

## Sammendrag:

# Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet

Betydningen av spordybde, ujevnhet 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 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 spordybdemålinger 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.

## 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**

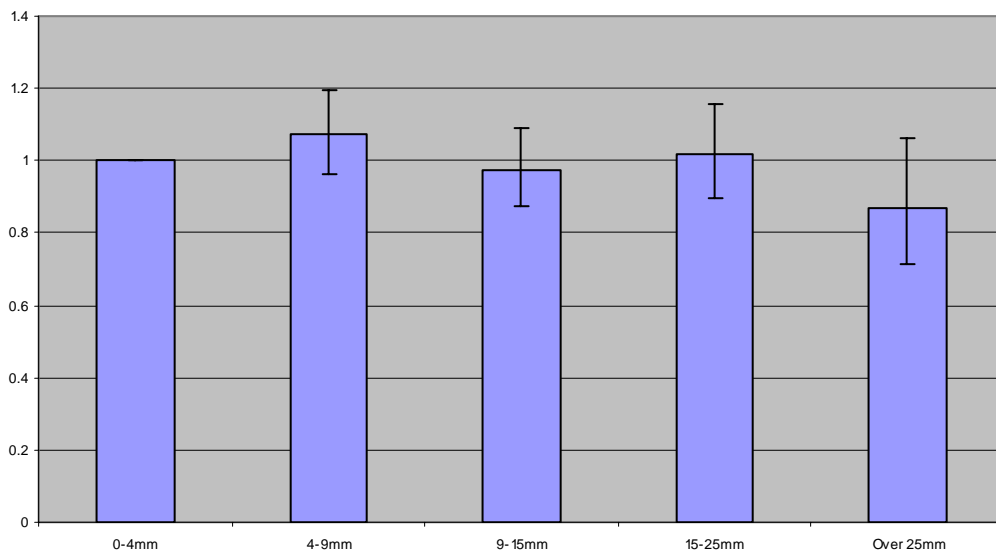
Sammenligning av ulykker på samme strekning i ulike år ble, som nevnt ovenfor, utført på to forskjellige måter. Den første metoden, rangering av de seks målingene, fant ingen sammenheng mellom spordybde og ulykker eller IRI og ulykker. En mulig forklaring på den manglende sammenheng kan imidlertid være 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

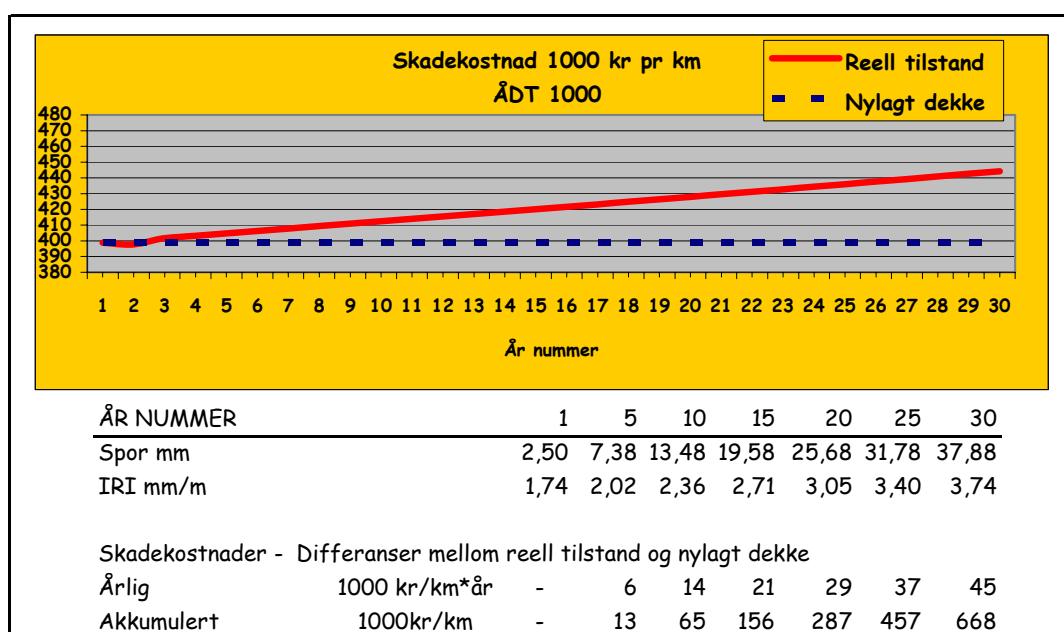
Med utgangspunkt i resultatene fra den logistiske regresjonen er det gjennomført enkelte regneeksempler. Som en forenkling kan de framkomne resultatene fram-

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.