units: 2098940. The number of units with an accident: 10721.

*: Significant at the 10%-level, **: Significant at the 5%-level, ***: Significant at the 1%-level.

	Coefficient	Standard deviation	Significance level	
Rut depth. 4-9	0.1677	0.0583	0.0040	***
Rut depth. 9-15	0.1031	0.0589	0.0800	*
Rut depth. 15-25	0.1229	0.0616	0.0462	**
Rut depth. >25	0.2212	0.1020	0.0301	**
Cross-slope	0.0092	0.0040	0.0225	**
Curvature	128.8130	5.0030	0.0000	***
IRI	-0.0343	0.0127	0.0069	***
Dummy, EV	-0.0414	0.0273	0.1300	
Ln(AADT)	1.0232	0.0152	0.0000	***
% long vehicles	0.0041	0.0029	0.1576	
Mean gradient	0.0053	0.0058	0.3571	
Road width	-0.0136	0.0049	0.0055	***
Constant	-14.0051	0.2805	0.0000	***

TØI-report 840/2006

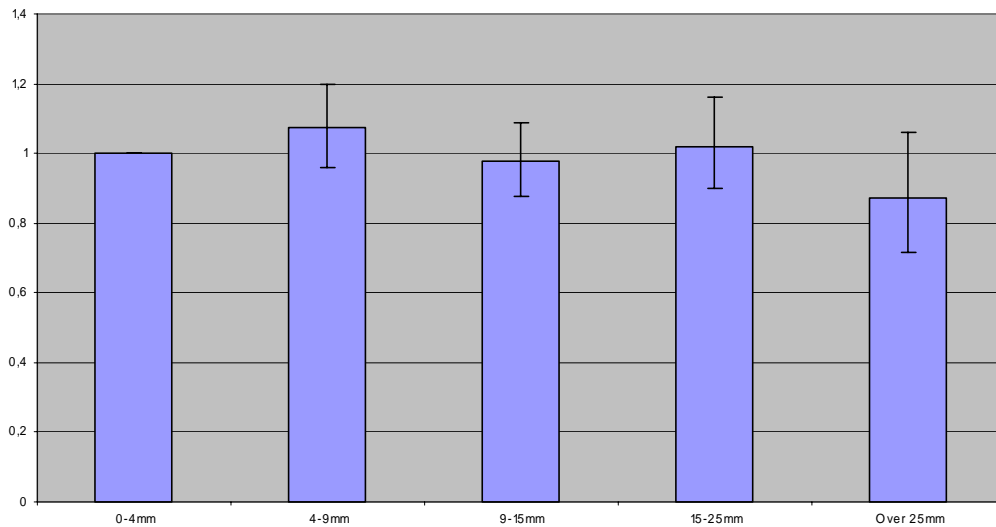
Comparison of accidents on the same section in different years

Comparison of accidents on the same section in different years (internal comparison) was, as described above, carried out in two different ways. The first method, ranking of the measured values found no relationship between rut depth and accidents or between IRI and accidents. A possible explanation for the negative result is that the method is not sufficiently sensitive to demonstrate a relationship. There are large differences between rut depths and IRI values for different sections. The largest rut depth on one section may be smaller than the smallest on another.

By categorising rut depths into intervals this problem is avoided. All comparisons are between intervals. This ensures that the rut depths compared do not vary too much.

With 5 categories there are ten possible pair-wise comparisons. The comparisons are partly independent because the road sections included in the comparison between 0-4 mm and 4-9 mm are not necessarily the same that are included in the comparison between 0-4 mm and 9-15 mm. If they are treated as independent (as an approximation) the ten pairwise comparisons can be used to estimate four parameters. Let f_1 denote the relative increase in accident rate from category 0-4 mm for rut depth to the category 4-9 mm for rut depth, ie the ratio of accident risk in category 4-9 mm and 0-4 mm. Equivalently, denote by f_2 the relative increase from 4-9 mm to 9-15 mm, f_3 the relative increase from 9-15 mm to 15-25 mm and f_4 the relative increase from 15-25 mm to more than 25 mm. The four parameters can be determined by weighted least squares. The accident rates for the categories 5-9 mm, 9-15 mm, 15-25 mm and more than 25 mm may then be expressed

relative to the category 0-4mm. This is shown in figure S1. The figure also shows confidence intervals for the relative accident rates. These confidence intervals are only approximate and should be considered as a lower bound.



TØI-report 840/2006

Figure S1. The relative accident rates for different categories of rut depth. The accident rate in the category 0-4 mm has been set to 1. The lines indicate an approximate 95% confidence interval.

This analysis finds no clear relation between rut depth and accident rate. Of the ten comparisons behind figure S1, only one showed one significant difference and there are no significant differences between the relative accident rates in figure S1, all confidence intervals include 1. However, the pattern shows some similarity to the result from the regression analysis presented in table S1, where AADT was transformed logarithmically, except for the category with rut depth above 25mm,. This gives some support to the choice of a logarithmic transform of AADT. The figure does definitely not show the linear increase of risk rut dept that was found with a linear AADT.

Conclusions

The regression analysis shows that increased rut depth entails an increased accident risk. Regression analyses of subcategories of accidents found the same increase for most categories of accidents, though the increased risk was not significant in all cases. When both head-on and single vehicle accidents are left out, the increase of accident risk with rut depth is no longer significant.

From the regression analysis can also be concluded that there is a negative linear relation between IRI and accident risk. An increase in IRI entails a reduced accident risk. The coefficient of IRI was negative and significant for the large majority of subcategories of accidents.

For some subcategories of accidents, the larger the change in cross-slope the higher the accident risk. This pertains to accidents during the winter but not to

accidents during the summer. This pertains to single-vehicle accidents but not to head-on accidents. It is also the case when all accidents are included.

Comparison of accidents on the same section in different years does not find an equally clear relation between rut depth and accident risk. However, this method does not correct for the effect of IRI like the regression analysis does. It may therefore underestimate the effect of large rut depths since a large IRI will also be common in this case.

The results of this study are the opposite of what was found in Sweden. The Swedish study found that increased rut depth reduces the accident risk while increased IRI increases it. Here we find that increased rut depth increases the accident risk while increased IRI reduces the accident risk. Whether the difference is real or due to methodological problems in one or both studies is currently unclear.

Implications of the results

Employing the results from the logistic regression, some examples have been produced to indicate the practical importance of the relationship between accidents and the other variables. As a simplification the relationships can be expressed as approximately linear relationships. This simplification is made so that the results will be easier to apply for practical purposes.

Bivariate relationships are shown between relative accident risk and rut depth, IRI and change in cross-slope respectively, ie the relationship is given keeping all other variables than the one varied constant. When rut depth increases by 1mm (and all other variables are constant) the accident risk is increased by 0.6%. When IRI increases by 1mm/m the accident risk is decreased by 3%. An increase in the change in cross-slope leads to an increase in accident risk.

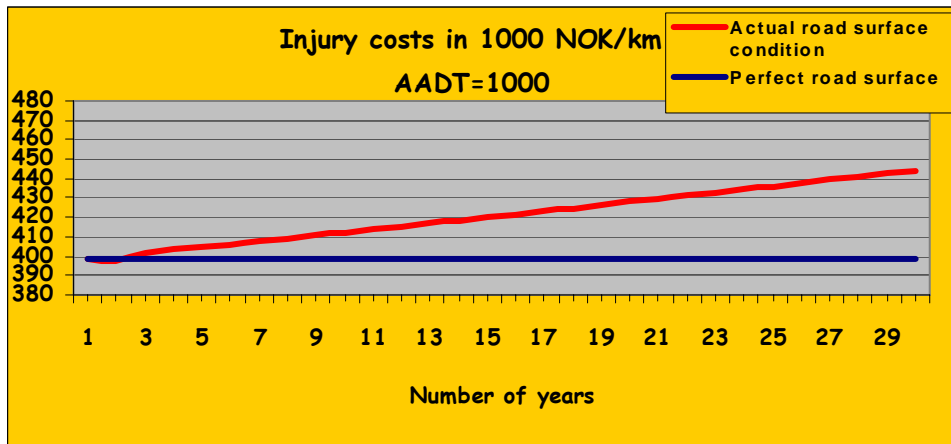
Table S2. Simultaneous evolution of rut depth and IRI for a road with AADT=1000.

Year	1	5	10	15	20	25	30
Rut depth mm	2.50	7.38	13.48	19.58	25.68	31.78	37.88
IRI mm/m	1.74	2.02	2.36	2.71	3.05	3.40	3.74

TØI-report 840/2006

After a road has been resurfaced both rut depth and IRI will increase with time. When the road surface is new, so-called initial values apply to rut depth and IRI. In the example shown in figure S2 initial values and the annual deterioration have been obtained from the Road Capital Project under the auspices of the Norwegian Public Roads Administration (not yet published). Accident rates and injury cost per accident have been obtained from the Optimal Maintenance of Roads project, also under the auspices of the Norwegian Public Roads Administration. Table S2 shows the simultaneous evolution of rut depth and IRI for a road with AADT of 1000 as rut depth and IRI increase from 2.5 mm and 1.74 mm/m respectively the first year to 38 mm and 3.74 mm/m after 30 years. Figure S2 shows the evolution of annual injury costs. The horizontal line indicates the annual injury costs if there had been no deterioration of the road surface. The road safety potential of road

resurfacing, ie the annual savings in accident costs, is the difference between the two curves in the figure.



TØI-report 840/2006

Figure S2. Annual injury costs pr km road (AADT=1000) for the actual road surface condition and for a perfect road.

The safety potential and accumulated safety potential for selected number of years after resurfacing is given in table S3.

Table S3. Safety potential and accumulated safety potential for selected number of years after resurfacing.

Year	1	5	10	15	20	25	30
Safety potential in 1000 NOK/year	-	6	14	21	29	37	45
Accumulated safety potential in 1000 NOK	-	13	65	156	287	457	668

TØI-report 840/2006

As figure S2 and table S3 show, the road safety potential increases from zero in the first year to 14000 NOK/km after in year no 10. The accident reduction caused by increased IRI is more than compensated for by increased rut depth. Disregarding considerations of discounting, the annual savings shown in figure S2 may be accumulated so that at a certain time it will be cost-effective to resurface the road rather than to bear the accident costs.

This calculation is very sensitive to AADT. The road safety potential in the 10th year is 14000 NOK/km for a road with AADT 1000 but more than ten times larger, 147 000 NOK/km for a road with AADT 10000.

1 Bakgrunn og problemstilling

1.1 Uventede resultat i svensk studie

I 2002 ble det ved VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) i Sverige publisert en undersøkelse (Ihs, Velin og Wiklund, 2002) av sammenhengen mellom egenskaper ved vegdekket, nærmere bestemt spordybde og ujevnhet målt ved IRI (International Roughness Index, jo høyere IRI jo mer ujevn er vegen), og ulykker. (Resultatene fra rapporten "Vägytans inverkan på trafiksäkerheten" er beskrevet og diskutert i mer detalj i Christensen, 2005). Hovedfunnene i rapporten, var som følger (se også vedlegg):

I analyser (lineær regresjonsanalyse) med bare spordybde som mulig påvirkningsfaktor (uavhengig variabel) fant man ingen sammenheng mellom spordybde og risiko. Hvis analysen ble gjort for vinter og sommer separat, ble det imidlertid funnet en sammenheng. Risikoen avtok med spordybden om sommeren, mens det var en tendens til at den økte om vinteren.

Der en bare så på IRI som uavhengig variabel fant en at ulykkesrisikoen øker med økende IRI. Dette gjaldt også når materialet ble inndelt i ÅDT klasser eller når det ble inndelt etter sommer og vinter og ÅDT klasser. Et unntak var motorveger med fartsgrense 110 km/t.

Politirapporterte ulykker i Sverige inneholdt inntil 2000 også ulykker med bare materiell skade. For å se på sammenhengen mellom IRI og personskadeulykker spesielt, ble ulykker med materiell skade tatt ut av datamaterialet. Man fant da at også risikoen for personskadeulykker økte med økende IRI. Dette gjaldt i det vesentlige også når en så på sammenhenger innenfor ulike ÅDT klasser og på årstider kombinert med ÅDT klasser.

Når både spordybde og IRI inngikk som uavhengige variable i regresjonsanalysen var virkningen av spordybde negativ, dvs at ulykkesrisikoen avtok med økende spordybde, men ulykkesrisikoen økte med økende IRI. Dette gjaldt både sommer og vinter, dvs at den økning av ulykkesrisikoen med spordybde som ble funnet å gjelde om vinteren med bare spordybde som uavhengig variabel blir borte når virkningen av både spordybde og IRI betraktes samtidig. I det store og hele var tendensen den samme i alle ÅDT klasser.

Hovedtendensen i undersøkelsen er følgelig at mens økt spordybde reduserer ulykkesrisikoen, så øker ulykkesrisikoen med økende IRI.

1.2 Problemstillinger for denne studien

Disse resultatene var overraskende for fagmiljøet i Norge. Dette gjelder særlig at ulykkesrisikoen ser ut til å avta med økt spordybde. Både i Norge og i det svenske systemet for planlegging av vegdekker (PMS, Pavement Mangement

System) har det vært forutsatt at ulykkesrisikoen øker lineært med spordybde når spordybden er over 10mm.

At resultatene i den svenske undersøkelsen avviker fra hva som forventes har tre mulige forklaringer:

1. Resultatene er gyldige for Sverige men gjelder ikke for Norge, fordi det norske vegnettet er forskjellig fra det svenske.
2. Det norske fagmiljøet tar feil og resultatene er også gyldige for Norge.
3. Resultatene skyldes metodiske svakheter ved undersøkelsen.

Statens vegvesen, Region øst ga derfor Transportøkonomisk institutt i oppdrag å foreta en undersøkelse av sammenhengen mellom spordybde og ulykkesrisiko. Som et ledd i undersøkelsen skulle først foretas en gjennomgang og drøfting av den svenske rapporten. Resultatet av gjennomgangen inngår i Christensen (2005).

Statens vegvesen, Region øst var primært interessert i betydningen av spordybde. Spordybde kan imidlertid ikke undersøkes uavhengig av andre variabler som kan påvirke ulykkesrisikoen (se kapittel 2.1). Spordybde kan derfor ikke undersøkes isolert fra IRI og tverrfall. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, var interessert i betydningen av disse variablene og bidro derfor økonomisk til å undersøke betydningen av dem.

Målsettingen for undersøkelsen som beskrives i denne rapporten er derfor å undersøke sammenhengen mellom henholdsvis spordybde, IRI og tverrfall og ulykker. Mest vekt er likevel lagt på analyser av spordybde.

2 Metodisk tilnærming

2.1 Kontroll for flere påvirkningsfaktorer nødvendig

Risikoen i vegtrafikken påvirkes av et stort antall forhold (variabler), både egenskaper ved vegen, ved føreren og ved kjøretøyet. Hvis det er en sammenheng mellom spordybde (eller IRI) og en annen variabel som påvirker risikoen kan det se ut som spordybde har betydning for risikoen mens det i virkeligheten er den andre variabelen som er forklaringen.

En slik mulig variabel er om vegen har midtdeler eller ikke. Hvis det er slik at veger med midtdeler også har de laveste IRI verdier vil det se ut som om økt IRI leder til høyere risiko. Hvis det er slik at veger med høy trafikk har midtdeler og at den store trafikkmengde leder til slitasje av spor, kan sammenhengen mellom spordybde og ulykkesrisiko se ut til å være negativ hvis man ikke tar hensyn til at veger er ulike med hensyn på ulykkesrisiko og trafikkmengde.

En lignende falsk sammenheng kan fås hvis det er en positiv sammenheng mellom spordybde og IRI. Anta at økt spordybde øker ulykkesrisikoen men økt IRI ikke gjør det. Betraktes sammenhengen mellom IRI og ulykker isolert vil det se ut som økt IRI leder til økt ulykkesrisiko. Det er derfor svært viktig at en tar hensyn til og kontrollerer for effektene av den slags sammenhenger mellom variabler.

Hovedmetoden vi har brukt til å kontrollere for andre variables innvirkning, er regresjonsanalyse. I tillegg har vi forsøkt å kontrollere for forskjeller mellom veger ved å sammenlikne ulike sett av data for en og samme veg. Her utnytter vi det faktum at spordybde og IRI forandrer seg over tid på samme veg. Denne metoden vil heretter bli kalt "Sammenligning med seg selv" fordi ulykkestall bare sammenlignes med ulykkestall på den samme vegen, men da på ulike tidspunkter.

2.2 Regresjonsanalyse

Regresjonsanalyse er en vanlig statistisk analysemetode når man ønsker å undersøke hvordan en variabel, den avhengige variabelen, avhenger av en eller flere andre variable, de uavhengige variabler. De uavhengige variablene kan selv være avhengige, korrelert, seg i mellom. Regresjonsanalysen besvarer derfor spørsmålet: Hva er sammenhengen mellom den avhengige variabelen og hver av de uavhengige variable, hensyn tatt til sammenhengen mellom de uavhengige variabler som inngår i analysen.

Regresjonsanalysen besvarer ikke spørsmål om kausalitet, kun om samvariasjon. Er det imidlertid slik at større spordybde henger sammen med økt ulykkesrisiko, når det kontrolleres for virkningen av de andre variable, er det nærliggende å tro at det er en årsakssammenheng, dvs at økt spordybde leder til økt ulykkesrisiko.

Det finnes ulike former for regresjonsanalyse. Den vanligste er lineær regresjon. For å kunne bruke lineær regresjon må imidlertid den avhengige variabelen være målt på minst intervallnivå, dvs at det må finnes en måleskala som den måles langs.

Enhet i analysen er en 100m strekning i et felt for et år (se nedenfor). På de aller fleste slike strekninger vil det ikke ha vært ulykker. Å bruke vanlig lineær regresjon er derfor lite hensiktsmessig. Det vil dessuten være ytterst få tilfeller med mer enn 1 ulykke og det finnes ingen strekninger med mer enn to ulykker. Poisson-regresjon er av den grunn heller ikke særlig egnet. Logistisk regresjon ble derfor benyttet.

Ved vanlig logistisk regresjon er den avhengige variabelen binær, dvs den kan anta to verdier. I dette tilfellet er den avhengige variabelen om det har skjedd en ulykke eller ikke på en gitt strekning.

I en logistisk regresjon estimeres ligningen $\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \sum \beta_i x_i$.

Her er p sannsynligheten og x -ene er de uavhengige variable. Betaene er koeffisienter som estimeres. Utrykket til venstre for likhetstegnet kalles logit. Det er altså logit og ikke sannsynligheten p som er en lineær funksjon i de ukjente koeffisientene. Dette gjør det vanskeligere å tolke koeffisientene enn i vanlig lineær regresjon. De variable vi har inkludert i de logistiske regresjonsanalysene beskrives i kapittel 4.3.1 og 5.1.

2.3 Sammenligning med seg selv

Denne metoden benytter seg av at spordybden på vegen forandrer seg over tid. Prinsippet er at man sammenligner ulykestall **for samme strekning** i ulike år hvor spordybden er forskjellig.

Denne metoden kontrollerer kun for forskjeller mellom veger som ikke forandres over tid. Den kontrollerer imidlertid ikke for forhold som forandrer seg, de viktige av disse er IRI, fartsgrenser og trafikk. De to siste kan enkelt kontrolleres for på annen måte. Fartsgrenser kan tas hensyn til ved bare å bruke strekninger hvor det ikke har vært fartsgrensendringer. Trafikken kan tas hensyn til ved enten å regne ulykkesrisiko isteden for ulykker eller ved å vise at det er bare små endringer i trafikken. At IRI kan endres kan imidlertid ikke kontrolleres for. Betydningen av dette må derfor vurderes med utgangspunkt i korrelasjonen mellom spordybde og IRI.

Sammenligning med seg selv ble gjennomført på to forskjellige måter. Den ene var å rangere de seks årene vi hadde data for en strekning etter spordybde og undersøke om antall ulykker økte med økende spordybde. Den andre var å dele inn spordybde etter intervaller og kreve at en vegstrekning skulle ha spordybde-målinger i to gitte intervaller. Ved en sammenligning av spordybde 0-4mm med 4-9mm ble bare vegstrekninger hvor det fantes spordybder i begge disse intervallene (i forskjellige år) brukt i sammenligningen. Tilsvarende for en sammenligning av 0-4mm med 9-15mm, osv.

Begge disse måtene er forklart i mer detalj i kapittel 5.2.1 og 5.2.2.

3 Datagrunnlag

3.1 Datakilder

Grunnlaget for alle data er Vegdatabanken. Transportøkonomisk institutt har imidlertid fått ulike data fra kilder i Statens vegvesen. Typer data og datakilder beskrives i det følgende.

Alle data som innsamles årlig er innhentet for perioden 1999-2004. Bare riksveger er med i analysen.

3.1.1 Vegdekkedata

Målinger av spordybde og IRI foretas årlig på vegnettet. Målingene på vegen er nær kontinuerlige, mens verdier som lagres i Vegdatabanken oppgis som en typisk verdi for en strekning. De fleste strekninger er på 20m, men de kan være lenger eller kortere. For hver strekning oppgis startpunkt (hovedparsell og kilometreringsring), sluttspunkt og lengde. I tillegg oppgis måleverdier som gjelder denne strekningen.

Vegdekkedata ble mottatt fra Vegdirektoratet, Teknologivdelingen, i form av to typer datafiler. Den ene inneholdt data for spordybde og andre relevante data (tverrfall og kurveradius), mens den andre filtypen inneholdt IRI data.

For både spordybde og IRI ble data mottatt som én eller flere filer med data for hvert år.

3.1.2 Trafikk- og fartsgrenseopplysninger

Også trafikkdata (ÅDT og prosent lange kjøretøyer) og data for fartsgrenser ble mottatt fra Vegdirektoratet, Teknologivdelingen. Her var det en datafil for hvert år.

En post i disse filene representerte en strekning (som kunne være lang) hvor ÅDT, prosent lange kjøretøyer og fartsgrense var den samme. Der enten fartsgrense eller ÅDT endret seg, ble det laget en ny post i filen. Alle poster oppga startpunkt, sluttspunkt og lengde.

3.1.3 Ulykkesdata

Ulykkesdata fikk vi fra Statens vegvesen, Region øst. Data besto av to filer, en fil hvor ulykker var enhet og en fil der trafikanter innblandet i ulykkene var enheter. Informasjon fra de to filene kunne kobles ved å bruke sted og tidspunkt for ulykkene.

3.1.4 Opplysninger om stigning og vegbredde

Opplysninger om stigning og vegbredde (bredden av vegkroppen) ble mottatt fra firmaet Veginformatikk som er eksperter på å ta ut data fra Vegdatabanken og ofte gjør oppgaver for Statens vegvesen. Her fikk vi data for vegnettet som det var per september 2005. Det må kunne antas at stigning og vegbredde har vært uforandret i perioden, bortsett fra på veger som eventuelt har vært ombygget.

3.2 Beskrivelse av datamaterialet

3.2.1 Spordybde data

Som nevnt ovenfor, er spordybde oppgitt for strekninger med ulik lengde. De fleste er 20m eller nær 20m men de kan også være lenger eller kortere. Fordelingen av spordybde på samtlige enheter for hvert år for begge felt (veger med mer enn to felt holdes utenfor) er gitt i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Årlig fordeling av spordybde (mm) i perioden 1999-2004 for målte strekninger på veger med to felt. Prosent

Spordybde (mm)	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0-4	15,0	11,8	11,5	10,3	11,2	11,8
4-9	41,7	42,3	41,9	42,8	41,3	41,2
9-15	28,0	30,1	30,6	30,7	30,8	30,2
15-25	13,4	13,8	14,0	14,2	14,8	14,9
25-50	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,9
50+	0,01	0,02	0,03	0,07	0,02	0,03
Sum	99,9	99,9	100,0	99,9	99,9	100,0
Antall målinger	2054769	2236932	2453501	2474722	2445430	2510345

TØI-rapport 840/2006

Gruppen 0-4mm inneholder vesentlig spordybder opp i mot 4mm. Bortsett fra noen få oppgitte spordybder på 0mm (8 totalt for alle årene) er minste oppgitte spordybde alle årene 1.0mm Gjennomsnittlig spordybde innenfor hver gruppe er vist i tabell 3.2.

Tabell 3.2. Gjennomsnittlig spordybde (mm) innenfor grupper av spordybde for målte strekninger for veger med to felt.

Spordybde (mm)	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0-4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,5	3,5
4-9	6,9	6,9	6,9	7,0	6,9	6,9
9-15	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
15-25	19,0	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
25-50	30,1	30,3	30,4	30,4	30,3	30,2
50+	55,9	56,2	60,8	78,2	58,7	61,6

TØI-rapport 840/2006

Gjennomsnittlig spordybde for hvert fylke er gitt i tabell 3.3.

Tabell 3.3. Fylkesvis gjennomsnittlig spordybde (mm)

Fylke	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Østfold	12,2	12,3	13,4	12,3	12,3	11,3
Akershus	10,3	10,1	10,4	10,9	10,9	10,5
Oslo	13,5	14,6	11,7	13,3	11,8	7,4
Hedmark	12,0	11,7	11,8	11,8	12,0	11,3
Oppland	9,3	10,6	10,1	9,8	10,3	9,8
Buskerud	11,7	12,0	11,7	11,6	12,1	11,6
Vestfold	10,5	10,9	10,2	10,4	10,6	10,6
Telemark	8,3	10,4	10,2	10,2	10,3	10,0
Aust-Agder	7,9	7,7	8,0	8,1	8,5	8,6
Vest-Agder	8,6	8,9	8,4	8,9	8,9	9,5
Rogaland	8,3	8,3	8,3	9,2	9,2	9,4
Hordaland	10,4	10,5	10,3	10,6	10,6	11,5
Sogn og Fjordane	8,8	10,0	10,1	10,2	9,9	10,3
Møre og Romsdal	9,6	9,3	9,8	9,9	10,5	10,4
Sør-Trøndelag	11,6	11,9	12,3	11,9	11,6	11,6
Nord-Trøndelag	8,2	10,1	9,8	10,0	10,0	10,3
Nordland	11,7	9,5	9,4	10,7	9,1	9,7
Troms	10,2	11,3	11,7	10,7	11,3	11,2
Finnmark	9,5	9,2	9,3	9,1	9,1	8,7
Hele landet	9,9	10,2	10,3	10,4	10,4	10,3

TØI-rapport 840/2006

Ikke alle forskjeller fra år til år i gjennomsnittlig spordybde behøver å bety at det har vært noen utvikling i gjennomsnittlig spordybde. Antall målinger varierer noe fra år til år og gjennomsnittlig spordybde vil kunne avhenge av hvilke vegger som faktisk måles. Særlig gjelder dette Oslo hvor antall målinger er meget lite. I årene 1999 og 2000 var det dessuten i noen fylker langt færre målinger enn i de senere årene.

Vi ser at det er klare forskjeller mellom fylkene. Årsaken til disse forskjellene er ikke noe poeng i denne undersøkelsen. Nivåforskjellene kan imidlertid gjøre at trafikanter i noen fylker er mer vant til og tilpasser seg større spordybde. Betydningen av spordybde for ulykkesrisikoen kan derfor variere mellom fylker. Dette må tas hensyn i regresjonsanalysen. Det er gjort ved å bruke dummy-variabler for fylker.

3.2.2 IRI data

Fordelingen av IRI for hvert år for begge felt (veger med mer enn to felt holdes utenfor) er gitt i tabell 3.4.

Tabell 3.4. Årlig fordeling av IRI for målte strekninger for veger med to felt. Prosent.

IRI (mm/m)	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0-0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
0,5-1,0	12,9	13,2	12,7	12,8	12,8	12,8
1,0-1,5	23,8	23,5	22,6	22,2	21,8	21,7
1,5-2,0	19,7	19,6	19,1	18,7	18,5	18,4
2,0-3,0	22,9	23,1	23,2	23,0	22,9	22,8
3,0-5,0	15,2	15,4	16,1	16,6	16,8	16,9
5,0-10,0	4,9	4,7	5,5	5,9	6,2	6,4
10+	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6
Sum	100,0	100,2	100,0	100,1	100,0	100,1
Antall målinger	2039361	2221549	2422701	2452470	2417604	2471316

TØI-rapport 840/2006

Gjennomsnittlig IRI innenfor hver gruppe er vist i tabell 3.5.

Tabell 3.5. Gjennomsnittlig IRI innenfor grupper av IRI for målte strekninger for veger med to felt. mm/m.

IRI (mm/m)	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0-0,5	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
0,5-1,0	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
1,0-1,5	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
1,5-2,0	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
2,0-3,0	2,48	2,49	2,49	2,49	2,49	2,49
3,0-5,0	3,81	3,80	3,81	3,82	3,83	3,83
5,0-10,0	6,42	6,40	6,45	6,47	6,49	6,50
10+	12,45	12,19	12,22	15,09	13,52	14,15
Total	2,27	2,26	2,34	2,39	2,41	2,43

TØI-rapport 840/2006

Gjennomsnittlig IRI for hvert fylke er gitt i tabell 3.6.

Tabell 3.6. Fylkesvis gjennomsnittlig IRI. mm/m

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Østfold	2,58	2,64	2,73	2,71	2,75	2,82
Akershus	2,10	2,15	2,14	2,13	2,33	2,10
Oslo	2,82	3,20	2,40	3,07	3,66	3,68
Hedmark	1,76	2,08	2,16	2,23	2,20	2,35
Oppland	1,90	1,83	2,12	2,16	2,18	2,18
Buskerud	2,36	2,31	2,49	2,49	2,56	2,54
Vestfold	1,94	1,98	2,13	2,18	2,31	2,23
Telemark	3,02	3,00	3,11	3,24	3,14	3,10
Aust-Agder	1,96	1,95	2,09	2,15	2,11	2,22
Vest-Agder	2,20	2,16	2,27	2,37	2,38	2,50
Rogaland	1,89	1,90	2,05	2,15	2,12	2,20
Hordaland	2,56	2,60	2,56	2,53	2,49	2,52
Sogn og Fjordane	2,39	2,36	2,35	2,61	2,57	2,64
Møre og Romsdal	1,89	1,85	1,88	1,90	1,91	1,92
Sør-Trøndelag	2,01	2,03	2,00	2,08	2,07	2,13
Nord-Trøndelag	2,20	2,12	2,09	2,19	2,22	2,25
Nordland	2,35	2,23	2,30	2,35	2,40	2,43
Troms	2,47	2,60	2,70	2,67	2,80	2,83
Finnmark	2,72	2,64	2,76	2,70	2,80	2,70
Hele landet	2,27	2,26	2,34	2,39	2,41	2,43

TØI-rapport 840/2006

Endringer over tid vil delvis kunne skyldes at det ikke er like mange målinger hvert år og følgelig at gjennomsnittene ikke er helt sammenlignbare. Tallene for hele landet kan imidlertid tyde på at det har vært en økning i IRI i de siste årene.

Når det gjelder ujevnheter, finner vi ikke helt de samme forskjeller mellom fylkene som for spordybde. Gjennomsnittlig IRI i Telemark er f.eks. høyere enn i andre fylker. Gjennomsnittlig spordybde er imidlertid nær gjennomsnittet for hele landet.

4 Transformasjoner av data til en form egnet til analyser

Som beskrevet i forrige kapittel, fikk vi data om ulike faktorer på filer med ulike typer filformat. Før analysene kunne foretas måtte data transformeres til en form som gjorde at de kunne samles i en datafil. Alle typer data ble derfor omregnet til 100-meters strekninger hvis de ikke allerede i utgangspunktet var for 100-meters strekninger.

Både data for spordybde, tverrfall og IRI finnes for hvert kjørefelt og er behandlet feltvis. Også ulykker er derfor forsøkt plassert i et kjørefelt (se kapittel 4.2). Av den grunn er veger med mer enn to felt utelatt. Opplysninger om ÅDT, andel lange kjøretøyer og fartsgrense gjelder for begge felt. Det samme er tilfellet for vegbredde. Stigning er også oppgitt for vegen og ikke for hvert felt. Imidlertid gjelder dette for vegens kilometreringsretning, dvs i felt 1. I felt 2 har stigningen motsatt fortegn.

4.1 Omregning av data til 100m vegstrekninger

4.1.1 Spordybde, tverrfall og kurvatur (krumning)

Siden det skal benyttes flere års data for både spordybde, ulykker og andre variable er det viktig at det er de samme strekninger som betraktes hvert år. Dette gjelder spesielt for de analysealternativer hvor strekninger skal sammenlignes med seg selv. Imidlertid er de 20m strekninger som måles ikke helt identiske hvert år. Startpunktet kan variere med opp til 10m, dvs at startpunktet et år vil kunne være midt på en strekning et annet år. Det ble derfor valgt å danne 100m strekninger som har de samme start- og endepunkter hvert år.

På alle parseller starter første strekning på 0 kilometer, slik at første strekning går fra 0 til 100m, den andre fra 100 til 200 osv. Siden lengden av en parsell ikke nødvendigvis er delelig med 100 kan det bli det bli en reststrekning på mindre enn 100m.

Hver 100m strekning må settes sammen av flere mindre strekninger hvor spordybde er målt. Siden starten på målte strekninger kan være forskjøvet i forhold til 100m strekningene vil også deler av målte strekninger inngå i strekningen på 100m.

Et program, skrevet i programmeringsspråket C, ble brukt til å gå gjennom parsellene. Programmet deler og skjøter målte strekninger til 100-metre. Spordybden på en 100-meters strekning beregnes som det vektete gjennomsnitt av spordybden på de biter som inngår i strekningen. Vektingen er med hensyn på bitenes lengde.

Med krumning mens det samme som kurvatur, dvs den inverse av kurveradien. Krumning beregnes som den største krumning (absolutt verdi), det vil si minste kurveradius, av de deler som inngår i strekningen på 100m. Dersom største krumning er på en måling som overlapper to strekninger på 100m vil den samme største krumningen bli gjort gjeldende for begge strekningene.

For tverrfall ble differensen mellom største og minste tverrfall beregnet, hensyn tatt til fortegnet av tverrfallet. Differensen uttrykker hvor meget tverrfallet endrer seg på strekningen. Et alternativ er å se hvordan tverrfallet avviker fra kravet til tverrfall. Dette har det ikke vært mulig å gjennomføre innenfor rammene av dette prosjektet.

Det er mange problemer med data som gjorde behandlingen vanskelig og derfor tidkrevende.

1. Målte strekninger har varierende lengde. 20m er det langt vanligste. Avviket fra 20m er for de fleste strekningene bare noen få meter. Det finnes imidlertid strekninger helt ned til 1m.
2. Noen ganger går en målt strekning over fra en parsell til en annen. Andre ganger begynner en ny måling ved starten på en ny parsell.
3. Det kan være "hull" i målingene, dvs at det mangler data for en del meter. Dette kjennetegnes ved at startpunktet for en måling begynner lenger ut på en parsell enn sluttpunktet for forrige måling. Hullene kan være av forskjellig lengde. Spesielt må det skilles mellom korte hull som er innenfor en 100-meter og lengre strekninger hvor det mangler data. Det er særlig vanskelig å programmere behandlingen hvis det er flere hull etter hverandre med korte målte strekninger i mellom.
4. I noen tilfeller var det uoverensstemmelse mellom startpunktet og sluttpunktet for en måling og den oppgitte lengden på målingen. I alle tilfeller hvor dette ble observert var den oppgitte lengden mindre enn lengden beregnet ved start- og slutt punkt. Det ble da antatt at målingens lengde var som den oppgitte lengden og den resterende delen ble betraktet som hull i målingene.

I noen få tilfeller var det slik uoverensstemmelse ved målinger som går fra en parsell til den neste. Det er da ikke mulig å beregne hvor stor del av målingen som er på hver parsell. Det ble da antatt at halvparten av en vanlig måling, dvs 10 meter, var på hver parsell.

I resultatfilen finnes 4 typer strekninger:

1. 100m strekninger med spormåling på hele strekningen
2. Rest-strekninger på mindre enn 100m med spormåling på hele strekningen
3. 100m strekninger med spormåling på en del av strekningen (strekning med hull)
4. Strekninger som ikke inneholder spordata

Bare strekninger av type 1 ble brukt i den videre databehandling.

4.1.2 IRI

Behandlingen av IRI data er helt analog med behandlingen av data for spordybde.

4.1.3 ÅDT, andel lange kjøretøyer og fartsgrense

Databehandlingen besto her i å splitte opp de lengre strekningene til 100m med samme startpunkter som data for spordybde og IRI. Siden lengden av strekningene (i meter) ikke nødvendigvis var delelig med 100 måtte slutten på en strekning slås sammen med begynnelsen på den neste.

ÅDT og prosent lange ¹biler ble da beregnet som et vektet gjennomsnitt, vektet med hensyn på delene som inngikk i 100m strekningen. For fartsgrense virker et vektet gjennomsnitt kunstig. Her brukte vi den fartsgrensen som gjaldt på lengst del av strekningen.

Også her var det dataproblemer som gjorde behandlingen komplisert. Flere påfølgende poster kunne inneholde data for delvis den samme strekningen og med forskjellige oppgitte verdier for samme variabel. I slike tilfeller ble den post som representerte den lengste strekningen benyttet uten noen vurdering av om verdiene i denne posten var de mest rimelige. Noen korte strekninger, hvor det fantes data, falt ved denne behandlingen ut. Merarbeidet ved å endre dataprogrammet for å få med disse strekningene ville imidlertid vært betydelig.

4.1.4 Stigning og vegbredde

Her var data allerede gitt for 100m strekninger. Hvis en veg går oppover i felt 1 (dvs at stigningen er positiv) vil vegen gå nedover i felt 2 (stigningen er negativ). I analysen ble tallverdien for stigning brukt, dvs at det ikke ble tatt hensyn til om vegen går oppover eller nedover.

4.1.5 Ulykker

Ulykker er stedfestet ved kilometrering. Den knyttes til den 100m strekning som ulykken har inntruffet på.

Kryssulykker og viltulykker er ikke med i analysen. Det samme var tilfellet i den svenske undersøkelsen (Ihs, Velin og Wiklund, 2002).

4.2 Retningsbestemmelse av ulykker

Informasjon om ulykker kom i to datafiler, én hvor ulykkene var enheter og én hvor enheten var en trafikant innblandet i ulykken. Opplysninger om føreforhold og stedfestelse for ulykken ble hentet fra ulykkesfilen. Siden spordybde måles for hvert felt må man vite hvilket felt ulykken skjedde i for å kunne knytte spordybde til ulykker. For å kunne gjøre dette måtte trafikantfilen brukes.

I Straksregisteret med data om trafikanter er det imidlertid ikke opplysninger om hvilket kjørefelt trafikanten befant seg i da ulykken skjedde, men i hvilken him-

¹ Ofte betegnes dette som tunge biler. Egentlig måles lengden og ikke vekten. Her vil bilene derfor betegnes som lange. I praksis vil de også være tunge.

melretning vedkommende kjørte. Retningen er oppgitt som hvor trafikanten kom fra og skiller mellom 8 himmelretninger, fra nord, fra nordøst osv. For å kunne si hvilket felt trafikanten kom i må man kjenne retningen på vegen hvor ulykken skjedde (kilometreringsretningen).

Stedfestelsen i ulykkesfilen ble benyttet til å koble ulykke til informasjon om vegens retning hvor ulykken skjedde (se nedenfor). Trafikantfilen består av flere poster for hver ulykke, én for hver trafikant. Den filen ble omdannet slik at det var en post for hver ulykke, men med flere trafikanter i posten. I utgangspunktet var det 23451 ulykker i de seks årene (1999-2004) når kryssulykker var utelatt. Når alle trafikanter i en ulykke ble samlet i en post per ulykke ble antallet ulykker noe lavere enn i ulykkesfilen, 23415. Denne filen ble så koblet med opplysningene om vegens retning.

Retningen på vegen i ulykkespunktet ble bestemt ved å bruke ELVEG (et elektronisk vegkart). For hver ulykke brukes stedsopplysninger (x og y koordinater) til å bestemme himmelretningen for vegen, dvs i hvilken retning vegen er kilometrert. Også her ble brukt 8 himmelretninger, oppgitt som retningen for kilometreringen, dvs retningen for felt 1. For en del ulykker lot vegens retning seg ikke bestemme. Dette reduserte antall ulykker som kunne brukes med ytterligere et par tusen, til 21371.

Dessverre var det langt fra fullstendig overensstemmelse mellom retningen for en trafikant og vegens retning som bestemt ved ELVEG. Perfekt overensstemmelse ville bety at hvis vegen går mot nordøst så må trafikanter enten komme fra sørvest når de kjører i felt 1 eller fra nordøst når de kjører i felt 2 (bortsett fra fotgjengere som krysser vegen). Slik var det ikke.

Måten trafikanten ble tilordnet til felt var som følger. Hvis vegen gikk mot nord ble trafikanter (unntatt fotgjengere) som kjørte mot nordvest (dvs fra sørøst), nord eller nordøst regnet som å komme i felt 1. Hvis de kjører mot sørøst, mot sør eller mot sørvest regnes de for å komme i felt 2.

Hvis de er oppgitt å ha kommet fra vest eller fra øst er det ikke mulig å si i hvilket felt de har kjørt. Dette medfører at det ikke var mulig å retningsbestemme fem tusen ulykker. Antall ulykker som kunne brukes i analysene, ble med dette redusert til 16365.

Gitt at det er kjent i hvilket felt kjøretøyene beveget seg før ulykken, ble ulykene plassert på felt etter følgende prinsipper:

- Singelulykker regnes i det felt hvor kjøretøyet innblandet i ulykken er registrert.
- Samme kjøreretning ulykker (påkjøring bakfra) plasseres i det felt hvor kjøretøyene befant seg.
- Møteulykker regnes som 0,5 ulykke i hver retning for at antall ulykker skal bli korrekt når veger sammenlignes med seg selv.
- I regresjonsanalysen blir møteulykker regnet som én ulykke i hver retning.

4.3 Produksjon av datafiler for analyse

Etter behandling av data som beskrevet i kapittel 4.1 og 4.2 var resultatet et stort antall datafiler. For spordybde og tverrfall fantes 12 filer, én for hver felt for 6 år. For IRI var det tilsvarende 12 datafiler. For ÅDT, andel lange kjøretøyer og fartsgrense som ikke skilte mellom felt fantes 6 filer, en for hvert år. For stigning og vegbredde fantes bare en fil som beskriver status pr september 2005. Vi har antatt at disse variablene er stabile over tid.

Ulykker var allerede slått sammen til én fil. En post i filen inneholdt data for alle 6 årene hvor ulykker i felt 1 og felt 2 var separat. Filen inneholdt 12 variabler, ulykker i felt 1 i 1999, ulykker i felt 2 i 1999 osv.

Alle opplysninger ble så samlet i én fil hvor en post var alle opplysninger for en strekning på 100m, spordybde, IRI og tverrfall i hver retning i hvert år og ulykker i hver retning i hvert år. ÅDT, andel lange kjøretøyer og fartsgrense fantes for hvert år.

Stigning og vegbredde ble tatt med i analysen på et senere tidspunkt og er ikke med i denne filen.

For en del strekninger hvor det fantes ulykkesdata fantes ikke målinger av spordybde og IRI. Ulykkestallet for de strekninger som inngår i analysen ble derfor redusert til 14999.

Analysen ble også gjennomført for undergrupper av ulykker, vinterulykker, møteulykker osv. I disse tilfellene ble det laget nye ulykkesfiler bare hvor bare ulykker av den aktuelle typen ble tatt med. Ulykkesfilene ble så slått sammen med de andre datafilene. Dette ga en datafil for hver undergruppe av ulykker.

Disse filene ble brukt som utgangspunkt for å lage datafiler for analyse, både regresjonsanalyser og for sammenligning med seg selv.

4.3.1 Datafiler for regresjonsanalyse

For regresjonsanalysene er enheten en strekning på 100m i ett felt i ett år. For å få en datafil i riktig format ble datafilen som inneholdt alle opplysninger først delt opp i 12 filer, hver med data for ett felt i ett år. Deretter ble filene lagt etter hverandre i én fil. Stigning og vegbredde ble så koblet til denne filen. Hver post i denne filen inneholdt i tillegg til informasjon som stedfestet strekningen følgende data for strekningen:

- Fylke
- Vegtype (Europaveg eller vanlig riksveg)
- Spordybde
- Ujevnhet (målt ved IRI)
- Tverrfall
- Kurveradius
- Antall ulykker
- Fartsgrense
- ÅDT
- Prosent lange kjøretøyer
- Stigning
- Vegbredde

4.3.2 Datafiler for sammenligning med seg selv

Her tas også utgangspunkt i filen som inneholder data alle år, år for år og for hvert felt. Fra SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, programmet som ble brukt til å behandle og analysere data) ble det skrevet ut tekst-filer (ascii-filer) som inneholder spordybde og ulykker, IRI og ulykker eller både spordybde og IRI og ulykker, avhengig av hvilken analyse som skal foretas. En fil inneholder data for alle seks årene for et felt.

Hver post i disse filene ble sortert etter spordybde (eller IRI når dette er aktuelt) (se kapittel 5.2). Den sorterte filen ble så lest inn i SPSS for analyse.

5 Bruk av regresjonsanalyse for å bestemme vegdekketilstandens betydning for trafiksikkerheten

5.1 Variabler som inngår i analysene

Kryssulykker og viltulykker er ikke med i analysen. I tillegg til analyser med alle ulykker eksklusive disse ulykkestypene ble det foretatt analyser for møteulykker, annet enn møteulykker, utforkjøringsulykker og en gruppe bestående av fotgjengerulykker og påkjøring bakfra og lignende. Dessuten ble utført regresjonsanalyser for ulykker om sommeren og om vinteren.

De uavhengige variabler som inngikk i analysen var, i tillegg til spordybde, IRI, største krumning, endring i tverrfall, dummy-variable for fartsgrenser, en dummy-variable som indikerer at vegen er en Europaveg, dummy-variable for fylker, ÅDT og prosent lange kjøretøyer. ÅDT ble dividert med 1000, dvs at ÅDT måles i 1000, for at koeffisienten til ÅDT ikke skulle bli for liten.

Dummy-variablene for fartsgrenser og fylker er ikke med i tabellene i dette kapitlet, selv om de inngår i analysene. De er imidlertid bare med for å ta hensyn til forskjeller mellom fylker når det gjelder ulykkesrisiko og spordybde og verdien av dem er uten interesse.

Tallverdiene av koeffisientene er i første omgang ikke så viktige. De er vanskeligere å tolke enn koeffisienter i vanlig lineær regresjon. Det viktige er fortegnet på koeffisienten og signifikansnivået som indikerer om koeffisienten er signifikant forskjellig fra 0. Signifikante verdier på ulike nivåer er markert med én eller flere stjerner (*) i tabellene. Etter at alle regresjonsanalyser var gjennomført, ble også data for midlere stigning og vegbredde tilgjengelig. For alle ulykker under ett, ble det da gjennomført nye regresjonsanalyser hvor disse variablene var inkludert. Endringene i koeffisientene for spordybde, IRI og tverrfall var imidlertid små og nye regresjonsanalyser ble derfor ikke foretatt for undergrupper av ulykker.

5.2 Alle ulykker

5.2.1 Lineær ÅDT

Resultatene av den logistiske regresjonen for alle ulykker (dvs eksklusive kryssulykker og viltulykker) er gitt i tabell 5.1. Vi ser at de fleste faktorer har betydning for ulykkesrisikoen. For å få fram hva spordybden eller andre vegkvaliteter faktisk betyr for ulykker er det nødvendig å sette inn data fra en faktisk (eller stilisert) strekning inn i regresjonsligningen. Dette er gjort i kapittel 5.8.

Tabell 5.1. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:11115.Kontinuerlig spordybde. Lineær ÅDT
*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	0,0201	0,0020	0,0000	***
Tverrfall	0,0087	0,0040	0,0300	**
Krumning	120,2817	4,8471	0,0000	***
IRI	-0,2362	0,0127	0,0000	***
Dummy, EV	0,2853	0,0262	0,0000	***
ÅDT	0,1257	0,0022	0,0000	***
% lange	-0,0164	0,0030	0,0000	***
Konstantledd	-5,7392	0,2352	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Vi ser også av tabell 5.1 at økt spordybde henger sammen med en økning i ulykker. Økt ujevnhet (målt ved IRI) henger sammen med en reduksjon i ulykker. Begge deler er det motsatte av hva man fant i Sverige (Ihs, Velin og Wiklund, 2002).

Hvis også midlere stigning og vegbredde tas med blant de uavhengige variable fås koeffisienter som vist i tabell 5.2. For midlere stigning brukes tallverdien siden en oppoverbakke i et felt er nedoverbakke i det andre feltet.

Tabell 5.2. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker eller ikke. Antall enheter:2098940. Antall med ulykke:10721.

Kontinuerlig spordybde. Lineær ÅDT. Med midlere stigning og vegbredde
*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	0,0204	0,0020	0,0000	***
Tverrfall	0,0101	0,0041	0,0136	**
Krumning	122,5668	4,9990	0,0000	***
IRI	-0,2450	0,0131	0,0000	***
Dummy, EV	0,3097	0,0269	0,0000	***
ÅDT	0,1298	0,0026	0,0000	***
% lange	-0,0164	0,0030	0,0000	***
Midlere stigning	-0,0009	0,0057	0,8780	
Vegbredde	-0,0024	0,0046	0,5999	
Konstantledd	-5,6386	0,2433	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Vi ser at endringene i koeffisientene for spordybde, IRI og tverrfall er små, betydelig mindre enn standardavviket til koeffisientene. Både midlere stigning og vegbredde er langt fra signifikante og har derfor liten forklaringskraft. Det er derfor ikke noe vunnet ved ha dem med i regresjonsligningen.

5.2.2 Logaritmisk ÅDT

Når en lineær funksjon av ÅDT brukes, vil store verdier for ÅDT få svært stor betydning. Det ble derfor også gjennomført en regresjon hvor den naturlige logaritmen av ÅDT ble benyttet. Resultatet er vist i tabell 5.3.

Tabell 5.3. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:11155. Kontinuerlig spordybde. Logaritmisk ÅDT. Uten midlere stigning og vegbredde.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	-0,0006	0,0020	0,7872	
Tverrfall	0,0093	0,0040	0,0195	**
Krumning	126,1496	4,8536	0,0000	***
IRI	-0,0276	0,0124	0,0260	**
Dummy, EV	-0,0738	0,0267	0,0056	***
Ln(ÅDT)	0,9915	0,0139	0,0000	***
% lange	0,0046	0,0029	0,1071	
Konstantledd	-13,8067	0,2697	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Virkingen av spordybde blir tilsynelatende borte. Koeffisientene for tverrfall, krumning og IRI har imidlertid fremdeles samme fortegn og er fremdeles signifikante selv om signifikansnivået er vesentlig høyere.

Hvis også midlere stigning og vegbredde tas med blant de uavhengige variable fås koeffisienter som vist i tabell 5.4.

Tabell 5.4. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker eller ikke. Antall enheter:2098940. Antall med ulykke:10721. Kontinuerlig spordybde. Logaritmisk ÅDT. Med midlere stigning og vegbredde.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	-0,0012	0,0021	0,5730	
Tverrfall	0,0093	0,0040	0,0210	**
Krumning	128,7981	5,0081	0,0000	***
IRI	-0,0333	0,0128	0,0095	***
Dummy, EV	-0,0413	0,0273	0,1309	
Ln(ÅDT)	1,0242	0,0152	0,0000	***
% lange	0,0041	0,0029	0,1559	
Midlere stigning	0,0053	0,0058	0,3608	
Vegbredde	-0,0138	0,0049	0,0050	***
Konstantledd	-13,8744	0,2765	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Her er koeffisienten til vegbredde signifikant men det er fremdeles små endringer i koeffisientene for spordybde, IRI og tverrfall.

5.2.3 Klare forskjeller mellom grupper av spordybde

Nå betyr ikke nødvendigvis regresjonsanalysen i tabellene 5.3 og 5.4 at spordybde ikke har noen betydning. Det betyr bare at det ikke er noen lineær sammenheng mellom spordybde og sannsynligheten for ulykker². Ved å dele inn spordybde i fem grupper, 0-4mm, 4-9mm, 9-15mm, 15-25mm og over 25mm kan virkingen

² Egentlig for logit, se side 4

av spordybde analyseres med fire dummy-variable som uttrykker økningen i ulykkesansynlighet i forhold til gruppen 0-4mm.

Resultatet er vist i tabell 5.5.

Tabell 5.5. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:11155. Gruppert spordybde. Logaritmisk ÅDT. Uten midlere stigning og vegbredde.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp,dyb, 4-9	0,1733	0,0570	0,0023	***
Sp,dyb, 9-15	0,1096	0,0576	0,0569	*
Sp,dyb, 15-25	0,1353	0,0602	0,0247	**
Sp,dyb, >25	0,2328	0,1003	0,0202	**
Tverrfall	0,0091	0,0040	0,0210	**
Krumning	126,1573	4,8483	0,0000	***
IRI	-0,0283	0,0123	0,0213	**
Dummy, EV	-0,0740	0,0267	0,0055	***
Ln(ÅDT)	0,9910	0,0138	0,0000	***
% lange	0,0046	0,0029	0,1074	
Konstantledd	-13,9412	0,2736	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Hvis også midlere stigning og vegbredde tas med blant de uavhengige variabler fås koeffisienter som vist i tabell 5.6.

Tabell 5.6. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker eller ikke. Antall enheter: 2098940. Antall med ulykke: 10721. Gruppert spordybde. Logaritmisk ÅDT. Med midlere stigning og vegbredde.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp,dyb, 4-9	0,1677	0,0583	0,0040	***
Sp,dyb, 9-15	0,1031	0,0589	0,0800	*
Sp,dyb, 15-25	0,1229	0,0616	0,0462	**
Sp,dyb, >25	0,2212	0,1020	0,0301	**
Tverrfall	0,0092	0,0040	0,0225	**
Krumning	128,8130	5,0030	0,0000	***
IRI	-0,0343	0,0127	0,0069	***
Dummy, EV	-0,0414	0,0273	0,1300	
Ln(ÅDT)	1,0232	0,0152	0,0000	***
% lange	0,0041	0,0029	0,1576	
Midlere stigning	0,0053	0,0058	0,3571	
Vegbredde	-0,0136	0,0049	0,0055	***
Konstantledd	-14,0051	0,2805	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Igjen er koeffisienten til vegbredde signifikant forskjellig fra 0 men det er små endringer i koeffisientene til spordybde, IRI og tverrfall.

Det ses at det er en økning for alle fire gruppene i forhold til spordybde 0-4. Det er en signifikant økning for spordybde 4-9 mm. Økningen blir noe mindre for spordybde 9-15 mm og øker så igjen for spordybde 15-25 mm. Økningen er størst

for gruppen over 25 mm. Bare gruppen 9-15 mm er ikke signifikant på 5% nivå, men det er ikke meget om å gjøre.

En alternativ gruppeinndeling ble også forsøkt hvor den laveste gruppen inkluderte spordybder til og med 6mm og hvor gruppeinndelingen forøvrig var 6-11 mm, 11-17 mm, 17-25 mm og over 25 mm. I dette tilfellet var det ingen signifikante forskjeller mellom gruppene. Dette betyr at ulykkesrisikoen er høyere for spordybder fra 4 mm til 6 mm enn for under 4 mm.

Hvilken inndeling er mest fruktbar å benytte? Dette avhenger av hva spordybden er på et nytt vegdekke. Dersom spordybder over 4 mm er dominerende og under 4 mm er uvanlig er det lite fruktbart å bruke gruppen 0-4 mm som basisgruppe. Imidlertid er spordybder under 4mm slett ikke så uvanlig. Tabell 3.1 viser at i alle år har andelen målinger med spordybder under 4mm vært over 10%, i 2004 var andelen 11,8%. Den første inndelingen ble derfor benyttet fordi den viser at det er forskjeller i ulykkesrisiko i forhold de laveste spordybdene.

5.2.4 Ulike funksjoner for ÅDT kan velges

Hvilken av modellene bør velges? Et argument for logaritme-transformasjonen er at hvis $\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{ÅDT})$ og p er liten, har man tilnærmet

$\ln(p) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{ÅDT})$. Dette gir $p = e^{\beta_0 + \beta_1 \ln(\text{ÅDT})} = \gamma \text{ÅDT}^{\beta_1}$ hvor $\gamma = e^{\beta_0}$. Hvis β_1 er nær 1 blir sannsynligheten for ulykke nær lineær med ÅDT. Som det ses av tabellen er koeffisienten til $\ln(\text{ÅDT})$ svært nær 1.

Modellen med $\ln(\text{ÅDT})$ gir dessuten bedre tilpasning. Ved logistisk regresjon bestemmes koeffisientene ved såkalt sannsynlighetsmaksimering, dvs at parametrene velges slik at sannsynligheten for de faktiske observasjoner gjøres størst mulig. I praksis minimeres logaritmen til sannsynligheten og siden sannsynligheten er mindre enn 1 blir logaritmen negativ. Maksimum nås derfor når logaritmen med motsatt fortegn er så liten som mulig. Hvor god tilpasning modellen oppnår kan måles med verdien av denne størrelsen. For den lineære modellen er verdien 130193, for modellen med $\ln(\text{ÅDT})$ uten dummy-variable (tabell 2) er verdien 127581. Når det brukes dummy-variable for spordybde får modellen flere forklaringsvariable og tilpasningen blir enda noe bedre. Verdien blir da 127565.

Tilsvarende tall når også midlere stigning og vegbredde er med i modellene er henholdsvis 125186, 122659 og 122644.

Vi tar foreløpig ikke stilling til hvilken modell som bør benyttes. I de følgende analyser av subgrupper av ulykker vil vi derfor for hver type ulykke gi resultatet av to logistiske regresjoner, én hvor ÅDT og spordybde inngår lineært og én hvor $\ln(\text{ÅDT})$ inngår og hvor det brukes dummy-variable for grupper av spordybde.

5.3 Årstidens betydning

5.3.1 Ulykker om sommeren

Det er forventet at årstiden vil ha stor betydning for hvilke effekt ulike elementer ved vegkvaliteten har for ulykkene. Vi har delt materialet i to årstider; vinterhalvår og sommerhalvår. Det må understrekes at det er ulykkene som er fordelt på årstider. Vegdekkemålingene foretas i sommerhalvåret.

Ser vi bare på ulykker om sommeren fås koeffisienter som vist i tabell 5.7 når ÅDT inngår lineært. Tabell 5.8 viser resultatet når $\ln(\text{ÅDT})$ inngår, dvs at ÅDT er gitt en logaritmisk funksjon, og spordybde er gruppert..

Tabell 5.7. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker om sommeren eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:5643. Kontinuerlig spordybde. Lineær ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	0,0171	0,0028	0,0000	***
Tverrfall	0,0045	0,0057	0,4284	
Krumning	117,3137	6,7826	0,0000	***
IRI	-0,2375	0,0178	0,0000	***
Dummy, EV	0,2861	0,0365	0,0000	***
ÅDT	0,1270	0,0030	0,0000	***
% lange	-0,0114	0,0041	0,0058	***
Konstantledd	-6,1732	0,3002	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Tabell 5.8. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker om sommeren eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:5643. Gruppert spordybde. Logaritmisk ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp,dyb, 4-9	0,2141	0,0802	0,0076	***
Sp,dyb, 9-15	0,1181	0,0811	0,1454	
Sp,dyb, 15-25	0,1442	0,0848	0,0892	*
Sp,dyb, >25	0,2049	0,1431	0,1522	
Tverrfall	0,0038	0,0056	0,4942	
Krumning	122,0786	6,7787	0,0000	***
IRI	-0,0404	0,0173	0,0196	**
Dummy, EV	-0,0470	0,0373	0,2080	
$\ln(\text{ÅDT})$	0,9685	0,0193	0,0000	***
% lange	0,0078	0,0040	0,0525	*
Konstantledd	-14,1409	0,3591	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Vi ser at spordybde har signifikant betydning for ulykker i sommerhalvåret. Det gjelder både om vi bruker lineær og logaritmisk ÅDT. For $\ln(\text{ÅDT})$ blir det en signifikant økning i ulykkesrisikoen for spordybde på 4-9 mm i forhold til 0-4 mm. Også ved en økning til 9-15, 15-25 mm og > 25 mm får en ulykkesøkning, men koeffisientene er noe lenger unna fra å være signifikante. I den høyeste gruppen er økningen nesten like stor som i gruppen 4-9 mm. Grunnen til at økningen likevel

er meget mindre signifikant er at antall strekninger med så store spordybder er langt færre enn strekninger med spordybde 4-9 mm.

Vi ser også at både ujevnheter (IRI) og krumning har signifikant betydning i sommerhalvåret. Dette gjelder uavhengig av hvilken ÅDT-funksjon som benyttes i analysen.

5.3.2 Ulykker om vinteren

Også når vi ser på ulykker om vinteren, synes de fleste faktorer å ha betydning. Resultatene er vist i tabell 5.9 og 5.10.

Tabell 5.9. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker om vinteren eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:5589. Kontinuerlig spordybde. Lineær ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	0,0233	0,0028	0,0000	***
Tverrfall	0,0115	0,0056	0,0398	**
Krumning	123,7178	6,8118	0,0000	***
IRI	-0,2335	0,0178	0,0000	***
Dummy, EV	0,2852	0,0370	0,0000	***
ÅDT	0,1216	0,0031	0,0000	***
% lange	-0,0214	0,0042	0,0000	***
Konstantledd	-6,7499	0,3728	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Tabell 5.10. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært ulykker om vinteren eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:5589. Gruppert spordybde. Logaritmisk ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp,dyb, 4-9	0,1403	0,0806	0,0815	*
Sp,dyb, 9-15	0,1104	0,0813	0,1744	
Sp,dyb, 15-25	0,1375	0,0849	0,1056	
Sp,dyb, >25	0,2606	0,1390	0,0609	*
Tverrfall	0,0132	0,0055	0,0174	**
Krumning	130,5727	6,8161	0,0000	***
IRI	-0,0142	0,0172	0,4106	
Dummy, EV	-0,1062	0,0376	0,0048	***
Ln(ÅDT)	1,0113	0,0195	0,0000	***
% lange	0,0018	0,0041	0,6490	
Konstantledd	-15,1934	0,4235	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Effekten av spordybde om vinteren er den samme som for hele materialet, dvs for hele året. For lineær ÅDT blir spordybde signifikant når den forutsettes lineær. For ln(ÅDT) blir det en ulykkesøkning for spordybde i alle grupper i forhold til 0-4 mm. Ingen av koeffisientene er signifikante på 5%-nivå, men to vil være det på 10%-nivå. Den største ulykkesøkningen fås i gruppen over 25 mm.

Ujevnhet (IRI) ser på sin side ut til å ha mindre betydning om vinteren når $\ln(\text{ÅDT})$ brukes. En mulig forklaring er at vegen om vinteren er delvis dekket av is og snø som maskerer IRI.

5.4 Møteulykker vs andre ulykker

5.4.1 Møteulykker

Møteulykker teller dobbelt i regresjonsanalysene, jf kapittel 4.2. Man kan derfor få et problem dersom møteulykker forekommer oftere på veger som har stor spordybde, f eks på veger med stor trafikk. For å undersøke om dette kan forklare sammenhengen mellom spordybde og ulykker ble regresjonsanalyser gjennomført for møteulykker og andre ulykker (alle minus møteulykker) hver for seg. Resultatene for møteulykker finnes i tabellene 5.11 og 5.12 og for andre ulykker i tabellene 5.13 og 5.14.

Tabell 5.11. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært møteulykker eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:5387. Kontinuerlig spordybde. Lineær ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	0,0229	0,0029	0,0000	***
Tverrfall	0,0010	0,0056	0,8589	
Krumning	170,7651	6,7626	0,0000	***
IRI	-0,2642	0,0189	0,0000	***
Dummy, EV	0,4484	0,0365	0,0000	***
ÅDT	0,1237	0,0031	0,0000	***
% lange	-0,0196	0,0041	0,0000	***
Konstantledd	-7,2832	0,4325	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Tabell 5.12. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært møteulykker eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:5387. Gruppert spordybde. Logaritmisk ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp,dyb, 4-9	0,1976	0,0826	0,0168	**
Sp,dyb, 9-15	0,1221	0,0836	0,1441	
Sp,dyb, 15-25	0,1879	0,0873	0,0315	**
Sp,dyb, >25	0,3421	0,1447	0,0181	**
Tverrfall	0,0022	0,0056	0,6860	
Krumning	179,2562	6,7654	0,0000	***
IRI	-0,0442	0,0185	0,0167	**
Dummy, EV	0,0485	0,0373	0,1930	
$\ln(\text{ÅDT})$	1,0382	0,0201	0,0000	***
% lange	0,0051	0,0040	0,2103	
Konstantledd	-15,8680	0,4750	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Mønsteret er det samme som for alle ulykker. Spordybde, krumning og ujevnhet (IRI) har alle betydning for ulykkesrisikoen. Ved møteulykker, slik som for alle ulykker, gir økt ujevnhet færre ulykker, mens økt spordybde øker risikoen. Når

ln(ÅDT) og gruppert spordybde brukes er det spesielt i den høyeste gruppen for spordybde (over 25 mm) at sannsynligheten for ulykker øker. Tverrfall har ikke signifikant betydning.

5.4.2 Annet enn møteulykker

Tabell 5.13. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært andre ulykker enn møteulykker (Utforkjøring, påkjøring bakfra, fotgjenger) eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:5823. Kontinuerlig spordybde. Lineær ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	0,0177	0,0027	0,0000	***
Tverrfall	0,0168	0,0057	0,0029	***
Krumning	72,1227	6,8873	0,0000	***
IRI	-0,2133	0,0169	0,0000	***
Dummy, EV	0,1063	0,0373	0,0044	***
ÅDT	0,1287	0,0031	0,0000	***
% lange	-0,0122	0,0042	0,0035	***
Konstantledd	-5,8537	0,2767	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Tabell 5.14. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært andre ulykker enn møteulykker (Utforkjøring, påkjøring bakfra, fotgjenger) eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke:5823. Gruppert spordybde. Logaritmisk ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp,dyb, 4-9	0,1526	0,0781	0,0508	*
Sp,dyb, 9-15	0,1064	0,0789	0,1773	
Sp,dyb, 15-25	0,0936	0,0825	0,2566	
Sp,dyb, >25	0,1239	0,1381	0,3697	
Tverrfall	0,0163	0,0056	0,0036	***
Krumning	75,4895	6,8830	0,0000	***
IRI	-0,0164	0,0163	0,3148	
Dummy, EV	-0,2120	0,0379	0,0000	***
Ln(ÅDT)	0,9568	0,0189	0,0000	***
% lange	0,0057	0,0040	0,1544	
Konstantledd	-13,8016	0,3403	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Når det gjelder ulykkestyper og funksjonsform for ÅDT, skiller resultatene seg noe ut fra de vi har sett tidligere. Hittil har det bare vært spordybde som har vært følsom for valg av funksjonsform for ÅDT. For andre ulykker enn møteulykker blir IRI ikke lenger signifikant når ln(ÅDT) benyttes. For spordybde fås fremdeles en økning for alle grupper av spordybde i forhold til 0-4 mm. Nå er heller ikke koeffisienten for gruppe 4-9 mm signifikant forskjellig fra 0, men det er ikke meget om å gjøre.

Videre ser vi at tverrfall har en signifikant betydning for andre ulykker enn møteulykker. Dette kommer vi tilbake til nedenfor.

5.5 Utforkjøringsulykker

Vi har også sett spesielt på utforkjøringsulykker. Koeffisienter er vist i tabell 5.15 og 5.16.

Tabell 5.15. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært utforkjøringsulykker eller ikke. Antall enheter: 2188925. Antall med ulykke: 3596. Kontinuerlig spordybde. Lineær ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	0,0183	0,0036	0,0000	***
Tverrfall	0,0264	0,0066	0,0001	***
Krumning	147,0407	8,3456	0,0000	***
IRI	-0,3042	0,0225	0,0000	***
Dummy, EV	0,1969	0,0475	0,0000	***
ÅDT	0,0850	0,0050	0,0000	***
% lange	-0,0020	0,0049	0,6931	
Konstantledd	-6,6602	0,4003	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Tabell 5.16. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært utforkjøringsulykker eller ikke. Antall enheter: 2188925. Antall med ulykke: 3596. Gruppert spordybde. Logaritmisk ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp,dyb, 4-9	0,1893	0,0931	0,0421	**
Sp,dyb, 9-15	0,1608	0,0949	0,0902	*
Sp,dyb, 15-25	0,1015	0,1015	0,3172	
Sp,dyb, >25	0,3646	0,1748	0,0370	**
Tverrfall	0,0267	0,0066	0,0001	***
Krumning	152,7457	8,3551	0,0000	***
IRI	-0,1240	0,0224	0,0000	***
Dummy, EV	-0,0920	0,0476	0,0534	*
Ln(ÅDT)	0,7097	0,0245	0,0000	***
% lange	0,0103	0,0048	0,0310	**
Konstantledd	-12,7058	0,4693	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Det mest iøynefallende resultatet her er at endringer i vegens tverrfall har en meget signifikant effekt på utforkjøringsulykker. Dette til forskjell fra flere av de tidligere analysene, der betydningen av tverrfall ikke kommer til syne.

Hva gjelder spordybde, er resultatene tilsvarende som for øvrige analyser. Økt spordybde øker risikoen meget signifikant hvis ÅDT er lineær. Videre gir en spordybde på 4-9 mm signifikant høyere ulykkesrisiko enn 0-4mm hvis ln(ÅDT) brukes. Økningen i gruppen over 25 mm er den dobbelte av denne igjen. Også for IRI er resultatet som for alle ulykker, økende IRI gir økt redusert ulykkesrisiko.

5.6 Andre enn møte- og utforkjøringsulykker

Ser vi på andre ulykker enn møte- og utforkjøringsulykker (fotgjengerulykker, påkjøring bakfra) fås koeffisienter som vist i tabell 5.17 og 5.18.

Tabell 5.17. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært annet enn møte og utforkjøringsulykker eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke: 2234. Kontinuerlig spordybde. Lineær ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Spordybde	0,0191	0,0042	0,0000	***
Tverrfall	-0,0195	0,0107	0,0688	*
Krumning	-65,1676	12,4318	0,0000	***
IRI	-0,1043	0,0258	0,0001	***
Dummy, EV	0,1755	0,0616	0,0044	***
ÅDT	0,1579	0,0040	0,0000	***
% lange	-0,0411	0,0076	0,0000	***
Konstantledd	-5,9424	0,3663	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Tabell 5.18. Resultater av logistisk regresjon. Avhengig variabel er om det har vært annet enn møte og utforkjøringsulykker eller ikke. Antall enheter:2188925. Antall med ulykke: 2234. Gruppert spordybde. Logaritmisk ÅDT.

*: Signifikant på 10%-nivå, **: Signifikant på 5%-nivå, ***: Signifikant på 1%-nivå.

	Koeffisient	Standardavvik	Signifikansnivå	
Sp,dyb, 4-9	0,1594	0,1435	0,2666	
Sp,dyb, 9-15	0,1422	0,1432	0,3205	
Sp,dyb, 15-25	0,1757	0,1462	0,2295	
Sp,dyb, >25	-0,0842	0,2262	0,7098	
Tverrfall	-0,0135	0,0105	0,1991	
Krumning	-63,8131	12,3895	0,0000	***
IRI	0,0918	0,0220	0,0000	***
Dummy, EV	-0,3226	0,0631	0,0000	***
Ln(ÅDT)	1,3373	0,0311	0,0000	***
% lange	-0,0011	0,0075	0,8794	
Konstantledd	-17,3836	0,5068	0,0000	***

TØI-rapport 840/2006

Vi ser at det er en del forskjeller mellom disse ulykkeskategoriene og møte- og utforkjøringsulykker. Spordybden har ingen betydning for fotgjengerulykker/-påkjøring bakfra hvis vi bruker en modell med logaritmisk ÅDT. Med lineær ÅDT er det en signifikant sammenheng mellom spordybde og ulykkesrisiko.

I dette tilfellet avhenger betydningen av IRI av hvilken funksjonsform som brukes for ÅDT. Brukes lineær ÅDT finnes fremdeles at en økning i jevnhet (IRI) gir en reduksjon i ulykkesrisikoen. Ved ln(ÅDT) finner vi faktisk en økning. I begge tilfeller er koeffisienten signifikant på 1%-nivå.

Tverrfall er ikke signifikant, uavhengig av modell.

5.7 Oppsummering av regresjonsanalyser

Som en oppsummering av alle tabellene kan sies følgende om dekketilstandens betydning:

1. Spordybde, tverrfall, krumning og IRI har betydning for ulykkesrisikoen, men på ulike måter.
2. Stort sett er det bare spordybde som er følsom for om ÅDT inngår lineært eller med logaritme-tranformasjon i modellen (et tilfelle for IRI). Uansett er ulykkesrisikoen større for spordybder større enn 4 mm enn for spordybder 0-4 mm. Når $\ln(\text{ÅDT})$ brukes er sammenhengen mellom spordybde og sannsynligheten for ulykker ikke lineær. Det er noe lavere økning mellom 9 mm og 25 mm enn mellom 4 mm og 9 mm. Størst er økningen når spordybden er over 25 mm.
3. Tverrfall har betydning for utforkjøringsulykker og ulykker om vinteren, men ikke for andre ulykkestyper eller ulykker om sommeren.
4. Krumning viser den samme betydning for ulykker for alle ulykkestyper, økt krumning gir økt ulykkesrisiko.
5. IRI viser den samme betydning for ulykker for alle ulykkestyper, unntatt fotgjengerulykker og påkjøring bakfra-ulykker. Økt IRI henger i hovedsak sammen med en ulykkesreduksjon.

5.8 Hva betyr spordybde, IRI og Tverrfall for ulykker?

Regneeksempler

For en lineær regresjonsanalyse er koeffisientene lette å tolke. Koeffisienten til en uavhengig variabel sier direkte hvor mye den avhengige variabel endres når den uavhengige variabel endres med én enhet. For en logistisk regresjon er det mindre enkelt. Her avhenger betydningen av én uavhengig variabel av verdien på de andre avhengige variablene. En hensiktsmessig måte å illustrere hva verdien på en koeffisient innebærer, er derfor å plote virkningen på den avhengige variable (ulykker eller ikke) når en av de uavhengige varierer, gitt verdier på de andre uavhengige variable.

I dette tilfelle er den avhengige variable om det har vært ulykker eller ikke på enhetsstrekningen på 100m. Dette kan regnes om til tradisjonell ulykkesfrekvens (ulykker pr mill kjtkm) når ÅDT og strekningslengden er kjent.

Siden ulykkesfrekvensen målt på denne måten er en mer innarbeidet størrelse kan det være lettere å tolke virkningen av IRI, spordybde og tverrfall på ulykkesfrekvensen enn på sannsynligheten for en ulykke på strekningen.

I de følgende regneeksemplene er det tatt utgangspunkt i den logistiske regresjonen vist i tabell 5.6 hvor den avhengige variable er om det har vært ulykker eller ikke (uansett type, årstid eller ikke). Årsdøgntrafikken inngår her som logaritmisk variabel. Den modellberegnete sannsynligheten omregnes til ulykkesfrekvenser. Ved å sette rimelige verdier på de andre variablene som inngår i likningssettene kan det framstilles funksjonssammenhenger mellom hver enkelt av de ulike dekkevariablene (IRI, spordybde og tverrfall) og ulykkesfrekvensen.

Tabell 5.19 viser standardverdien av de ulike variablene som inngår i beregningene.

Tabell 5.19. Standardverdier brukt i regresjonsanalysen.

Variabel	Enhet	Valgt verdi
Spordyp	mm	10
Tverrfall *	%	0
Radius	m	2000
IRI	mm/m	2,3
Europaveg	dummy	1
Fartsgrense	km/t	80
Fylkenr	dummy	4
ÅDT	kj/døgn	2500
Lange kjt	%	10
Stignig	%	0
Vegbredde	m	7,5

*tverrfall er endring i tverrfall

TØI-rapport 840/2006

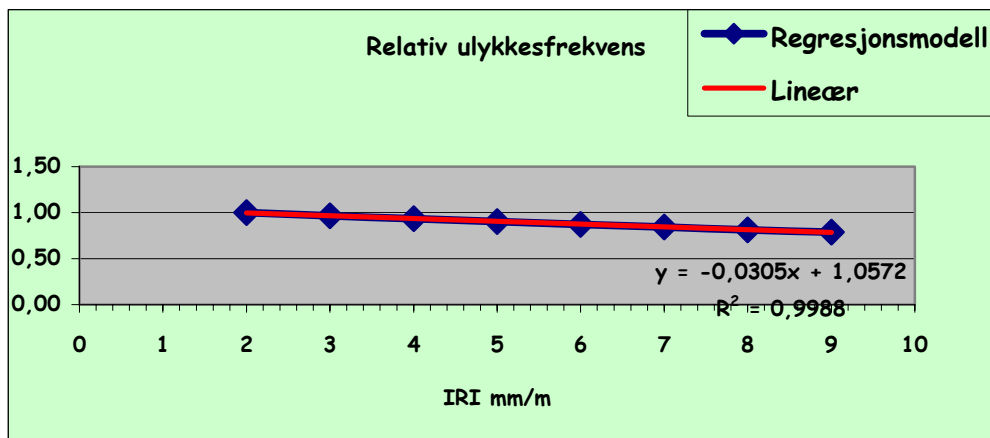
Som det framgår er f eks standardverdien for spor 10 mm og endring i tverrfall 0 %. I de tilfellene hvor sammenhengen mellom IRI og ulykkesfrekvens (U_f) skal beregnes er spordybden satt lik 10 mm og endringen i tverrfall lik 0 %, mens IRI har variert over et aktuelt intervall. Tilsvarende når spordybden er variabel er IRI satt lik 2,3 mm/m og endringen i tverrfallet lik 0.

For å kunne sammenholde størrelsen av endringene på de tre dekkevariablene separat har vi framstilt ulykkesfrekvensene relativt. Dette på en slik måte at for den laveste verdien av den aktuelle variabelen er ulykkesfrekvensen lik 1,0.

5.8.1 IRI

Figur 5.1 viser, som punkter, sammenhengen mellom den beregnede relative ulykkesfrekvensen (U_f) på den vertikale akse og IRI i mm/m på den horisontale akse.

Ved eksempelvis å **øke IRI** verdien fra 2,0 til 6,0 **reduseres den relative ulykkesfrekvensen** fra 1,0 til 0,87.



TØI-rapport 840/2006

Figur 5.1. Relativ ulykkesfrekvens og IRI. Resultat av regresjonsanalyse og lineær trendlinje

Den valgte logistiske regresjonen inneholder ikke interaksjonsledd (ledd som inneholder flere variable). Det vil si at de ulike variablene virker uavhengig av hverandre. Dette innebærer at den **relative** ulykkesfrekvensen ikke påvirkes nevneverdig av de andre variablene i. Den absolutte frekvensen (nivået) påvirkes, men relativt vil IRI ha samme effekt f eks for alle fartsgrenser.

Den beregnede sammenhengen mellom IRI og Uf rel kan beskrives tilfredsstillende nøyaktig med en rett linje:

$$Uf\ rel = -0,0305 * IRI + 1,06 \quad (R^2=0,999)$$

Linjen er vist som heltrukket i figur 5.1

Konstantleddet i likningen er i denne sammenheng kun en skaleringsfaktor av mindre interesse.

Likningen uttrykker at Uf relativt reduseres med 3,05% når IRI øker med en enhet (1mm/m).

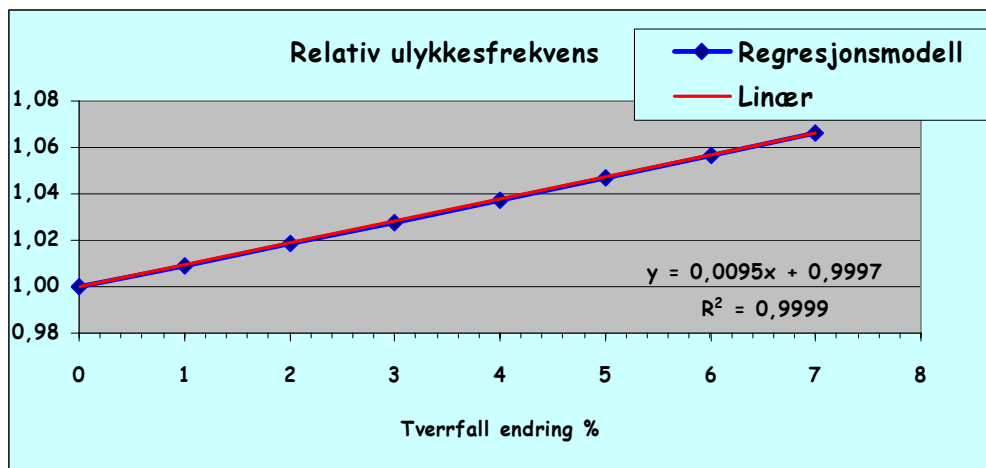
Likningen kan benyttes for alle verdier av ÅDT, fartsgrenser osv.

Effekten av IRI er om lag av samme størrelse uavhengig av årstid og typer ulykke.

5.8.2 Tverrfall

Variabelen kalt tverrfall uttrykker største endringen i % poeng av tverrfallet i løpet av en enhetsstrekning på 100m. (Endring fra 1-2%=1%-poeng endring)

Figur 5.2 viser hvorledes den relative **ulykkesfrekvensen øker** når endringen i **tverrfall øker**.



TØI-rapport 840/2006

Figur 5.2. Relativ ulykkesfrekvens og endring i tverrfall. Resultat av regresjonsanalyse og lineær trendlinje.

Resultatene av regresjonsanalysen er vist som punkter. Resultatene lar seg godt beskrive med en rett linje:

$$Uf\ rel = 0,0095 * Tverrfall + 0,990$$

Konstantleddet er i denne sammenheng av mindre betydning. Likningen antyder en 0,95% økning av den relative risikoen når tverrfallet endres med 1%-poeng.

Effekten av tverrfallsendringer er større for ulykker om vinteren og for utforkjøringsulykker enn den er for ulykker generelt slik figuren viser resultater av. For utforkjøringsulykker er effekten av å endre tverrfallet med 1%-poeng opp mot 3%.

Variabelen uttrykker endringer i tverrfallet over en 100 m strekning. Det må derfor understrekes at det i visse tilfelle vil kunne være snakk om en normal overhøyde-oppbygging på enhetsstrekningen. Dette understrekes bl a av konklusjonene foran om at effekten av tverrfallsendringer er størst for utforkjøringsulykker som jo ofte skjer i kurver.

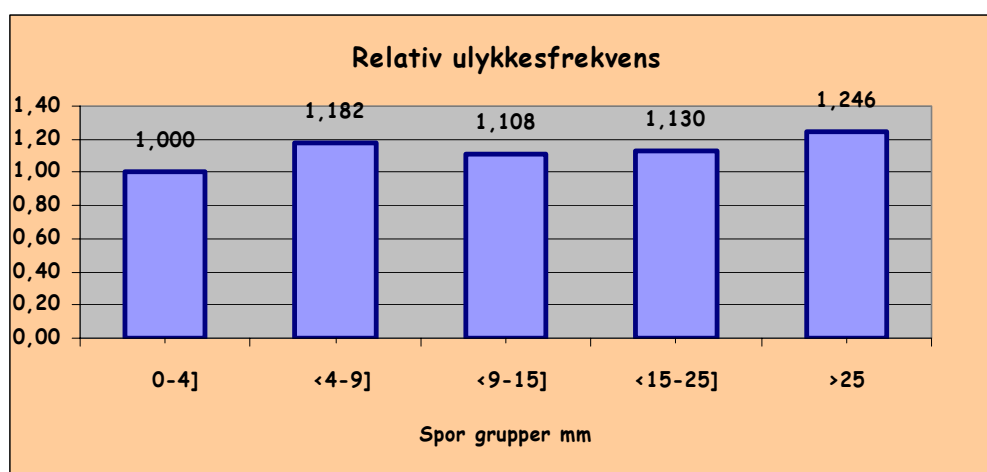
Det bør senere vurderes om variabelen tverrfall kan håndteres på en annen måte. F eks kan avviket fra normalt tverrfall (etter vegnormalene) kunne benyttes.

5.8.3 Spor

Som det framgår av drøftingene foran viser modellen med logaritmisk ÅDT funksjon best tilpasning. I denne modellen er spordybden en gruppert variabel. Det er forsøkt med ulike grupperinger. Ut fra hensynet dels til det foreliggende datamaterialet og dels til kravet til maksimalt spordybde før det iverksettes tiltak (maksimalt spordybde er 25 mm) er følgende gruppering valgt:

0	-	4]	(fra og med 0 til og med 4)
<4	-	9]	(større enn 4 til og med 9)
<9	-	15]	
<15	-	25]	
Over		25	

Figur 5.3 viser den relative ulykkesfrekvensen i de fem sporgruppene.



TØI-rapport 840/2006

Figur 5.3. Relativ ulykkesfrekvens i de 5 sporgruppene (mm spor)

Resultatene er signifikante og viser at den første sporgruppen 0-4mm, som i praksis omfatter om lag 10-15% av vegdekkene i analysen, har klart lavere risiko enn alle de andre sporgruppene. Dette utgjør relativt nylagte dekker (0-2 år). Initialsporene i nylagte dekker i Norge varierer noe avhengig av ÅDT, men er i størrelsesorden 2,5-4 mm. Alle spordybder i vårt datamateriale har høyere relativ risiko enn gruppen med mindre enn 4 mm spor.

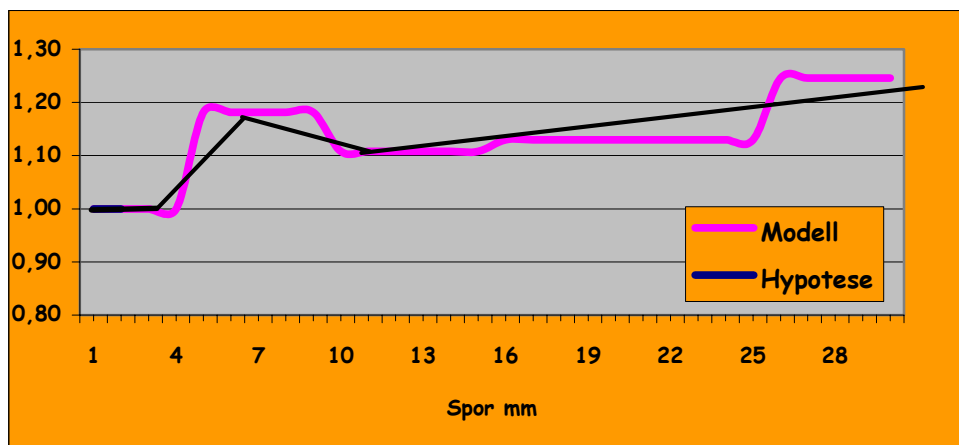
Relativt til den første gruppen har gruppen med spor <4-9]mm ca 18% høyere relativ risiko. Dette gjelder som nevnt tidligere relativt uavhengig av de andre variablene som inngår.

Deretter antyder figuren noe lavere relativ risiko i sporgruppe 3, <9-15]mm enn i sporgruppe 2. (10% høyere enn i sporgruppe 1).

Deretter øker risikoen med økende spordybde. Høyest er den relative ulykkesfrekvensen i gruppen med spordybde over 25 mm. Her er den relative ulykkesfrekvensen opp mot 25 % høyere enn i den første sporgruppen.

Resultatene kan være vanskelige å tolke direkte, men stemmer rimelig overens med den hypotesen som ble laget innledningsvis i prosjektet.

Figur 5.4 viser resultatene av regresjonsmodellen og den framlagte hypotesen.



TØI-rapport 840/2006

Figur 5.4. Relativ ulykkesfrekvens og spordybde. Modellberegning og hypotese.

Kurven som framstiller modellen er i figuren trukket kontinuerlig mellom de grupperte dataenes middelerdi.

Hypotesen er basert på at trafikantene vil foreta en atferdstilpasning, i dette tilfelle av sin kjørefart, til de på vegen rådende forhold. Lave spordybde (her mindre enn 4 mm) har ingen betydning for den relative ulykkesfrekvensen. Den relative ulykkesfrekvensen er her 1,0.

Begrensede spordybde (her mellom 4 og 9mm) medfører at den relative risikoen øker. Dette skjer fordi trafikantene **ikke** foretar noen atferdstilpasning. Den relative risikoen øker da opp til 1,18.

Deretter har spordybdene (mellom 9 og 15 mm) nådd et for trafikanten synlig risikomoment hvorefter de tilpasser sin atferd ved lavere kjørefart og eller justert

sporvalg. Resultatet er at den relative risikoen i denne sporgruppen blir lavere enn i sporgruppe 2.

For ytterligere økning i spordybden tilpasser trafikantene sin atferd, men ikke i tilstrekkelig grad. Selv om det skjer tilpasninger øker således den relative risikoen. Størst er den relative risikoen når spordybden er større enn 25 mm. Hvilket også er den øvre grense for hvor store spor kan være før det skal settes inn tiltak.

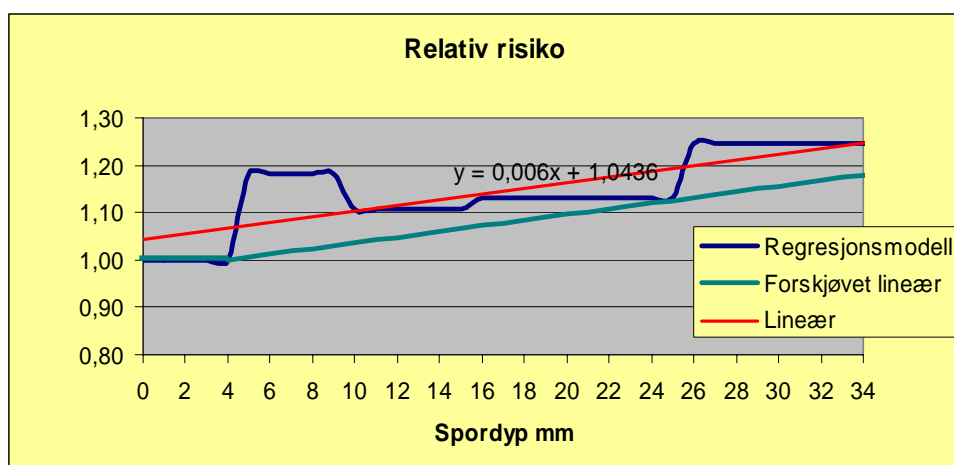
Overført til praktisk anvendbare resultater og handlinger i forhold til dekkevedlikehold, kan det være vanskelig å ta hensyn til at spordybde mellom 4-9 mm har høyere relativ ulykkesfrekvens enn spordybde mellom 9-15 mm har.

For å gjøre resultatene anvendbare har vi derfor valgt å tilpasse de opprinnelige resultatene til en rett linje (regresjonsmodell) som vist i figur 5.5.

Linjen er:

$$Uf_{rel} = 0,006 * \text{spor} + 1,0436$$

Vi velger å parallellforskyve denne linjen slik at $Uf_{rel} = 1,0$ for alle spordybde under 4mm. I praksis betyr dette at vi beholder resultatet at lave spordybder (her mindre enn 4mm) er uten betydning for risikoen.



TØI-rapport 840/2006

Figur 5.5. Relativ ulykkesfrekvens og spordybde. Regresjonsanalyse, Lineær modell og forskjøvet lineær modell.

Figuren viser den forskjøvne lineære tilpasningen som tilsvarer følgende:

$$Uf_{rel} = 1 \quad \text{Spor } 0 - 4] \text{ mm}$$

$$Uf_{rel} = 0,006 * \text{spor} + 0,976 \quad \text{Spor } <4 - 35] \text{ mm}$$

Denne modellen tilsier at spor <4mm ikke påvirker den relative ulykkesfrekvensen, men antyder deretter at den relative ulykkesfrekvensen **øker** med 0,6% når spordybden **øker** med 1mm. For svært store spordybde er resultatene svært usikre og vi vil derfor foreslå at likningen kun brukes for spor under 35mm.

5.8.4 Tilstandsutvikling av vegdekket

I de foregående avsnitt er hver enkelt dekkevariabel framstilt enkeltvis. Økt IRI viser reduksjon i relativ risiko, mens økt spordybde viser økende relativ risiko.

I praksis vil spordybde og IRI øke **samtidig** fra et dekke er nylagt, hvor såkalte initialverdier finnes for IRI og spordybde, og fram til en av de to variablene når en størrelse som tilsier at det må settes inn tiltak.

Fra Vegkapitalprosjektet, som drives av Vegdirektoratet har vi hentet verdier for initiale spor og IRI, samt gjennomsnittelig årlig økning av de to størrelsene. Fra prosjektet Samfunnstjenlig vegvedlikehold, også drevet av Vegdirektoratet, har vi hentet absolutte ulykkesfrekvenser (ulykker/mill vognkm) for initialsituasjonen samt gjennomsnittelig kostnad pr ulykke.

Tabell 5.20 viser en oversikt over de aktuelle størrelsene for ÅDT=1000 og ÅDT=10000.

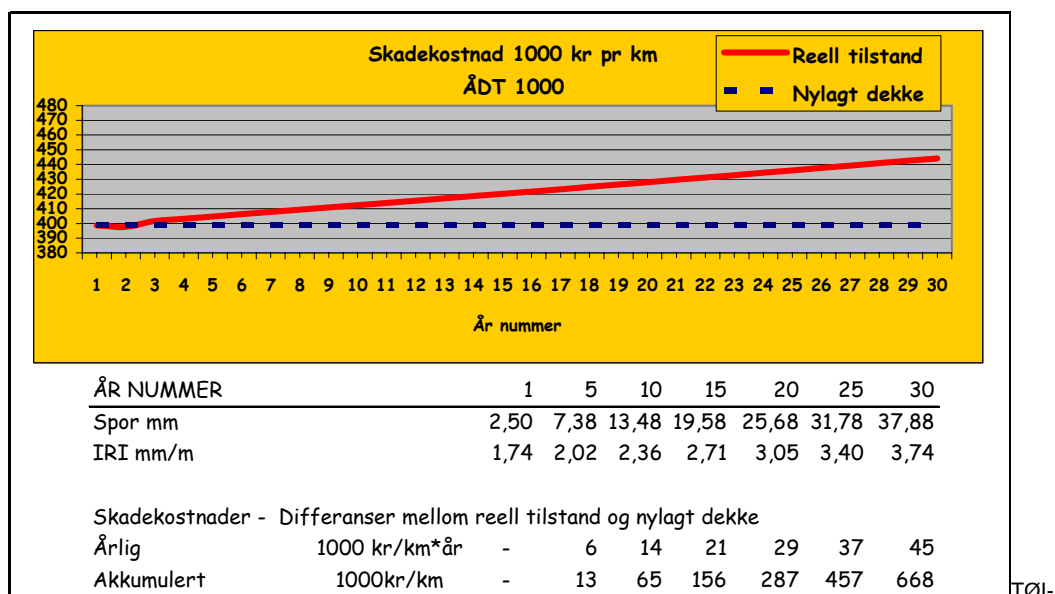
Tabell 5.20. Initialverdi og årlig økning av spor og IRI. Initial ulykkesfrekvens og skadekostnad pr ulykke for vegger med ÅDT=1000 og ÅDT=10000

ADT	Spordyp mm		IRI mm/m		Uf U/mill kjtkm	SK mill pr ulykke
	initial	årlig økning	initial	årlig økning		
1000	2,500	1,220	1,740	0,069	0,190	5,750
10000	3,730	1,600	1,240	0,032	0,121	6,100

TØI-rapport 840/2006

Tallene i tabell 5.20 gjør det, sammen med resultatene fra regresjonsanalysene operasjonalisert som vist i figurene 5.1 og 5.5, mulig å beregne årlige skadekostnader pr km veg i løpet av en tidsperiode.

For en veg med ÅDT 1000 er dette vist i figur 5.6



TØI-rapport 840/2006

Figur 5.6. Årlig størrelse av IRI og spor. Differanse i årlige skadekostnader og akkumulert årlig differanse i skadekostnader for veg med ADT=1000. I 1000 kr/km.

Figuren viser den årlige skadekostnaden i 1000 kr pr km veg fra år 1, hvor det antas at dekke er nytt og til år 30. Spordybden ville i denne perioden ha økt fra 2,5 mm til 37,9 mm. IRI ville ha økt fra 1,74 mm/m til 3,74 mm/m.

I sum ville endringene i IRI og spor øke risikoen fra år 1 til år 30 med 11,4 %.

I år 10 år ville risikoen totalt vært økt med 3,4 %. Spordybden ville da ha vært 13,5 mm hvilket **isolert sett** ville ha økt risikoen med 5,6 %. IRI ville i år 10 ha økt til 2,36 mm/m fra 1,74 mm/m. Isolert sett ville dette bidratt til en 2,2 % reduksjon av risikoen. Totalt over perioden bidrar økningen i risiko som skyldes økning i spordybden mer enn det økningen i IRI reduserer risikoen. Den totale risikoen øker således fra år 1 til år 10 med 3,4 %.

Den absolutte risikoen øker fra 0,190 ulykker/mill kjtkm til 0,196. Med en skadekostnad pr ulykke på 5,75 mill kr tilsvarer dette en økning i årlige skadekostnader fra 398000 kr pr km til 412000kr pr km. ($0,19 \cdot 365 \cdot 5,75 / 1000 = 398$).

Utviklingen i den årlige skadekostnaden, uttrykt i 1000 kr er vist i figuren med grafen "reell tilstand".

Til sammenlikning er det også gitt en graf merket "nylagt dekke". Denne illustrer hva den årlige skadekostnaden hadde vært på denne vegen dersom dekkekvaliteten hadde vært uendret og identisk med det den var i år 1.

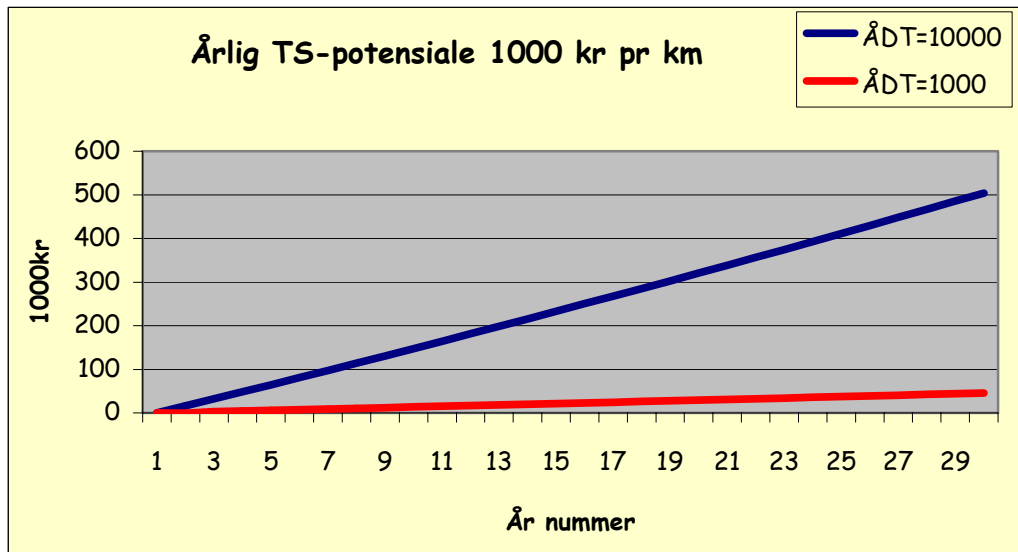
Differansen mellom de to kurvene kan sies å utgjøre trafiksikkerhetspotensialet av dekkelegging. Dette er forskjellen i årlige skadekostnader ved å ha et nylagt dekke versus et som slites slik vi har antatt.

I år 10 utgjør den årlige forskjellen i skadekostnader ca 14000 kr/km, jmf figur 5.6. Litt forenklet sagt kan de årlige innsparingsmulighetene **akkumuleres** slik at det etter et antall år med slitasje vil være større samfunnsnytte å legge nytt dekke enn det vil være å bære ulykkeskostnadene. Vi har da valgt å se bort fra neddiskontering og eventuelle andre endringer av inngangsverdiene (trafikk, skadekostnader osv).

I år 10 vil det akkumulerte årlige trafiksikkerhetspotensialet utgjøre 65000 kr pr km veg. Dette gjelder for en veg hvor ÅDT=1000.

For en veg med ÅDT=10000 viser en tilsvarende beregning et årlig trafiksikkerhetspotensiale i år 10 på 147000 kr pr km. Akkumulert over tidsperioden fra år 1 til 10, tilsvarer dette en skadekostnad på 730 000 kr pr km for en veg med denne trafikken.

Dette er vist i figur 5.7.



TØI-rapport 840/2006

Figur 5.6. Årlig trafikksikkerhetspotensiale i 1000kr per km av å opprettholde et vegdekke med samme standard som når dekke var nylagt, for ÅDT 1000 og ÅDT10000.

I praksis innebærer dette at dersom det kan legges et nytt dekke for 730 000 kr, vil det i år 10 være lønnsomt å legge nytt dekke framfor å bære skadekostnadene.

Sett i forhold til en utløsende standard for spordyp på 25 mm (største spor før det legges nytt dekke), innebærer resonnetet at nytt dekke skal legges etter 15 år. Spordypet er da ($\text{ÅDT} > 10000$) ca 25 mm. De årlige skadekostnadene i år 15 er da 233 000 kr/km og de akkumulerte er ca 1,7 mill kr. De årlige skadekostnadene ved dette spordypet (og trafikk) er så høye at dersom vi antar at kostnaden for legging av nytt dekke er ca 500 000 kr/km, vil en utsettelse av dekkelegging i 2-3 år etter utløsende standard være svært ulønnsom. Med en antakelse om 500 000 kr/km for legging av nytt dekke, vil lønnsomhetsgrensen for en "trafikksikkerhetsbegrunnet" legging av nytt dekke, tilsvare et spordyp 16-17 mm ved ÅDT 10 000. For en veg med ÅDT 1000 vil tilsvarende dekklegging skje ved et spordyp på ca 33 mm.

6 Sammenligning av ulykker på samme veg i ulike år for å korrigere for forskjeller mellom veger

Med denne metoden kontrolleres for alle faste egenskaper ved vegen ved å sammenligne ulike år på samme strekning hvor spordybde eller IRI var forskjellig, se kapittel 2.3. Dette ble gjennomført på to forskjellige måter. Det ene var å rangere de seks årene vi hadde data for en strekning etter spordybde og undersøke om antall ulykker økte med økende spordybde. Det andre var å dele inn spordybde etter intervaller og kreve at en vegstrekning skulle ha spordybde-målinger i to gitte intervaller.

6.1 Rangering av alle målinger på en strekning

6.1.1 Spordybde og ulykker

Data for spordybde og ulykker finnes for årene 1999 til 2004. Med seks års data er det mulig å undersøke risikoen for ulykker for seks nivåer av spordybde. Hvordan dette ble gjort beskrives i det følgende. Beregningen gjøres for hvert felt separat.

Bare strekninger med spordybde målinger i alle 6 årene ble benyttet. Strekninger hvor fartsgrensen hadde blitt endret i perioden ble utelukket. For hver strekning ble de seks målingene sortert etter stigende spordybde. Ulykkene "fulgte med" i sorteringen slik at for hver strekning fikk man en post med ulykker for året med lavest spordybde, året med nest lavest spordybde osv. Ved å summere det første ulykkestallet over alle strekninger får man da summen av ulykkestallene i det året for hver strekning hvor spordybden var lavest. Tilsvarende beregnes summen av ulykker for det året hvor spordybden var nest lavest osv.

Et eksempel basert på målinger på tre strekninger er vist i tabell 6.1 og tabell 6.2.

Tabell 6.1. Målinger av spordybde og antall ulykker på strekninger før sortering, mm

Spordybde						Antall ulykker					
1999	2000	2001	2002	2003	2004	1999	2000	2001	2002	2003	2004
14,00	15,80	6,60	5,20	6,60	7,20	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0
16,07	19,36	7,85	8,00	10,21	10,85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0
18,00	21,40	9,15	8,80	11,40	13,20	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0

TØI-rapport 840/2006

Tabell 6.2. Målinger av spordybde og antall ulykker på strekninger etter sortering, mm

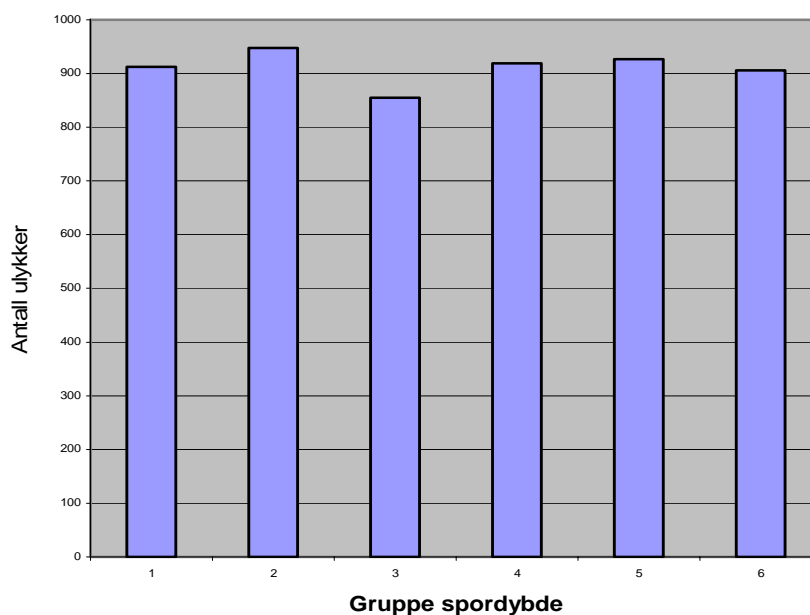
Spordybde						Antall ulykker					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
5,20	6,60	6,60	7,20	14,00	15,80	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7,85	8,00	10,21	10,85	16,07	19,36	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
8,80	9,15	11,40	13,20	18,00	21,40	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0

TØI-rapport 840/2006

På første strekning er den laveste verdien av spordybde i 2002. Dette blir spordybde måling 1 i den sorterte filen. Det var én ulykke i 2002. Dette blir det første ulykkestallet i den sorterte filen. På andre strekning var den laveste verdien av spordybde i 2001. Det var da null ulykker. Dette blir det første ulykkestallet i den sorterte filen.

Summen av ulykker for årene med lavest spordybde blir 1, for årene med den tredje laveste spordybden blir summen 1.5.

Når ulykker for hele året brukes (kryssulykker og viltulykker er ikke med) blir summen av ulykker for begge felt fordelt på grupper for spordybde som vist i figur 6.1.



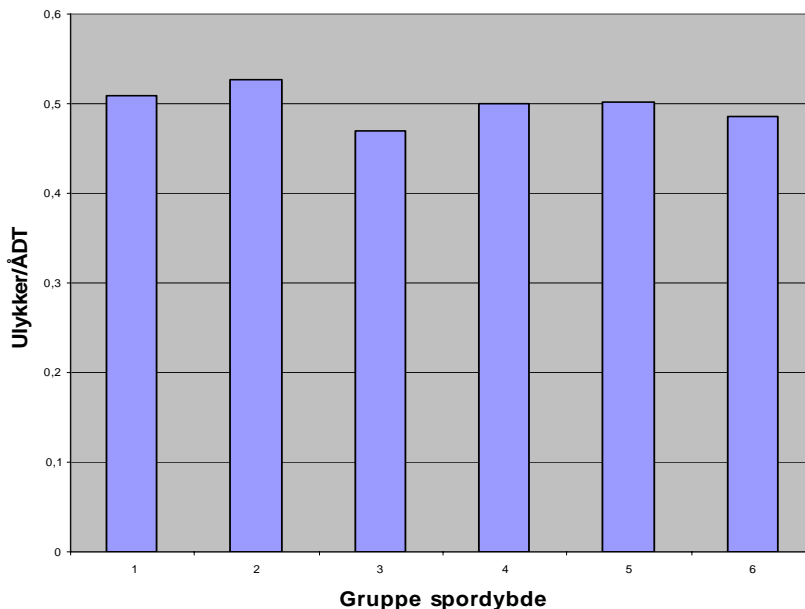
TØI-rapport 840/2006

Figur 6.1. Sum ulykker for år med lavest spordybde, nest lavest spordybde osv. Antall strekninger som inngår er 238439. Begge felt.

For at differensen mellom to ulykkestall omkring 900 skal være statistisk signifikant (5% nivå) må den være omkring 85 eller mer. Det er følgelig ingen signifikante forskjeller mellom ulykkestallene i figuren.

6.1.2 Korreksjon for ÅDT ikke nødvendig

For å ta hensyn til eventuelle forskjeller i trafikk kan ulykkestallene divideres med gjennomsnittlig ÅDT i gruppene. Resultatet er vist i figur 6.2.



TØI-rapport 840/2006

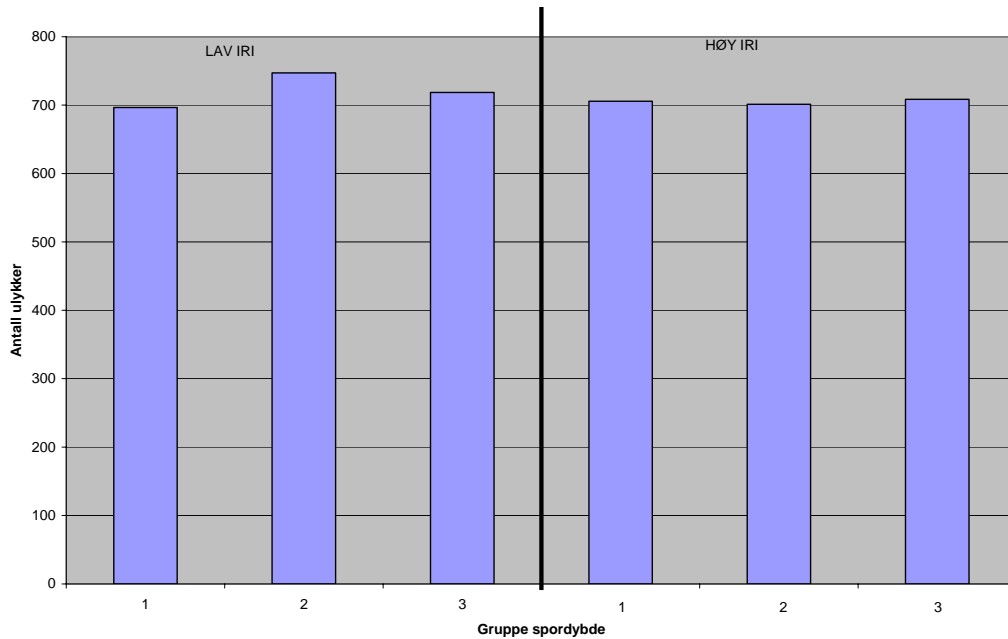
Figur 6.2. Sum ulykker/ÅDT for år med lavest spordybde, nest lavest spordybde osv. Antall strekninger som inngår er 238439. Begge felt.

Korreksjon for ÅDT medfører ytterst små endringer i forskjellene mellom gruppene. Dette gjenspeiler at det er små forskjeller i gjennomsnittlig ÅDT mellom de forskjellige sporgrupper. I det følgende vil derfor bare rene ulykkestall presenteres da forskjeller i disse er lettere å tolke enn forskjeller i ulykkestall dividert med ÅDT.

6.1.3 Kontroll for IRI

Regresjonsanalysene tydet på at mens virkningen av økt spordybde er positiv (ulykkesrisikoen øker), er virkningen av IRI negativ, se kapittel 5. Nå er det en positiv om ikke særlig høy korrelasjon mellom spordybde og IRI. Brukes de strekninger som inngår i regresjonsanalysen som enheter blir korrelasjonen 0,278. Virkningen av økt spordybde maskeres derfor delvis av økende IRI.

Et forsøk på å foreta en delvis korreksjon for IRIs innvirkning, ble gjort på følgende måte. Først ble strekningene sortert etter IRI. De tre laveste IRI utgjør en gruppe og de tre høyeste utgjør en gruppe. Deretter ble materialet sortert på spordybde innenfor hver gruppe. Ulykkestallene er gitt i figur 6.3.



TØI-rapport 840/2006

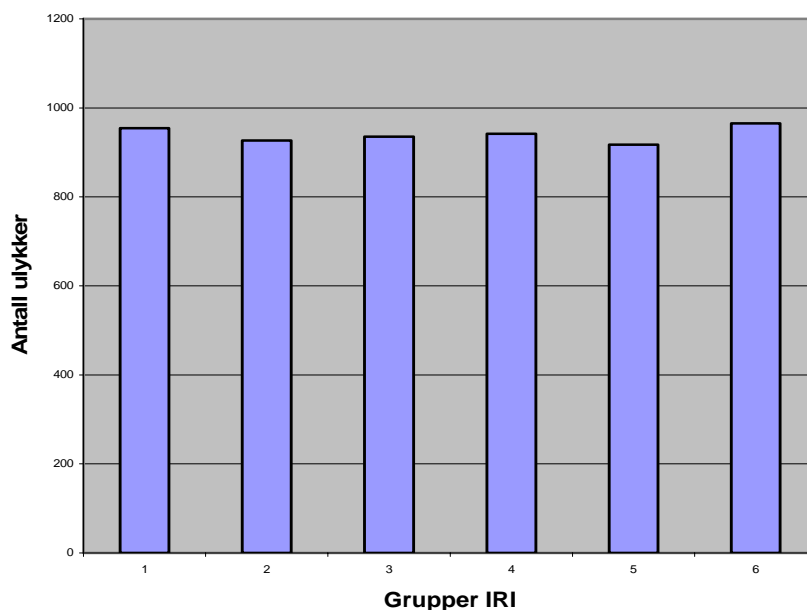
Figur 6.3. Sum ulykker for år med lavest spordybde, nest lavest spordybde osv for henholdsvis lav og høy IRI. Antall strekninger som inngår er 186422. Begge felt.

Selv etter forsøk på korreksjon for IRI er det ikke noen klar sammenheng mellom spordybdegruppe og ulykker. Forskjellen mellom 700 og 750 for de to laveste spordybde gruppene for lav IRI er ikke signifikant. Forskjellen må være rundt 75 når ulykkestallene er av denne størrelsesorden.

Analyser med undergrupper av ulykker har vært forsøkt, men heller ikke disse ga noen klare sammenhenger mellom gruppe spordybde og antall ulykker.

6.1.4 IRI og ulykker

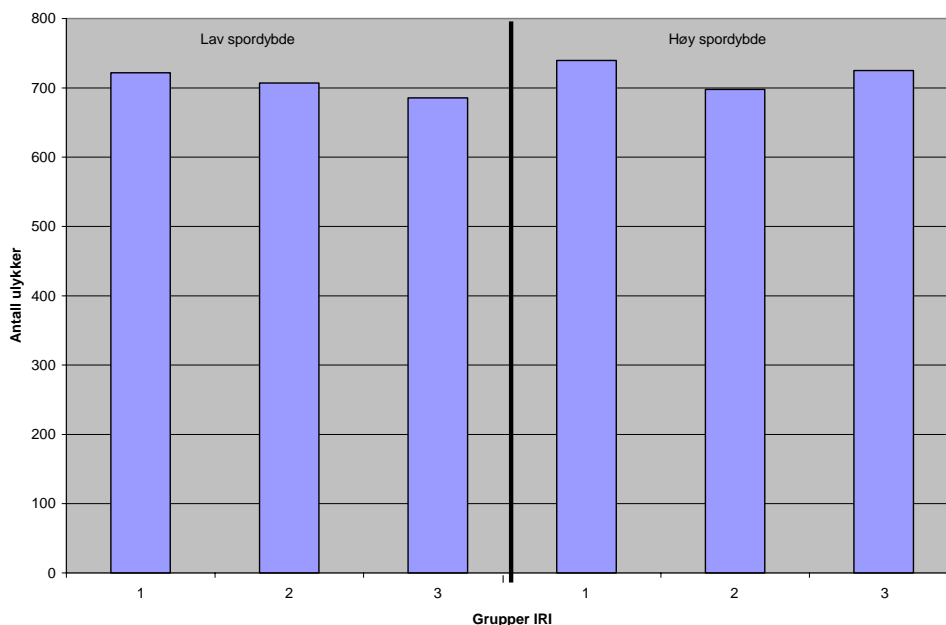
Vi har også sett på hva ujevnheter (IRI) kan bety for ulykkesrisikoen. Antall ulykker fordelt på IRI grupper er vist i figur 6.4.



TØI-rapport 840/2006

Figur 6.4. Sum ulykker/ÅDT for år med lavest IRI, nest lavest IRI osv. Antall strekninger som inngår er 254110. Begge felt

Denne analysen finner ingen klar sammenheng mellom IRI-gruppe og ulykker. Dette i motsetning til regresjonsanalysene der vi fant at høy IRI ga færre ulykker, se kapitlene 5.3.1 til 5.3.3. Korrigeres for spordybde ved å dele inn i to grupper, en med lav spordybde og en med høy, blir sammenhengen mellom IRI og ulykker som vist i figur 6.5.



TØI-rapport 840/2006

Figur 6.5. Sum ulykker for år med lavest IRI, nest lavest IRI osv for henholdsvis lav og høy spordybde. Antall strekninger som inngår er 186422. Begge felt.

En mulig tolkning er at så lenge spordybden ikke er for stor vil økt IRI redusere ulykkesrisikoen. Forskjellene i ulykkestall er imidlertid ikke statistisk signifikante.

6.1.5 Diskusjon av resultatene av rangering av alle målinger på en strekning

Regresjonsanalysen viste at både spordybde og IRI hadde betydning for ulykkesrisikoen, økt spordybde økte risikoen og økt IRI reduserte den. Hvis de samme tendensene hadde vært funnet her som ble funnet i regresjonsanalysen ville dette ha styrket tiltroen til resultatene. Noe overraskende finner vi ingen slik tendens.

Det er to mulige forklaringer på den manglende sammenheng. Det ene er at forsøket på korreksjon for IRI når man ser på spordybde ikke går langt nok og at virkningen av IRI fremdeles maskerer forskjeller for spordybdegrupper. Det er lite trolig at dette er hele forklaringen siden korrelasjonen mellom spordybde og IRI ikke er svært høy.

Den mest nærliggende forklaringen er derfor at metoden ikke er følsom nok til å påvise sammenhenger. Det kan være store forskjeller mellom spordybder og IRI-verdier på ulike strekninger. Største spordybde på en strekning kan være mindre enn den minste på en annen. Det vil derfor være stor spredning i spordybde for de 6 gruppene. For å redusere dette problemet ble forsøkt en annen tilnærming, nemlig å kreve at en vegstrekning skulle ha spordybde målinger i to gitte intervaller.

6.2 Spordybde målinger i gitte intervaller

6.2.1 Laveste spordybde i relasjon til de andre

En måte å forsøke å korrigere for at det er så stor variasjon innen gruppene er å kreve at verdien for spordybde skal ligge innenfor bestemte intervaller. Intervallene 0-4 mm ble sammenlignet med henholdsvis intervallene 4-9 mm, 9-15 mm, 15-25 mm og over 25 mm. Disse intervallene er valgt fordi de samme intervallene ble brukt i regresjonsanalysen (se kap 5.2).

En slik sammenligning med seg selv hvor verdiene skal ligge innenfor gitte intervaller krever at verdier som ligger innenfor de aktuelle intervaller finnes på samme strekning. For en sammenligning mellom 0-4 mm med 4-9 mm må det finnes verdier i det første intervallet i et år og verdier i det andre intervallet i et annet år. Det vil derfor være et relativt lite antall strekninger som kan benyttes i sammenligningen. For strekninger som kan brukes kan det imidlertid være flere år hvor verdien for spordybde ligger innenfor de aktuelle intervallene slik at antall år det er data for er større enn antall strekninger.

Retningene er behandlet separat og antall ulykker deretter slått sammen. Resultatene for begge retninger er vist i tabell 6.3. I tabellen er også gitt signifikansnivået for en statistisk test for om det er noen forskjell i antall ulykker i de to grupper, når det tas hensyn til at antall år med ulykker kan være forskjellig. Testen har som utgangspunkt at antall ulykker er poisson-fordelt. Siden det i utgangs-

punktet opereres med halve ulykker er dette bare en tilnærming, men dette er neppe noe problem. For testen ble summen av ulykker avrundet til et helt tall.

Tabell 6.3. Sammenligning av ulykkesfrekvensen for spordybde i intervallet 0-4 mm med ulykkesfrekvensen for spordybder i andre intervaller. Spordybdemålinger må finnes i alle seks år. Begge retninger

Intervall spordybde	4-9 mm	9-15 mm	15-25 mm	Over 25 mm
Ulykker i 0-4 mm. Antall.	193,5	101	54,5	3
Ulykker i intervall, antall	415,5	148	105,5	5,5
Antall enheter (strekning og år) i 0-4 mm	71515	23762	10123	1151
Antall enheter (strekning og år) i det aktuelle intervallet	140933	39497	17207	1554
Ulykkesfrekvens i forhold til 0-4 mm	1,09	0,88	1,14	1,36
Signifikansnivå, Tosidig, Prosent	34	36	48	96

TØI-rapport 840/2006

Ingen av forskjellene er statistisk signifikante. Mønsteret ligner imidlertid det som vi fant i regresjonsanalysene, se kapittel 5.2.3. I forhold til spordybde i intervallet 0-4 mm øker ulykkesfrekvensen for spordybde 4-9 mm, går så ned for spordybde 9-15 mm og opp igjen for spordybde over 15mm. Størst økning fås i gruppen over 25 mm. Imidlertid er antall observasjoner meget lavt for sammenligningen 0-4 mm med over 25 mm. Til forskjell fra regresjonsanalysen er ulykkesfrekvensen lavere i gruppen 9-15 mm enn for spordybde 0-4mm. Forskjellen er imidlertid langt fra signifikant.

Ved å sammenligne de andre gruppene med hverandre kan man få en delvis uavhengig bekreftelse på disse resultatene. Resultatene er delvis uavhengige fordi når man sammenligner f eks gruppen 4-9 mm med 9-15 må det kreves at det finnes målinger på strekningene som faller i disse intervallene men det er ikke lenger noe krav at det finnes spordybder i intervallet 0-4. Nye strekninger blir da aktuelle. Resultatene for disse sammenligningene er oppsummert i tabellene 6.4 og 6.5.

Tabell 6.4. Sammenligning mellom ulykkesfrekvensen for spordybde i ulike intervaller. Spordybdemålinger må finnes i alle seks år. Begge retninger.

Intervall spordybde (mm)	4-9 og 9-15	4-9 og 15-25	4-9 og over 25
Antall ulykker, Lavt intervall	1332	532,5	51,5
Antall ulykker, Høyt intervall	1229,5	500,5	32
Antall enheter, Lavt intervall	303350	90225	10117
Antall enheter, Høyt intervall	303546	90601	8745
Forhold ulykkes-frekvens høy/lav	0,92	0,94	0,72
Signifikansnivå, To-sidig, prosent	4	28	18

TØI-rapport 840/2006

Tabell 6.5. Sammenligning mellom ulykkesfrekvensen for spordybde i ulike intervaller. Spordybdemålinger må finnes i alle seks år. Begge retninger.

Intervall spordybde (mm)	9-15 og 15-25	9-15 og over 25	15-25 og over 25
Antall ulykker, Lavt intervall	870,5	47,5	96
Antall ulykker, Høyt intervall	795	37	55
Antall enheter, Lavt intervall	180477	9763	21828
Antall enheter, Høyt intervall	156838	8217	14169
Forhold ulykkes-frekvens høy/lav	1,05	0,93	0,88
Signifikansnivå, To-sidig, prosent	30	76	46

TØI-rapport 840/2006

Et av resultatene er signifikant på 5%-nivå. Ulykkesfrekvensen er lavere for spordybder i intervallet 9-15 mm enn for intervallet 4-9 mm. Siden flere mulige forskjeller testes er det reelle signifikansnivået for at minst et resultat skal være signifikant imidlertid noe høyere.

Resultatet av sammenligningene i form av de beregnede forholdene mellom ulykkesfrekvenser kan oppsummeres i tabell 6.6.

Tabell 6.6. Estimerte forholdstall ved sammenligninger av ulykkesfrekvens for spordybde i ulike intervaller.

	0-4 mm	4-9 mm	9-15 mm	15-25 mm	Over 25 mm
0-4mm		1,09	0,88	1,14	1,36
4-9mm			0,92	0,94	0,72
9-15mm				1,05	0,93
15-25					0,88

TØI-rapport 840/2006

Man kan bruke sammenligningene med intervallet 0-4 mm til å regne om til sammenligning mellom 4-9 mm og de høyere gruppene og tilsvarende og bruke sammenligningen mellom 4-9 mm og de tre høyere gruppene til å beregne forholdet mellom ulykkesfrekvensen for spordybder over 15 mm sammenlignet med gruppen 9-15 mm. Alternativt kan alle de ti sammenligningene brukes til å estimere fire koeffisienter som representerer den relative økning fra en gruppe til den neste.

La f_1 betegne den relative økning i ulykkesfrekvens fra gruppe 0-4mm for spordybde til gruppen 4-9 mm for spordybde, dvs forholdet mellom ulykkesrisikoen i gruppe 4-9 mm og 0-4 mm. La f_2 tilsvarende være den relative økning fra 4-9 mm til 9-15 mm, f_3 den relative økning fra 9-15 mm til 15-25 mm og f_4 den relative økning fra 15-25 mm til over 25 mm. Hvordan de sammenligninger som er foretatt kan uttrykkes med de fire parametrene, er vist i tabell 6.7.

Tabell 6.7. Forholdstall ved sammenligninger av ulykkesfrekvens for spordybde i ulike intervaller uttrykt ved tre parameter f_1 , f_2 , f_3 og f_4 .

	0-4 mm	4-9 mm	9-15 mm	15-25 mm	Over 25 mm
0-4mm		f_1	f_1f_2	$f_1f_2f_3$	$f_1f_2f_3f_4$
4-9mm			f_2	f_2f_3	$f_2f_3f_4$
9-15mm				f_3	f_3f_4
15-25mm					f_4

TØI-rapport 840/2006

Som nevnt, har vi 10 observasjoner til å estimere fire parametre. Ved å ta logaritmene til forholdstallene bringes modellen over på additiv form. Logaritmene til f_1 , f_2 , f_3 og f_4 kan da estimeres med minste kvadraters metode.

Som det ses av tabellene 6.3 til 6.5 er antall ulykker som ligger til grunn for de ulike sammenligninger svært forskjellig. Særlig lavt er antall ulykker i gruppen 0-4mm når denne sammenlignes med gruppen over 25mm. Vektet minste kvadraters metode ble derfor benyttet. Vektene var den inverse til variansen til logaritmen til de estimerte forholdene.

Også usikkerheten til estimatene for f_1 til f_4 beregnet. Denne beregningen er en forenkling. Usikkerheten kan betraktes som en nedre grense og konfidensintervallene vil være større enn angitt.

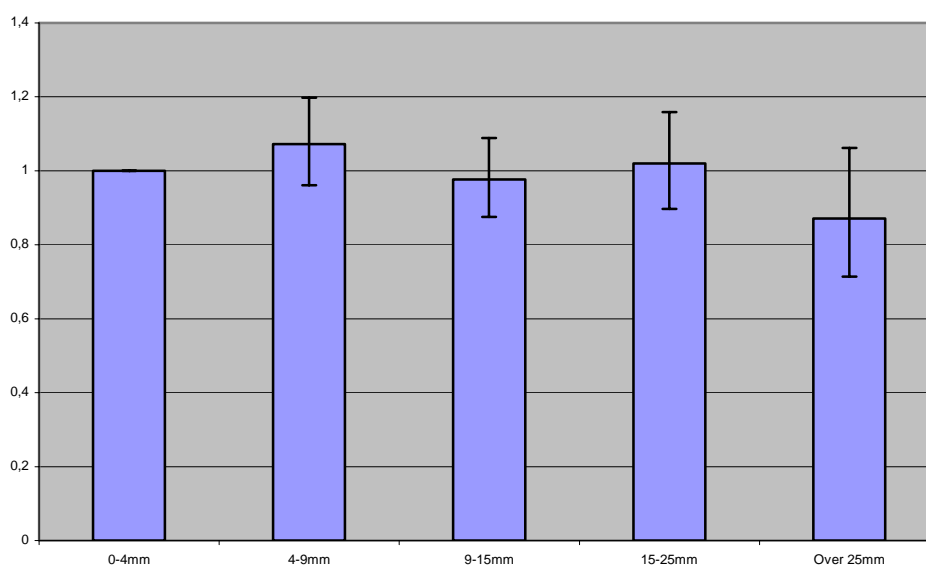
Resultatet er gitt i tabell 6.8.

Tabell 6.8. Estimater for den relative økning i ulykkesfrekvens for i grupper spordybder relativt til gruppen foran.

0-4mm	4-9 mm	9-15 mm	15-25 mm	Over 25 mm
Verdi	1,07	0,91	1,04	0,85
Konfidensintervall	0,96-1,20	0,86-0,96	0,98-1,11	0,74-0,99

TØI-rapport 840/2006

Ulykkesfrekvensene relativt til gruppen 0-4mm er da som vist i figur 6.6.



TØI-rapport 840/2006

Figur 6.6. Relative ulykkesfrekvens for ulike grupper av spordybde. Gruppen 0-4mm er satt lik 1.

6.2.2 Oppsummering av resultatene

Analysen finner en uklar sammenheng mellom spordybde og ulykkesfrekvens. Av de ti forskjeller som ligger til grunn for resultatet var bare ett signifikant og forskjellene i figur 6.6 er ikke signifikante, alle konfidensintervaller inkluderer 1. Mønsteret har imidlertid er viss likhet med det som ble funnet med regresjonsanalysen når ÅDT var logaritmisk transformert, bortsett fra gruppen med spordybde over 25mm. Til en viss grad styrker dette tiltroen til at en logaritmisk transformasjon av ÅDT bør benyttes. Noen lineær økning av risikoen med spordybde som ble funnet med lineær ÅDT ses ikke i figuren.

7 Diskusjon og konklusjoner

7.1 Hovedresultater i forhold til tidligere studier

Resultatene i denne undersøkelsen er de motsatte av det som er funnet i en svensk undersøkelse (Ihs, Velin og Wiklund, 2002). De finner at økt spordybde reduserer ulykkesrisikoen mens vi finner at den øker. De finner at økt IRI øker ulykkesrisikoen mens vi omvendt finner at økt IRI reduserer ulykkesrisikoen. Spørsmålet er om forskjellene er reelle eller skyldes svakheter ved én eller begge undersøkelser.

Som nevnt i kapittel 2.1 er det i denne type undersøkelse svært viktig å kontrollere for andre forhold som kan påvirke ulykkesrisikoen. Lykkes man ikke med dette kan man finne spuriøse (dvs falske) sammenhenger. I denne undersøkelsen er kontrollert for andre variable både ved logistisk regresjonsanalyse og ved sammenligning med seg selv. Det er derfor lite trolig at resultatene er spuriøse.

Også den svenske undersøkelsen kontrollerer for andre forhold, men på en annen måte enn hva som er gjort her. Kontrollen er delvis ved aggregering og gruppering og delvis ved regresjonsanalyse. Om denne kontrollen har mangler som kan forklare forskjellen i resultater mellom de norske og de svenske funnene er vel tvilsomt.

Om det er reelle forskjeller mellom det norske og det svenske vegnettet som forklarer den tilsynelatende ulike betydningen av spordybde og IRI er uklart. Det bør eventuelt studeres nærmere.

7.2 En logaritmisk funksjon for ÅDT gir best beskrivelse

For IRI og tverrfall er resultatene uavhengige av om ÅDT inngår lineært eller logaritmisk i regresjonen. For spordybde vil en antagelse om en lineær sammenheng mellom ulykkesrisiko og spordybde bli bekreftet hvis ÅDT inngår lineært i ligningen, men ikke hvis ÅDT inngår logaritmisk. I det siste tilfellet finner en likevel at ulykkesrisikoen øker med spordybde, om enn ikke lineært.

Spørsmålet er hvilken av modellene som bør brukes som grunnlag for konklusjonen om sammenhengen mellom spordybde og ulykkesrisiko. Før et slikt valg tas ville det vært ønskelig å forsøke ulike funksjonsformer også for de andre variablene. Det ville også vært ønskelig å undersøke om det er samspill mellom variablene. Er det f.eks slik at betydningen av spordybde avhenger av tverrfall? Dette er ikke analysert i dette prosjektet. Valg av modell må derfor gjøres på bakgrunn av de analyser som er gjort.

Uten noe overbevisende a priori argument for at en lineær ÅDT bør inngå, mener vi at den logaritmiske versjonen bør brukes. Det er fire grunner til dette. For det første fordi konklusjonen da blir mer konservativ. Vi kan da konkludere at ulykkesrisikoen øker med spordybde, men kan ikke si at økningen er lineær. For

det andre ga modellen med logaritmisk ÅDT bedre statistisk tilpasning enn modellen med lineær ÅDT. For det tredje synes tallverdien til koeffisienten til IRI å være av en mer rimelig størrelsesorden. Lineær ÅDT gir en koeffisient for IRI som gir en reduksjon med IRI som synes for stor. For det fjerde ga sammenlikningen med seg selv i kapittel 6.2.1 et mønster for virkningen av spordybde som ligner noe på det man fikk når man bruker en logaritmisk transformasjon av ÅDT.

7.3 Konklusjoner

7.3.1 Resultater fra undersøkelsen

Økt spordybde leder til økt ulykkesrisiko. Sammenhengen er imidlertid ikke lineær. I forhold til gruppen med spordybde under 4 mm er økningen størst for spordybder mellom 4mm og 9mm og spordybder over 25mm, spesielt stor er økningen for den siste gruppen. For spordybder mellom 9mm og 25mm er det også en økning i forhold til spordybder under 4mm, men økningen er mindre.

Økt spordybde leder til økt ulykkesrisiko for alle grupper av ulykker selv om den økte risikoen ikke er signifikant (på 5%-nivå) i alle tilfeller.

Økt IRI har en klart negativ sammenheng med ulykkesrisikoen. Økt IRI leder til redusert risiko.

Økt endring i tverrfall øker ulykkesrisikoen for noen ulykkestyper. Det gjelder f.eks. for ulykker om vinteren men ikke for ulykker om sommeren. Det gjelder for utforkjøringsulykker men ikke for møteulykker. Det gjelder også for alle ulykker samlet.

Økt krumning leder til økt ulykkesrisiko for alle ulykkestyper og uavhengig av om ÅDT inngår lineært eller som $\ln(\text{ÅDT})$.

7.3.2 Hva innebærer resultatene for dekkevedlikeholdet. Kan de brukes?

Innledningsvis må det fastslås at det ikke er full overensstemmelse mellom resultatene frambrakt med de ulike metodiske tilnærmingene som er valgt i denne studien, ”sammenlikningen med seg selv” og regresjonsanalysene.

Vi vil uansett hevde at resultatene fra regresjonsanalysene er de mest pålitelige og vi vil legge mer vekt på disse enn på den metodisk enklere sammenlikningen med seg selv. Vi har likevel ikke klart å forklare fullt ut hvorfor de to metodene ikke gir samme resultat.

Også regresjonsanalysene gir noe ulike resultater avhengig av hvorledes modellen bygges opp. De fleste resultatene er imidlertid signifikante på akseptable nivåer. Som drøftet foran i rapporten er det likevel nødvendig med visse forenklinger og tilnærminger for at de i regresjonsanalysene frambrakte resultatene skal kunne benyttes som bidrag for å utforme regler eller normer for dekkevedlikehold.

Slike forenklinger og tilnærminger er vist i regneeksemplene i kapittel 5.8. Dersom disse forenklingene godtas er det fullt ut mulig å benytte de frambrakte resultatene til å beregne tidspunkter for når dekkefornyelse bør skje med basis i at **økt**

dekke kvalitet vil medføre reduksjon i skadekostnadene for en vegstrekning. Dette er vist som et eksempel og må selvsagt bearbeides noe videre (kompletteres med dekkekostnader, kalkulasjonsrente etc), men i prinsipp kan det gjennomføres som vist.

Som det framgår av disse regneeksemplene er de beregnede trafiksikkerhetspotensialene for dekkevedlikehold svært avhengig av ÅDT. Det vil derfor være tvilsomt om denne typen beregninger kan benyttes til valg av standarder for dekkevedlikeholdet på vegger med liten trafikk.

Resultatene viser dessuten at IRI og ulykkesfrekvens viser en sammenheng som tilsier at økt IRI reduserer ulykkesrisikoen. Dette kan være vanskelig å akseptere, med mindre en forklarer dette gjennom en atferdsmekanisme knyttet til at økt IRI medfører at trafikantene reduserer sin kjørefart som igjen medfører at ulykkesrisikoen reduseres. Uten å ta hensyn til at opprettholdelse av kjørefart er en trafikantnytte i seg selv, burde således vegdekkene ikke fornyes på grunn av økt IRI alene. Økt IRI bidrar til trafiksikre vegger. Det er med andre ord også andre forhold som må tas i betraktning når vedlikeholdsstandarder skal fastsettes.

Trafiksikkerhet alene er sjelden et tilstrekkelig argument. I sammenheng med vedlikeholdsaktiviteter generelt, og dekkevedlikehold spesielt bør det derfor i tillegg til kjørefart også arbeides med å kvantifisere nytten av tilgjengelighet (det å kunne kjøre fra A til B), samt nytten av komfort. I den sammenheng er det grunn til å tro at dekker med høy kvalitet vil være svært avgjørende.

7.4 Forslag til videre analyser

Det har vært et betydelig arbeide med å få på plass datamaterialet som har vært benyttet for analysene beskrevet i denne rapporten. De analyser som er gjort så langt, har konklusjoner som kan få stor praktisk betydning for vegvedlikehold og drift. Det er derfor viktig å utnytte dette datamaterialet fullt ut.

Analyser som det vil være interessant å gjennomføre framover, er blant annet følgende:

1. Gjøre grundigere regresjonsanalyser hvor det forsøkes med ulike funksjonsformer og samspillsledd.
2. Bruke avvik fra tverrfallskravet isteden for endringer i tverrfall som ble benyttet i den foreliggende analysen.
3. Analyser uten feltbestemmelse av ulykker.

Kravet til feltbestemmelse, jf kapittel 4.2, medførte at mange ulykker ikke kunne brukes i analysen. Dessuten har vi ingen kunnskap om hvor pålitelig retningsbestemmelsen av trafikantene, som ligger til grunn for feltbestemmelsen, er. Man kan få en ikke helt uavhengig, men delvis uavhengig, sjekk av resultatene i analysen ved å se bort fra felt. En kunne ved nye analyser ta utgangspunkt i de 100-meter strekningene som det finnes vegdata for. Dersom verdiene for spordybde, IRI og tverrfall er rimelig like (hva rimelig lik er må defineres nærmere) i felt 1 og felt 2 beregnes et gjennomsnitt for de to felt. Alle ulykker på denne strekningen kan da benyttes. For øvrig foregår analysene, både regresjonsanalyse og sammenligning med seg selv som beskrevet i denne rapporten.

Fordelen med en analyse uten feltbestemmelse av ulykker er, i tillegg til at antall ulykker som vil inngå i analysen blir større, at man ikke får problemet med dobbelttelling av møteulykker.

Betydningen av tverrfall og tverrfallsendringer bør også undersøkes ved mikroanalyser. Det tas utgangspunkt i punkter hvor det har vært utforkjøringsulykker og undersøkes hvordan tverrfallet avviker fra standard og hvordan det endrer seg rundt ulykkespunktet. Det kan da være hensiktsmessig og bruke grunnlagsdata for tverrfallet, dvs de målinger brukes til å beregne verdier for 20-meter strekninger.

I tillegg til de rent statistiske analysene er det nødvendig å se nærmere på hva som kan forklare resultatene. Her er det trolig særlig viktig å vurdere hvordan trafikantenes atferd påvirkes av vegkvaliteten og hvilke former for risikokompensasjon som kan tenkes å forekomme. I den sammenheng bør det etableres et samarbeide med dem som har gjennomført den svenske undersøkelsen for å se om det er mulig å forklare forskjellen i resultater.

Referanser

Christensen,P: *Trafiksikkerhet og spordannelse*. Arbeidsdokument av 16. februar 2005.TØ/1713/2005. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Ihs,A., H. Velin og M. Wiklund. *Vägytans inverkan på trafiksäkerheten*. VTI meddelande 909 2002.

Vedlegg

Gjennomgang av ”Vägytans inverkan på trafiksäkerheten”

Formålet med gjennomgangen

I dette kapitlet gjennomgås den svenske rapporten (egentlig meddelende) ”Vägytans inverkan på trafiksäkerheten”. Formålet med gjennomgangen er ikke å presentere resultatene, men å foreta en vurdering av om konklusjonene er holdbare og om resultatene kan generaliseres til norske forhold. Gjennomgangen kan også bidra til å generere hypoteser for den pågående undersøkelsen av spordybdeens betydning for ulykkesrisikoen og til å påvirke valget av metode for denne undersøkelsen.

En detaljert beskrivelse av rapporten vil bare foretas for datagrunnlag og metode mens bare hovedresultatene gis og da bare kvalitativt. For detaljerte resultater, i form av verdier på koeffisienter og lignende, henvises til rapporten.

Datagrunnlag og metode

Undersøkelsen bygger på Vägverkets vegdekkemålinger på det statlige vegnettet i perioden 1992-1998 og på politirapporterte ulykker for den samme perioden. Vegstrekninger hvor det finnes tilstandsmålinger med Laser RST er tatt med når alle nødvendige data, ÅDT, data om vegbelegg, vegkategori og vegtype har vært tilgjengelig. Ulykker som inntreffer på disse vegstrekningene tas med for det året som RST-målingen er gjort. (Dette kan bety at det er flere observasjoner på samme strekning og at det er mulig å sammenligne vegstrekninger med seg selv som foreslått for den pågående undersøkelsen). Det er ingen diskusjon av om målingen er representativ for hele året eller i hvilken grad verdier for spordybde og IRI kan endre seg over året. Ulykker i kryss, viltulykker og ulykker som var en følge av andre ulykker er ikke tatt med.

Spordybde og IRI

Vegstrekninger ble definert slik at de var homogene med hensyn på fartsgrense, ÅDT ($\pm 20\%$), vegtype, vegbredde og vegdekke. Laser-RST målingene gir gjennomsnittlig IRI og spordybde for 20-meters strekninger. Imidlertid er politiets stedsangivelse av ulykker upresis. Det ser ut til at politiet avrunder til nærmeste 500 meter men at stedsangivelsen kan betraktes som normalfordelt rundt det faktiske punktet. For å ta hensyn til denne usikkerheten i stedsangivelsen ble for hver 20 meters strekning beregnet en vektet middelvei over 500 meter for IRI og spordybde. Vektene var basert på en symmetrisk binomialfordeling, dvs at den aktuelle 20-meters strekning har størst vekt og så avtar vekten på begge sider.

På telefon har en av forfatterne av rapporten oppgitt at det ikke var for IRI og spordybde som det ble beregnet en vektet middelvei for. Det var ulykkene som ble fordelt utover med en binomialfordeling. Det som står i rapporten kan imidlertid vanskelig tolkes slik. Hva som er gjort er uansett ikke av noen vesentlig betydning. Virkningen vil i begge tilfeller være at det ikke var IRI og spordybde

på den aktuelle 20-meters strekningen som har betydning i analysen, men også verdiene på resten av strekningen på 500-meter.

Det diskuteres ikke hvordan spordybde og IRI eventuelt fremkommer som et gjennomsnitt for flere felt.

Variasjonskoeffisienter for spordybde og IRI ble også beregnet. De ble definert som standardavviket for 250m før og 250m etter den aktuelle 20-meters strekningen delt med gjennomsnittet over de 500 metrene.

Værdata

Væropplysninger ble innsamlet og brukt til å definere klasser for døgnmiddeltemperatur og nedbør. Temperaturen ble ikke brukt i analysen så bare nedbørsklassene beskrives her. Tre nedbørsklasser ble definert, <0.1 mm nedbør pr døgn, 0.1-10mm/døgn og > 10 mm/døgn. Det ble ikke skilt mellom nedbør som snø eller regn.

Analysemetode

Pga det store antall observasjoner ble det ansett som ugjennomførbart å bruke regresjonsanalyser med de enkelte strekninger som enhet. Strekninger ble derfor aggregert (klasseinndelt) med hensyn på spordypde og IRI. For spordypde var hver mm én klasse og spordybde > 25mm var én klasse. Gjennomsnittlig spordybde i denne klassen var 30.5mm. For IRI var hver 0.5 mm/m én klasse og IRI>10 mm/m én klasse. Gjennomsnittlig IRI i denne klassen var 11.65 mm/m.

Sammenhengen mellom gjennomsnittlig risiko (olyckskvot, politirapporterte ulykker/100 millioner akselparkm) i hver klasse og spordybde og IRI i klassen ble estimert med lineær regresjonsanalyse. Noen analyser ble utført med bare spordybde som uavhengig variabel, noen med bare IRI og noen med begge variable. Andre uavhengige variable inngikk ikke i regresjonsanalysen, dvs at de variable som ble brukt til å lage homogene vegstrekninger ble ikke brukt i regresjonsanalysen.

Noen av de andre variablene ble tatt hensyn til ved dele inn i grupper å foreta regresjonsanalyser separat for hver gruppe. F eks ble analyser foretatt fordelt på årstid (sommer vs vinter), på ÅDT klasser og på nedbørsklasser. Innenfor et par av ÅDT klassene ble også fordelt på fartsgrenser.

I tillegg til regresjonsanalysene ble det også gjort en variansanalyse for å undersøke om de aller verste vegene, de med spesielt høye verdier for spordybde og IRI skilte seg ut fra øvrige veger.

Resultater

Analyse av spordybde og IRI hver for seg

En lineær regresjonsanalyse med bare spordybde fant ingen sammenheng mellom spordybde og risiko. Hvis analysen ble gjort for vinter og sommer separat ble

imidlertid funnet en sammenheng. Risikoen avtok med spordybden om sommer mens det var en tendens til at den økte om vinteren.

I PMS systemet i Sverige hadde vært antatt at spordybde ikke har noen betydning for spordybde mindre enn 10mm ulykkesrisikoen øker lineært med spordybde deretter. En slik modell ble forsøkt estimert men ga ingen koeffisienter forskjellig fra 0.

En regresjonsanalyse med bare IRI som uavhengig variabel fant at ulykkesrisikoen øker med økende IRI. Dette gjaldt også når det ble inndelt i ÅDT klasser eller når det ble inndelt både på sommer og vinter og ÅDT klasser. Et unntak var motorveier med fartsgrense 110 km/t.

For to av ÅDT klassene ble videre inndelt i fartsgrenser. Dette gjaldt ÅDT mellom 8000 og 12 000 og over 12 000. I begge ÅDT klassene ble funnet at ulykkesrisikoen steg med økende IRI for de to laveste fartsgrensene (50 km/t og 70 km/t) men økningen var mindre eller endog ikke signifikant for de høyeste fartsgrensene (90 km/t og 110 km/t).

Det ble også gjennomført regresjonsanalyser hvor variasjonskoeffisienten til IRI var med som uavhengig variabel sammen med IRI. Ulykkesrisikoen økte både med økende IRI og økende variasjonskoeffisient. Resultatet var i det vesentlige det samme når regresjonen analysen ble gjort separat for sommer eller for vinter.

Politirapporterte ulykker i Sverige inneholdt inntil 2000 også ulykker med bare materiell skade. Sammenhengen mellom IRI og personskadeulykker ble også undersøkt. Også risikoen for personskadeulykker økte med økende IRI. Dette gjaldt i det vesentlige også når det ble inndelt i ÅDT klasser og inndelt både på sommer og vinter og ÅDT klasser.

Samtidig analyse av spordybde og IRI

Når både spordybde og IRI inngikk som uavhengige variable i regresjonsanalysen var virkningen av spordybde negativ, dvs ulykkesrisikoen avtok med økende spordybde, men ulykkesrisikoen økt med økende IRI. Dette gjaldt både sommer og vinter, dvs at den økning av ulykkesrisikoen med spordybde som ble funnet å gjelde om vinteren med bare spordybde som uavhengig variabel blir borte når virkningen av både spordybde og IRI betraktes samtidig. I det store og hele var tendensen den samme inndelt i ÅDT klasser og innenfor ÅDT klasser for henholdsvis sommer og vinter.

Betydning av spordybde og IRI for ulike ulykkestyper

Det ble også undersøkt hvordan risikoen for ulike typer ulykker ble påvirket av spordybde og IRI. Også her ble inndelt i sommer og vinter og fordelt på ÅDT. Resultatene varierte for de ulike gruppene. For singelulykker og møteulykker var tendensen den samme som for alle ulykker mens resultatene for de andre ulykkestypene var mer uklare.

Analyse av med størst spordybde og størst IRI

For veger med størst spordybde og størst IRI ble foretatt spesielle analyser. For spordybde over 12.7 mm fant en regresjonsanalyse at ulykkesrisikoen økte med økende spordybde. Imidlertid, var ikke resultatet statistisk signifikant. Dessuten, når både spordybde og IRI inngikk i analysen var virkningen av spordybde som funnet for alle veger, dvs at ulykkesrisikoen avtok med økende spordybde.

En egen analyse, en variansanalyse, ble gjort for å undersøke om veger med de aller dypeste sporene, ≥ 18 mm, skilte seg ut fra veger med mindre spordybde. Det viste seg ikke å være tilfellet.

Analyse av vannplaningsulykker

En egen analyse ble gjort av vannplaningsulykker for å undersøke betydningen av spordybde i kombinasjon med tverrfall. Hypotesen var at risikoen for vannplaning er størst for stor spordybde og lite tverrfall. Resultatet av analysen bekreftet dette. Det ble også funnet at for døgn med store nedbørsmengder var betydningen av tverrfallet for de dypeste sporene mindre.

Dette resultatet er relevant for planleggingen av den norske undersøkelsen av spordybde idet den viser at betydningen av spordybde kan avhenge av andre vegparametre som tverrfall og også av værforhold.

Er det grunn til å tvile på resultatet? Metodediskusjon

Den negative sammenhengen mellom spordybde og ulykkesrisiko må sies å være overraskende selv om en tidligere undersøkelse referert i rapporten finner samme tendens. I det svenske PMS systemet har vært forutsatt at ulykkesrisikoen øker lineært med spordybde når spordybden er over 10mm. Det er derfor på sin plass å vurdere om det kan være metodiske problemer som kan forklare resultatet.

Skyldes sammenhengen at det ikke er tatt hensyn til andre variable?

Dersom sammenhengen mellom ulykkesrisiko ikke er reell kan den tilsynelatende sammenhengen skyldes at det kan være en sammenheng mellom IRI og en annen variabel som påvirker risikoen. Dersom det er vanskelig å tenke seg noen slik variabel er det større grunn til å ha tiltro til resultatene enn hvis en slik variabel ser ut til å eksistere. Her finnes det imidlertid en mulig variabel, nemlig "vegkvalitet". Variabelen er satt i gåsøyne fordi hva som skal menes med vegkvalitet må defineres nærmere.

Med vegkvalitet kan menes både forhold som påvirker fremkommeligheten og ulykkesrisikoen positivt. Imidlertid vil mange forhold kunne påvirke både fremkommelighet og risiko. Motorveger bygges for fremkommelighet men er de sikreste veger som finnes. Hvis det er slik at veger med midtdeler også har den de laveste IRI verdier vil det se ut som om økt IRI leder til høyere risiko. Hvis det er slik veger med høy trafikk er de beste vegene men at den store trafikken leder til slitasje av spor kan sammenhengen mellom spordybde og ulykkesrisiko bli negativ.

I "Vägytans inverkan på trafiksäkerheten" blir delvis kontrollert for vegkvalitet ved å dele inn i ÅDT klasser. Det er grunn til å tro at veger med stor trafikk har bedre kvalitet og er dermed sikrere enn veger med lavere ÅDT. Innenfor ÅDT klassene kan det imidlertid fremdeles være forskjeller. Analysen korrigerer derfor ikke fullstendig for fartsgrense, vegtype, vegbredde og vegdekke. Disse variablene burde vært tatt med i regresjonsanalysen som uavhengige variable.

Det skal ikke påstås at sammenhengene funnet i undersøkelsen ikke er reelle og skyldes metodiske svakheter. Det kan imidlertid ikke utelukkes. Det er derfor all grunn til å gjennomføre en egen norsk undersøkelse hvor de metodiske svakheter korrigeres.

Mulig multikolaritet

Et annet mulig problem i undersøkelsen er multikolaritet. Med dette menes at korrelasjonen mellom de uavhengige variablene i en regresjonsanalyse er så stor at det er vanskelig å skille mellom betydningen av de to variablene. I så fall vil koeffisientene til de to variablene bli meningsløse. Korrelasjonskoeffisienten mellom spordybde og IRI er oppgitt til 0.34. Dette er ikke spesielt høyt og gir ikke grunn til å tro at det er multikolaritet. Imidlertid fremgår det ikke hvordan korrelasjonskoeffisienten er beregnet. Dersom dette er beregnet for de opprinnelige 20 meters strekningene vil korrelasjonen for de aggregerte data kunne være høyere.

Multikolaritet fører til at estimater for koeffisienter i en regresjonsanalyse blir meget usikre. Siden koeffisientene i de fleste tilfeller er signifikante er det derfor lite trolig at det er multikolaritet.

Kan resultatet generaliseres til Norge?

Hvis man godtar resultatene fra undersøkelsen, dvs at det er reelt at spordybde reduserer ulykkesrisikoen og IRI øker den, så gjelder resultatene Sverige. Er det grunn til å tro at det også vil gjelde i Norge? Dersom vegnettet i Norge er annerledes enn det i Sverige er resultatet ikke nødvendigvis overførbart til Norge.

Vegene i Norge kan ha dårligere standard

Rapporten understreker at de fleste veier har bra standard. Vektet med trafikk har 95 % spordybde <15.4 mm og 95 % har IRI < 5.1 mm/m. Dersom det norske vegnettet har lavere standard, dvs at vegene har større spordybde og IRI er det mer tvilsomt om resultatene vil gjelde i Norge. I utgangspunktet er det ingen grunn til å tro at dette er tilfelle. Før det kan utelukkes at det er forskjeller må imidlertid fordelingen av IRI og spordybde i Norge sammenlignes med fordelingen i Sverige.

Spor i Norge kan være smalere

En mulighet er at spor i Norge har en annen form enn spor i Sverige. Dersom vegene i Sverige er bredere vil sporene også kunne være bredere siden valget er

større når det gjelder sideveis plassering. Spor med samme dybde vil da ha forskjellig vinkel koeffisient langs kantene og dermed ulike sidefriksjonsforhold. Også dette må undersøkes nærmere.

Om det er andre grunner til at forholdene i Sverige er annerledes enn i Norge må utredes nærmere.

Konklusjon

I Sverige har man funnet at økende spordybde reduserer ulykkesrisikoen mens økt IRI øker den. Imidlertid kan sammenhengene være spuriøse, dvs at de skyldes at det ikke er korrigert for viktige forklaringsvariable.

Godtar man de svenske resultatene er det ingen spesiell grunn til å tro at de ikke skal gjelde i Norge også men det finnes mulige forskjeller som må undersøkes nærmere.

**Sist utgitte TØI publikasjoner under program:
Risikoanalyser og kostnadsberegninger**

Trafikkstøy i boliger. Virkninger av fasadeisoleringstiltak etter grenseverdiforskriften	836/2006
Økonomisk verdsetting av ikke-markedsgoder i transport.	835/2006
Syklistskader, risiko ved sykling og nyttekostnadsanalyseverktøyet for sykkeltiltak	816/2005
Sykkelulykker. Ulykkestyper, skadekonsekvenser og risikofaktorer.	793/2005
Er bedringen i trafiksikkerheten stoppet opp?	792/2005
Vurdering av behov for halvårlig kontroll av bremsere på tunge kjøretøy	790/2005
Etikk og trafiksikkerhetspolitikk	786/2005
Barrierer mot bruk av effektivitetsanalyse i utforming av trafiksikkerhetspolitikk	785/2005
Endring av fartsgrenser. Effekt på kjørefart og ulykker	784/2005
Muligheter og barrierer for trafiksikkerhetsarbeidet i Sverige - en analyse af Vägverket og andre aktører.	759/2005
Valg av indikatorer på sikkerhet i vegtrafikken. Trafikantadferd og kjøretøykvalitet.	751/2004
Trafiksikkerhetsindikator for trafikantadferd og kjøretøykvalitet.	750/2004
Ulykker med moped og lett motorsykel	749/2004
Store ulykker i transport. Hyppighet, utviklingstrekk, forebyggingsmuligheter.	748/2004
En vurdering av mulige virkninger på trafiksikkerheten av traffic warning systems.	747/2004
Fart og trafikkulykker: evaluering av potensmodellen	740/2004
Sikring av små barn i bil. Evaluering av et informasjons- og kontrollprosjekt i seks fylker	732/2004

Transportøkonomisk institutt

Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

- utfører forskning til nytte for samfunn og næringsliv
- har rundt 70 forskere med høy, flerfaglig samferdselskompetanse
- samarbeider med en rekke samfunnsinstitusjoner, forsknings- og undervisningssteder i Norge og i utlandet
- gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag av høy kvalitet innen områder som trafiksikkerhet, kollektivtransport, miljø, reisevaner, reiseliv, planlegging, beslutningsprosesser, transportøkonomi og næringslivets transporter
- driver aktiv forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, internett, tidsskriftet Samferdsel og andre nasjonale og internasjonale tidsskrifter

Transportøkonomisk institutt

Stiftelsen Norsk senter
for samferdselsforskning
P.b. 6110 Etterstad
0602 Oslo

Telefon 22 57 38 00

www.toi.no