

Sindre Wormdahl

Spordybdens betydning for ulykkesfrekvensen

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Thomas Jonsson

Juni 2021

Sindre Wormdahl

Spordybdenes betydning for ulykkesfrekvensen

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Thomas Jonsson
Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Som et resultat av Nullvisjonen, er det i Nasjonal Transportplan utformet en målsetning om ingen skal bli drept eller hardt skadd i trafikken i Norge. For å kunne forhindre ulykker i fremtiden, er det viktig å ha en god forståelse om hva som forårsaker dem. Målet med denne studien er å undersøke hvordan spordybden påvirker ulykkesfrekvensen.

Denne studien brukte data fra Nasjonal Vegdatabank, NVDB, for å analysere vegnettet i tidligere Hedmark og Oppland i perioden 2017 – 2019. Spordybdenes effekt på ulykkesfrekvensen ble analysert uavhengig av andre faktorer og avhengig av horisontalkurvatur, vegbredde og fartsgrense. Spordybden ble delt inn i intervaller og antall ulykker pr million kjørte kilometer ble regnet ut.

Den overordnede trenden i resultatene var at ulykkesrisikoen gikk ned ved økende spordybder opp til 18 mm. Nedgangen virket mer fremtredende når store spordybder ble kombinert med andre ugunstige faktorer som krappe kurver eller smal vegbredde, enn når de ble kombinert med mer gunstige faktorer. Resultatene knyttet til spordybder over 18 mm var svært usikre grunnet liten datamengde i dette intervallet.

Forord

Denne masteroppgaven inngår i emnet TBA4940 Veg, masteroppgave. Arbeidet markerer avslutningen av den femårige sivilingeniørutdanningen Bygg- og miljøteknikk ved instituttet for Bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Oppgaven er skrevet våren 2021 og utgjør 30 studiepoeng.

Målet med oppgaven er å undersøke spordybden effekt på ulykkesfrekvensen. Det undersøkes også hvilken effekt spordybden har kombinert med andre veg-geometriske faktorer eller hastighetsfaktorer. Analyseområdet bestod av utvalgte europa-, riks-, og flykesveger i gamle Hedmark og Oppland. Det ble gjennomført en kvantitativ analysemetode ved hjelp av datagrunnlag fra Nasjonal Vegdatabank (NVDB) og Microsoft Excel. Masteroppgaven er presentert som en vitenskapelig artikkel.

Jeg vil gjerne takke min veileder, Thomas Jonsson, for god hjelp, støtte og samtaler under arbeidet. I tillegg vil jeg takke familie, kjæreste og medstudenter for tilbakemeldinger, tips og fine avbrekk i arbeidsperioden.

Trondheim, 11. juni 2021



Sindre Wormdahl

Innhold

Figurer	iv
Tabeller	iv
Forkortelser/symboler.....	iv
1 Introduksjon.....	1
2 Metode	3
2.1 Analyseområde.....	3
2.2 Datagrunnlag	4
2.3 Databehandling og analysen.....	4
3 Resultater	6
3.1 Resultat uavhengig av kurveradius, fartsgrense og vegbredde	6
3.2 Sammenheng mellom spordybde, horisontalkurveradius og ulykkesfrekvens....	7
3.3 Sammenheng mellom spordybde, vegbredde og ulykkesfrekvens	8
3.4 Sammenheng mellom spordybde, fartsgrense og ulykkesfrekvens	9
4 Diskusjon	10
4.1 Sammendrag av resultatene.....	10
4.1.1 Uavhengig av horisontalkurvatur, fartsgrense og vegbredde	11
4.1.2 Horisontalkurvatur	12
4.1.3 Vegbredde.....	12
4.1.4 Fartsgrense	13
4.2 Styrker og begrensninger	13
5 Konklusjon og videre forskning.....	14
Referanseliste.....	16
Vedlegg	18

Figurer

Figur 1: Ulykkesfrekvens i de ulike spordybdeintervallene uavhengig av andre faktorer. .	7
Figur 2: Sammenheng mellom ulykkesfrekvens og spordybde fordelt etter horisontalkurveradier.	8
Figur 3: Ulykkesfrekvens i de ulike spordybdeintervallene fordelt etter vegbredde.	9
Figur 4: Ulykkesfrekvens i de ulike spordybdeintervallene i soner med fartsgrense 60 km/t og 80 km/t.	10

Tabeller

Tabell 1: Beskrivelse av identifiseringsnumrenes oppbygning.	4
---	---

Forkortelser/symboler

NVDB
ÅDT

Nasjonal Vegdatabank
Årsdøgntrafikk

Spordybdeens betydning for ulykkesfrekvensen

Sindre Wormdahl^{1*}

11.juni 2021

¹Institutt for bygg- og miljøteknikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

**In future publications my advisor, Thomas Jonsson, Professor in traffic safety at NTNU, shall be listed as co-author*

Abstract

As a result of Vision Zero, it is in the National Transportation Plan formulated a goal that no one is to be killed or seriously injured in the traffic in Norway. It is important to have a good understanding of what causes the traffic accidents to possibly avoid them in the future. The aim of this study is to examine how rutting influences the frequency of accidents.

This study used data from the Norwegian database for road data, NVDB, to analyze the road network in Hedmark and Oppland in the time period 2017 – 2019. The effect of rutting was analyzed independently, and dependent of horizontal curves, road width and speed limit. Rut depths were divided into intervals, and the number of accidents pr million driven kilometers were calculated.

The overall trend in the results was that rut depths up to 18 mm decreased the risks of accidents. Big rut depths combined with other unfavorable factors as steep curves and narrow roads, gave a more prominent reduction of accident frequency than combined with favorable road factors. Results over 18 mm was extremely uncertain due to a small amount of data in this interval.

Key words: *Rutting, traffic accidents, driving safety*

1 Introduksjon

Nullvisjonens mål i Nasjonal Transportplan er at ingen skal bli drept eller hardt skadd på norske veier. Som delmål i Nasjonal tiltaksplan for trafikksikkerhet på veg er det nedfelt at antall drepte og hardt skadde innen år 2030 skal være redusert til 350 (Statens vegvesen, 2018a). Dette tilsvarer en reduksjon på 48 % i forhold til tallene fra 2019 (Statistisk sentralbyrå, u.å).

Ofte kan det være summen av flere forskjellige faktorer som resulterer i trafikkulykker. Både rus, fart, manglende førerdyktighet, feil med kjøretøy, vær- og vegforhold er faktorer som enten alene eller i kombinasjon med andre faktorer kan medføre ulykker. Hvert år publiserer Statens vegvesen dybdeanalyser av alle dødsulykker i Norge. Her fremkommer det at manglende førerdyktighet er en medvirkende årsak i 51 % av dødsulykkene i perioden 2010 -2019, For faktorer knyttet til veg eller vegmiljø er det

tilsvarende tallet 28 % (Statens vegvesen, 2020). Ulykker uten dødelig utfall er naturlig nok ikke like grundig analysert. Skal nullvisjonens overordnede mål bli innfridd, er det viktig med bevisstgjøring av trafikanter, men også å kunne tilby et vegnett som ikke bidrar til ulykker. Å undersøke spordybdeens betydning for ulykkesfrekvensen kan i den forbindelse være viktig for å fastslå om hyppigere reasfaltering eller asfalt med større motstandsdyktighet mot spordannelse kan føre til et sikrere vegnett.

Statens vegvesen deler spor inn i tre hovedkategorier. Disse tre er slitasjespor (hovedsakelig piggdekk), spor grunnet sammentrykking og spor grunnet skjærdeformasjoner (Statens vegvesen, 2016). Det er anslått at en riksveg med ÅDT 8000 har en årlig økning i spordybde på omtrent 1,5 mm, men dette er i tillegg avhengig av piggdekkandel, andel tunge kjøretøy, grunnforhold, asfaltens materialsammensetning og temperatur (Statens vegvesen, 2006). De siste tiårene har levetiden til asfaltdekkene gått kraftig opp, noe som til dels kan forklares av den reduserte andelen av kjøretøy med piggdekk (Statens vegvesen, 2016). I Norge måles spordybden ved hjelp av en laserskanner med navn ViaPPS (Pavement Profile Scanner) montert på et kjøretøy (Statens vegvesen, 2018b). I en fart på 60 km/t gir systemet målinger med 8 cm mellomrom (Sund, 2019). Målingene blir satt sammen til et gjennomsnitt gjeldende for parseller på 20. meter og gir nyttig informasjon om hvor det er rehabiliteringsbehov. Spordybdeverdiene som etter dagens standarder utløser reasfaltering er 25 mm for veier med $\text{ÅDT} \leq 5000$ og 20 mm for veier med $\text{ÅDT} > 5000$. Verdiene regnes her som 90 %-verdi av 20 meters verdier for parseller på 1000 meter. Reasfaltering utløses også dersom minimum én verdi overstiger 40 mm (Statens vegvesen, 2014a). I 2018 hadde omtrent 91,5 % av riksvegnettet mindre spordybder enn disse kravene (Sund, 2019).

Spesielt kombinert med regn kan stor spordybde være trafikkfarlig. Vann legger seg i sporene og kan medføre vannplaning eller vannsprut. Guo, Zou og Zang (2014) hevder i sin studie at dette spesielt vil være et problem når kjørehastigheten er 80 km/t eller høyere. I Norge med kaldt klima vil dype spor også gjøre snøfjerning eller isfjerning vanskelig da ploegen ikke kommer nedi sporene. Dette er noe av grunnen til at spordannelse ofte er den viktigste årsaken til reasfaltering (Statens vegvesen, 2016). Tidligere forskning på sammenheng mellom spordybde og ulykkesfrekvens har derimot vist varierende resultater. Mens noen studier har konkludert med at økende spordybde fører til en økning i ulykkesrisiko, har andre studier konkludert med at ulykkesfrekvensen reduseres av større spordybder. Enkelte studier har ikke funnet noen sammenheng (Elvik, 2016).

Ved simulering ble det funnet at en spordybde på 20 mm fører til en vridning av forhjulene på 35° for biler uten styringsassistansesystemer ved en hastighet på 120 km/t nøyaktig i sporets lengderetning. Utslagene ble enda større med en kjørevinkel på 9° i forhold til sporretningen. Også for nyere biler med styringsassistansesystemer ga økende spordybde økende utslag, men vridningene var kun en brøkdel av vridningene på de eldre bilene (Chen *et al.*, 2020). Chan *et al.* (2010) gjorde en studie på vegnettet i Tennessee. Maksimal spordybde på de analyserte strekningene var 0,3 inches (7,62 mm). Deres modell fungerte derfor dårlig på klarværsdager og dagslys. De fant derimot at ulykkesfrekvensen ble multiplisert med 1,509 når spordybden økte med 0,1 inch (2,54 mm) når det ikke var dagslys. Risikoen for ulykker ble også multiplisert med 1,684 på regnværsdager når spordybden økte med 0,1 inch. Deres forklaring på den kraftige økningen av ulykkesfrekvens var at sporene ikke ville være synlige for sjåførere i mørket eller hvis de er dekket av et tynt lag med vann. En studie på vegnettet i Arizona, North Carolina og Maryland fant en klar sammenheng mellom økende spordybde og økt

ulykkesfrekvens. Kritisk spordybde ble beregnet til mellom 0,35 og 0,4 inches (8,89 mm – 10,16 mm). Fra denne spordybden startet risikoen for ulykker å gå markant opp (Mamlouk *et al.*, 2018). Dette funnet støttes delvis av studien til Christensen og Ragnøy (2006) som ved hjelp av regresjonsanalyse fant en høyere ulykkesfrekvens for alle spordybdeintervaller større enn 0 – 4 mm, men de største økningene var i intervallene 4 – 9 mm og større enn 25 mm. Sammenhengen var altså ikke lineær. Den samme studien fant en uklar sammenheng ved hjelp av sammenligning med seg selv, men her var det en reduksjon i ulykkesfrekvensen i intervallet med størst spordybde i forhold til i intervallet 0 – 4 mm (Christensen og Ragnøy, 2006). På den andre siden har det på New Zealand blitt funnet at ulykkesrisikoen på tørre veier går litt ned i takt med økende spordybde. På våte veier ble det konkludert med at stor spordybde muligens kan øke ulykkesfrekvensen på grunn av dårlig drenering (Cenek *et al.*, 2014). En redusert risiko for ulykker ved økende spordybde ble også funnet i Sverige (Eriksson, 2014).

At ulykkesfrekvensen stiger når spordybden blir større kan forklares med at førerne mister kontroll over kjøretøyene på grunn av de dype sporene (Chen *et al.*, 2020; Mamlouk *et al.*, 2018). Samtidig kan en reduksjon av ulykkesrisikoen ved dype spor oppstå fordi førerne reduserer hastigheten når de ser at veien er sporete (Mamlouk *et al.*, 2018; Statens vegvesen, 2006).

De varierende resultatene gjør det interessant å forske mer på dette området. Å samtidig se det i sammenheng med horisontalkurvatur, vegbredde og fartsgrense kan gi nyttige svar på hvorvidt spordybde er farligere eller mindre farlig i kombinasjon med andre faktorer. Dette studiet ser på sammenhengen mellom spordybde og ulykkesfrekvens i tidligere Hedmark og Oppland, og undersøker følgende forskningsspørsmål:

1. *Hvordan påvirker spordybden ulykkesfrekvensen?*
2. *Hvordan påvirkes ulykkesfrekvensen av spordybde i kurver i forhold til på rettstrekker?*
3. *Hvordan påvirker vegbredden sammenhengen mellom spordybde og ulykkesfrekvens?*
4. *Hvordan påvirker fartsgrensen sammenhengen mellom spordybde og ulykkesfrekvens*

2 Metode

I dette studiet ble det benyttet en kvantitativ metode i form av analyse av veg- og ulykkesdata i Microsoft Excel for å få besvare forskningsspørsmålene.

2.1 Analyseområde

Analyseområdet inkluderte alle de 48 kommunene i tidligere Hedmark og Oppland. Et utvalg av fylkesveger, riksveger og europaveger ble analysert. Totalt utgjorde disse veiene drøye 2611 km. Fullstendig liste over inkluderte veier ligger vedlagt (Vedlegg 1). Det var ønskelig å ha et stort utvalg av veier, slik at analyseperioden kunne holdes relativt kort. Dette reduserer risikoen for store forskjeller på målt spordybde og faktisk spordybde, eller andre endringer på vegnettet. Analyseperioden gikk over tre år, fra 2017 til 2019.

2.2 Datagrunnlag

Data ble hentet fra Nasjonal Vegdatabank (NVDB). Grunnet tilgangsbegrensninger ble dette gjort av min veileder, Thomas Jonsson. Datagrunnlagets størrelse gjorde at hver kommune måtte tas ut separat. Dette ga 48 ulike datasett bestående av separerte ark for spor-, fartsgrense-, trafikkmengde-, vegdekke- og ulykkesdata. Spordata inneholder målinger av spordybde og horisontalradius for hver 20. meter av vegnettet og dannet hovedgrunnlaget for analysen. Ulykkesdata inneholder data om alle politirapporterte trafikkulykker. Arkene med data for fartsgrense, trafikkmengde og vegdekke inneholder informasjon om disse kategoriene for vegstrekninger med varierende lengder.

2.3 Databehandling og analysen

Eriksson (2014) påpeker at for at en slik studie skal kunne gjennomføres, må ulykkesrisikoen være forholdsvis lik over hele vegnettet. Det var derfor ønskelig å ha så homogene veier som mulig, slik at ulykkesfrekvensen ikke skulle påvirkes av ulikt antall kjørefelt eller hvorvidt det var midtdeler eller ikke. Kun strekninger med ett kjørefelt i hver retning med gul midtlinje og uten midtdeler ble analysert. I de innhentede datasettene var det ikke informasjon om vegstrekninger har midtoppmerking eller midtdeler. Strekninger med midtdeler eller uten midtlinje måtte detekteres manuelt ved hjelp av Google Maps sammen med Statens vegvesens karttjeneste Vegkart, og slettes fra de gjeldende datasettene.

For å muliggjøre analysen i Excel, måtte hver enkelt spormåling og ulykke få et eget identifikasjonsnummer. Ettersom at spormålingene gjaldt for strekninger på 20 meter, trengtes det kun et identifikasjonsnummer for startpunktet av strekningen. Målingene for årsdøgntrafikk (ÅDT), fartsgrense og vegbredde gjelder for lengre strekninger. For disse tre kategoriene var det nødvendig å opprette et identifikasjonsnummer for startpunktet på strekningen og et for sluttpunktet. Identifikasjonsnumrene bestod av 16 siffer i følgende format og rekkefølge:

Tabell 1: Beskrivelse av identifiseringsnumrenes oppbygning.

Kommune-nummer (i dette tilfellet Kongsvinger)	Vegklassifisering (i dette tilfellet europaveg)	Vegnummer	Hovedparsell-nummer	Meter inn i hovedparsell
3401	1	016	003	08830

Vegnavnet, som i eksempelet i tabell 1 er E16, var ikke mulig å bruke i et slikt identifikasjonsnummer. Derfor måtte hver enkelt veg tilegnes en egen tallkode som kunne brukes, som i eksempelet i tabell 1 er 1016. Opprettelsen av identifikasjonsnumre, kombinert med sletting av uønskede strekninger, ble gjort i de fem aktuelle arkene i samtlige 48 datasett. Med store mengder datapunkter var bearbeidingen av data en meget tidkrevende prosess. Videre ble info om ÅDT, fartsgrense og vegbredde med tilhørende identifiseringsnumre satt sammen i ett felles ark for alle kommunene. Alle spormålinger og horisontalkurveradier med tilhørende identifiseringsnumre ble satt sammen i et annet ark.

Spordata inneholder separerte målinger for hvert enkelt kjørefelt. Det innebærer at 20-metersstrekningene i felt 1 kan ligge opp mot ti meter unna 20-metersstrekningene i felt 2. De vil likevel ha svært like identifikasjonsnumre. Samtidig var det ikke informasjon i

ulykkesdata om hvilket kjørefelt ulykkene har skjedd i. Det ble benyttet søkefunksjoner i Excel, med identifikasjonsnummeret som grunnlag. Slik kunne hver spormåling i felt 1 matches med den spormålingen i felt 2 som var nærmest å tilsvare det samme stedet. Da 81,9 % av strekningene med spormålinger hadde ≤ 2 mm differanse mellom de to feltene, ble det vurdert som mest hensiktsmessig å bruke gjennomsnittet av spordybden i de to feltene videre i analysen. Spordybden ble delt inn i intervallene «0 mm – 5,9 mm», «6 mm – 9,9 mm», «10,0mm – 17,9 mm» og «18+ mm». Siden det ikke fantes data på hvilket felt ulykken hadde skjedd i, var det heller ikke mulig å undersøke om den hadde skjedd i indre eller ytre kjørefelt i kurver. Derfor ble det ikke tatt hensyn til hvilken retning svingen gikk i. Alle kurveradier ble omgjort til sin egen absoluttverdi og delt inn i intervallene «0 – 449 m», «450 – 1999 m» og «rettstrekker», da kurveradius lik 2000 m er definert som rettstrekker i NVDB.

Tilsvarende søkefunksjon som tidligere ble brukt til å koble fartsgrense, ÅDT og vegbredde til hver enkelt spormåling. Siden fartsgrense, ÅDT og vegbredde hadde identifikasjonsnummer både for start- og slutt punkt, var det mulig å kontrollere at spormålingene faktisk lå i den vegstrekningen den hadde blitt matchet med. Alle strekninger uten fartsgrense 60, 70, 80 eller 90 km/t ble slettet. Samtidig ble kun møte-, utforkjørings- og forbikjøringsulykker tatt med videre i studien, da det er under disse kategoriene at det er logisk å forvente at spordybden kan påvirke ulykkesfrekvensen. Ulykker knyttet til vegkryss inngikk ikke i analysen. Disse antas å i større grad bli påvirket av interaksjon mellom forskjellige sjåførere enn for eksempel påvirkning av spordybden. Ettersom at kun en enkelt måledato (som var mot slutten av analyseperioden for hele vegnettet) ble brukt for hver 20-metersstrekning, ble strekninger som hadde blitt asfaltert i løpet av analyseperioden utelatt. Totalt var 1535 km med veg og 214 ulykker igjen i utvalget etter at alle kriterier var tatt hensyn til. Søkefunksjonen ble også benyttet til å koble hver ulykke til tilsvarende spormåling med spordybdeintervall, fartsgrense og vegbredde.

Metoden for å regne ut ulykkesfrekvensen baserte seg på å benytte hvor mange kjøretøykilometer som var tilbakelagt på strekninger innenfor hvert enkelt spordybdeintervall. NVDBs data for ÅDT ble brukt til dette i kombinasjon med lengdene på spormålingene. Her er det ikke tatt hensyn til årlig trafikkvekst i løpet av perioden. ÅDT-data som er brukt gjelder for 2019, og det der ikke grunnlag for å anslå hvorvidt trafikkveksten har variert mellom de ulike strekningene. På to år tilbake til 2017 ville det trolig heller ikke utgjort noen forskjell. Ulykkesfrekvensen ble regnet til antall ulykker pr million kjørte kilometer. Det er ikke tatt hensyn til andel tunge kjøretøy. Formelen for beregning av ulykkesfrekvens er vist i formel 1.

Formel 1: Formel for beregning av ulykkesfrekvens (Statens vegvesen, 2014b)

$$U_f = \frac{U_{pr} * 10^6}{\text{ÅDT} * \text{lengde} * 365 * \text{år}_{periode}}$$

Hvor:

U_f = Ulykkesfrekvens (antall ulykker pr million kjørte kilometer)

U_{pr} = Antall politirapporterte ulykker

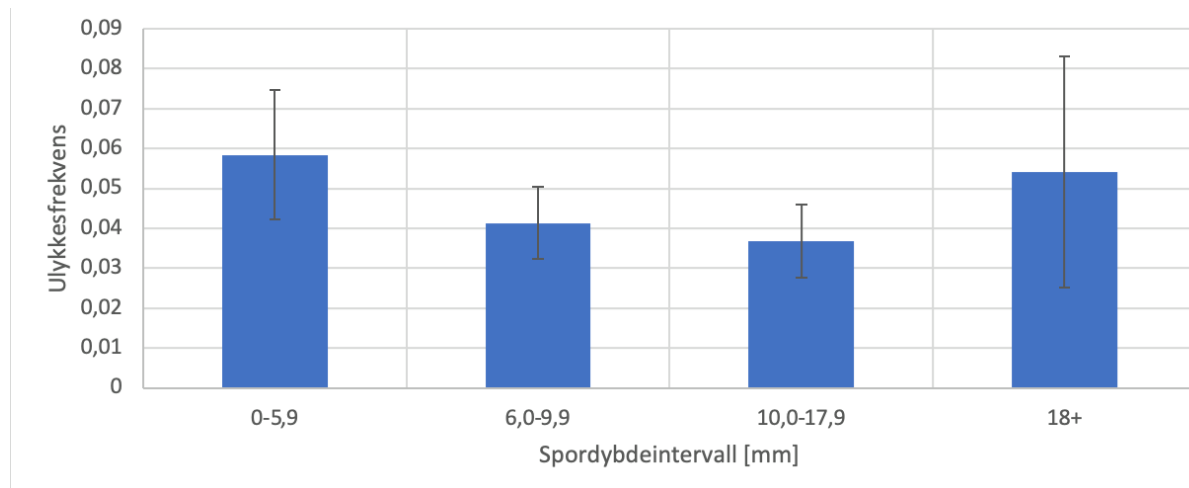
Pivottabeller ble tatt i bruk for å gjennomføre analysene i Excel. Ulykkesfrekvens i de ulike spordybdeintervallene, både uavhengig og avhengig av fartsgrense, vegbredde og horisontalkurvatur, ble regnet ut. Spordybdeintervallet 0 – 5,9 mm ble brukt som sammenligningsgrunnlag, da det er logisk å anta at spordybden ikke har påvirket ulykkesstatistikken i dette intervallet. For å kunne vise usikkerheten i analysene grafisk ble det regnet ut 95 % konfidensintervaller rundt resultatene. Hvorvidt resultatene var statistisk signifikante eller ikke ble testet ved en uavhengig, tosidig T-test. Her ligger det til grunn en antagelse om at ulykkene er poisson-fordelt. Ettersom at ulykkesdata var noe smått, kan det knyttes usikkerhet til denne antagelsen. Dermed kan en utregnet T-verdi større enn 1,96 kun antyde statistisk signifikans.

3 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene fra de fire forskjellige analysene. Det komplette datagrunnlaget som ble analysert bestod av 214 politirapporterte ulykker fordelt på omtrent 4,92 milliarder kjøretøykilometer. Hele datagrunnlaget kunne brukes til analysene som dannet grunnlaget for resultatene presentert i kapittel 3.1, 3.2 og 3.3. Det viste seg dog i analysen med hensyn på fartsgrense, presentert i kapittel 3.4, at svært lite av datagrunnlaget inneholdt strekninger med fartsgrense 70 km/t eller 90 km/t. Disse to fartsgrensene kunne derfor ikke analyseres. Det resterende datagrunnlaget som ble brukt til fartsgrenseanalysen bestod av 202 ulykker fordelt på omtrent 4,29 milliarder kjøretøykilometer.

3.1 Resultat uavhengig av kurveradius, fartsgrense og vegbredde

Alle spordybdeintervallene ga lavere ulykkesfrekvens enn referanseverdien 0 – 5,9 mm. Risikoen for ulykker i intervallet 6,0 – 9,9 mm var 29,3 % lavere enn sammenligningsgrunnlaget, men ikke statistisk signifikant. Størst reduksjon ble funnet i intervallet 10,0 – 17,9 mm. I dette intervallet var risikoen for ulykker 37 % lavere enn sammenligningsgrunnlaget. Her ble det regnet ut en T-verdi = 2,32. Det er derfor ikke usannsynlig at denne nedgangen er signifikant med p-verdi = 0,05. Ved spordybde over 18 mm steg ulykkesfrekvensen igjen, men ikke høyere enn at det tilsvarte en reduksjon på 8,7 % i forhold til referanseverdien. Usikkerheten i dette intervallet er stor grunnet lite data. Resultatene viste at 5,3 % av totalt antall kjøretøykilometer ble kjørt på strekninger med spordybde over 18 mm. Kun 14 ulykker ble knyttet til dette spordybdeintervallet. Grafisk fremstilling av resultatene av denne analysen er vist i figur 1.



Figur 1: Ulykkesfrekvens i de ulike spordybdeintervallene uavhengig av andre faktorer.

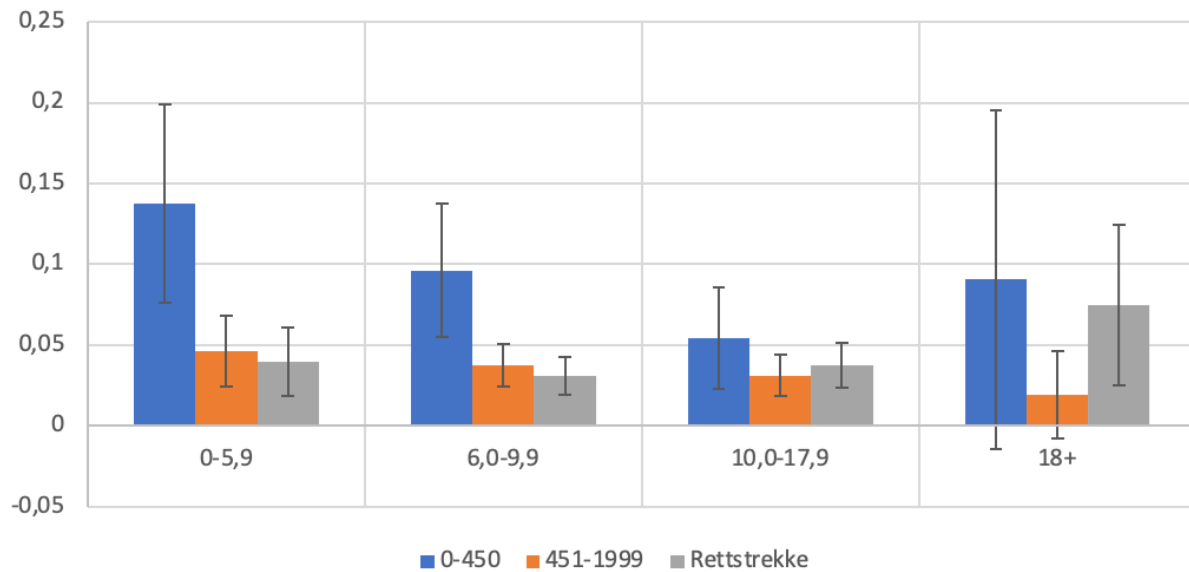
3.2 Sammenheng mellom spordybde, horisontalkurveradius og ulykkesfrekvens

I kategorien kurver med liten kurveradius (< 450 m) var det 57 ulykker og 13 % av totalt antall kjøretøykilometer. Kurver med stor kurveradius (451 – 1999 m) hadde 78 ulykker og 44 % av totalt antall kjøretøykilometer. For rettstrekker var de tilsvarende tallene 79 og 43 %. Kurver med liten kurveradius hadde henholdsvis 152 % og 144 % høyere ulykkesfrekvens enn kurver med stor kurveradius og rettstrekker, uavhengig av spordybde. Risikoen for ulykker i krappe kurver var signifikant høyere enn slake kurver og rettstrekker da det ikke var overlapp mellom konfidensintervallene.

Fordelt på spordybdeintervallene i kurver med liten kurveradius ga spordybden utslag i form av lavere ulykkesfrekvens ved større spordybder enn referansegrunnlaget. Sammenhengen var lineær opp til 18 mm. Ulykkesrisikoen ble redusert med 30 % i intervallet 6,0 – 9,9 mm i forhold til sammenligningsgrunnlaget. I intervallet 10,0 – 17,9 mm var reduksjonen på 60,4 %. Her ble det regnet ut en T-verdi = 2,4, noe som kan tyde på at nedgangen er signifikant. Ved spordybde over 18 mm var reduksjonen på 34,2 %, men usikkerheten var stor.

I kurver med stor kurveradius var trenden at ulykkesfrekvensen gikk ned når spordybden gikk opp. I forhold til sammenligningsgrunnlaget var reduksjonen på 18,6 % for intervallet 6,0 – 9,9 mm og 32,3 % for 10,0 – 17,9 mm. Størst reduksjon var det når spordybden var over 18 mm. Her var risikoen for ulykker 58,8 % lavere enn ved 0 – 5,9 mm, men usikkerheten var stor.

På rettstrekker var sammenhengen mer utydelig. I forhold til intervallet 0 – 5,9 mm ble ulykkesfrekvensen redusert med 21,8 % når spordybden var mellom 6,0 og 9,9 mm. Spordybde i intervallet 10,0 – 17,9 mm ga en reduksjon på 5,4 %. Når spordybden ble over 18 mm, økte risikoen for ulykker med 89 % i forhold til sammenligningsgrunnlaget. Resultatene av denne analysen er vist i figur 2.



Figur 2: Sammenheng mellom ulykkesfrekvens og spordybde fordelt etter horisontalkurveveradier.

3.3 Sammenheng mellom spordybde, vegbredde og ulykkesfrekvens

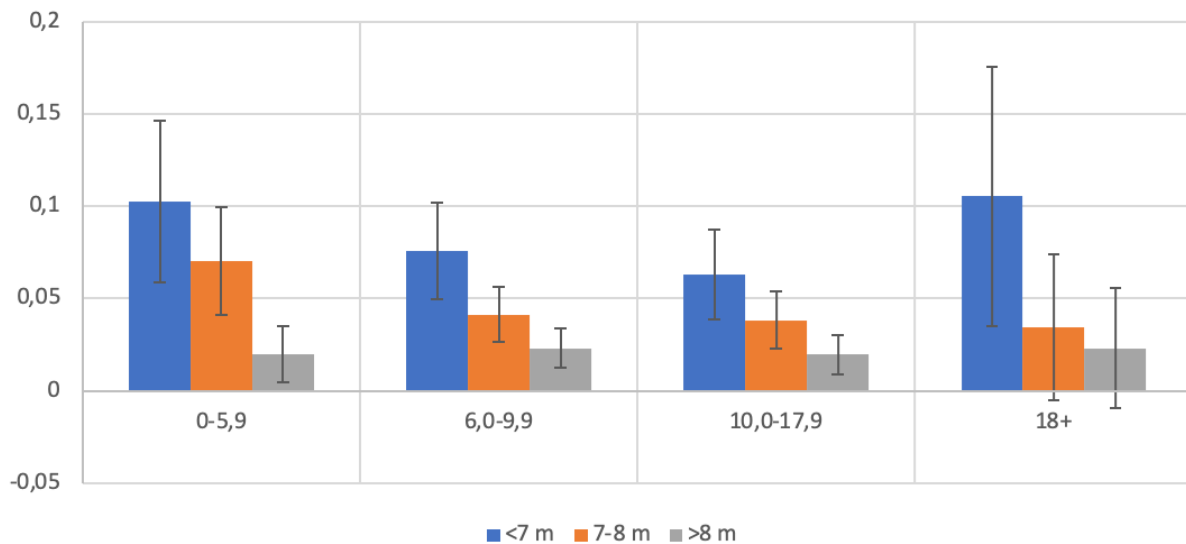
Kategorien smal vegbredde (< 7 m) inneholdt 91 ulykker og 23,6 % av totalt antall kjøretøykilometer. 81 ulykker og 36,4 % av kjøretøykilometerne befant seg i kategorien middels vegbredde (7-8 m). Stor vegbredde (> 8 m) inneholdt 42 ulykker og 40 % kjøretøykilometerne. Resultatene fra denne analysen er vist grafisk i figur 3.

Mellom vegbredde og ulykkesfrekvens var det en tydelig sammenheng uavhengig av spordybde. Risikoen for ulykker gikk ned ved økende vegbredde. Ved middels vegbredde (7-8 m) var ulykkesrisikoen 42,2 % lavere enn ved vegbredde under 7 m. Forskjellen er signifikant med en p-verdi = 0,05. Stor vegbredde (over 8 m) reduserte ulykkesrisikoen med 72,8 % i forhold til vegbredde under 7 m og med 52,9 % i forhold til middels vegbredde. Begge disse reduksjonene er statistisk signifikante med en p-verdi = 0,05.

Ved smal vegbredde var ulykkesfrekvensen 26 % lavere i intervallet 6,0 – 9,9 mm enn ved 0 – 5,9 mm. I intervallet 10,0 – 17,9 mm ble risikoen for ulykker redusert med 38,3 % i forhold til sammenligningsgrunnlaget. Når spordybden ble over 18 mm, økte ulykkesrisikoen med 2,8 % i forhold til referanseverdien, men resultatet i dette intervallet er basert på en liten mengde data.

Trenden i kategorien vegbredde 7 – 8 m var at større spordybde ga lavere ulykkesrisiko. I intervallet 6,0 – 9,9 mm var risikoen for ulykker 41,3 % lavere enn sammenligningsgrunnlaget. For spordybde mellom 10,0 mm og 17,9 mm var reduksjonen 45,6 %. Basert på et lite datagrunnlag var ulykkesrisikoen 51,2 % lavere ved spordybde over 18 mm enn ved 0 – 5,9 mm.

Ved vegbredde over 8 m var det ingen tydelig sammenheng. Ulykkesfrekvensen gikk opp 15 % når spordybden økte fra intervallet 0 – 5,9 mm til 6,0 – 9,9 mm. I intervallet 10,0 – 17,9 mm var ulykkesrisikoen redusert med 1,9 % i forhold til sammenligningsgrunnlaget. Ved spordybde over 18 mm indikerte resultatene at risikoen for ulykker økte med 15,6 % i forhold til referanseverdien.



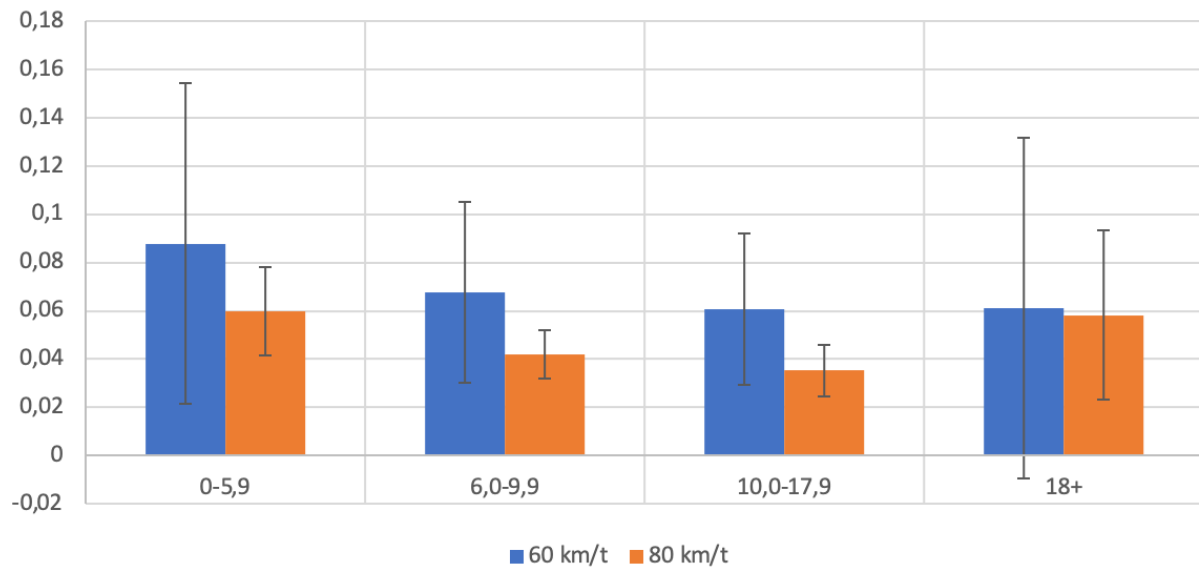
Figur 3: Ulykkesfrekvens i de ulike spordybdeintervallene fordelt etter vegbredde.

3.4 Sammenheng mellom spordybde, fartsgrense og ulykkesfrekvens

På strekninger med fartsgrense 60 km/t hadde det skjedd 38 ulykker fordelt på 568 millioner kjøretøykilometer, mens det var 164 ulykker fordelt på 3724 millioner kjøretøykilometer i kategorien 80 km/t. Resultatene i 60-sonen er forbundet med stor usikkerhet på grunn av lite data. Grafisk fremstilling av resultatene av denne analysen er vist i figur 4.

I 60-sone ble den høyeste ulykkesfrekvensen funnet i intervallet 0 – 5,9 mm. I forhold til referansegrunnlaget ble ulykkesrisikoen redusert med 23,1 % i intervallet 6,0 – 9,9 mm, 30,8 % i intervallet 10,0 – 17,9 mm og 30,5 % når spordybden var over 18 mm. Datagrunnlaget tilhørende denne fartsgrensen var derimot for lite til å kunne konkludere med sikkerhet.

Også i 80-sone var den høyeste ulykkesfrekvensen i intervallet 0 – 5,9 mm. I intervallene 6,0 – 9,9 mm og 10,0 – 17,9 mm ble risikoen for ulykker redusert med henholdsvis 29,9 % og 41 %. For intervallet 10,0 – 17,9 mm ble det regnet ut en tilhørende T-verdi = 2,31. Resultatet kan derfor anslås å være statistisk signifikant. Når spordybden ble over 18 mm, gikk ulykkesfrekvensen opp igjen til 2,6 % lavere enn sammenligningsgrunnlaget. Usikkerheten i dette intervallet er derimot stor.



Figur 4: Ulykkesfrekvens i de ulike spordybdeintervallene i soner med fartsgrense 60 km/t og 80 km/t.

4 Diskusjon

4.1 Sammendrag av resultatene

Hensikten med dette studiet var å undersøke om spordybden kan påvirke ulykkesfrekvensen. Som en del av dette var det også ønskelig å undersøke hvilken effekt spordybden har når den opptrer samtidig med ulike veg-geometriske forhold og hastighetsforhold.

Uavhengig av andre faktorer ble det funnet at større spordybde ga lavere risiko for ulykker. Trenden var gradvis reduksjon når spordybden økte, helt til ulykkesfrekvensen gikk noe opp igjen ved spordybder over 18 mm. Ganske liknende resultater ble også funnet både i 60-sone og i 80-sone. I kurver med både liten og stor kurveradius tydet det på at risikoen for ulykker gikk ned da spordybden ble større, mens på rettstrekker var det mindre sammenheng og utslag. Ved smal og middels vegbredde førte en økning i spordybden til en reduksjon av ulykkesrisikoen. Ved stor vegbredde var det mindre utslag, men resultatene viser en liten økning i ulykkesfrekvensen ved økende spordybde. Det ble funnet tre nedganger i ulykkesrisikoen som muligens er signifikante. Dette inntraff i kurver med liten horisontalradius, i 80 km/t og i analysen uavhengig av andre faktorer, alle tre i intervallet 10,0 – 17,9 mm.

Samtidig viste resultatene at svært store deler av europaveg-, riksveg-, og fylkesvegnettet i gamle Hedmark og Oppland har spordybder under 18 mm. Kun 4,7 % av de analyserte strekningene har spordybde over 18 mm. Henholdsvis 2,6 % og 0,6 % av strekningene overskrider kravene på 20 mm og 25 mm som utløser reasfaltering. Dette medførte lite analyserbare data med store spordybder.

4.1.1 Uavhengig av horisontakurvatur, fartsgrense og vegbredde

Statens vegvesen (2016) hevder at spordannelser i vegen er den viktigste årsaken på store deler av vegnettet til at reasfaltering utføres. De gjeldende kravene til reasfaltering grunnet spordannelse, er til fordi spor i vegbanen blir betraktet som et uønsket og trafikkfarlig problem (Christensen og Ragnøy, 2006). Nedgangen i ulykkesfrekvens ved økende spordybde var derfor et overraskende resultat, til tross for at lignende funn har blitt gjort både på New Zealand og i Sverige (Cenek *et al.*, 2014; Eriksson, 2014). Mamlouk *et al.* (2018) fant en økning i ulykkesfrekvensen i sin studie, men kommenterte også at en eventuell nedgang i ulykkesrisiko kunne forklares av at førere ville senke farten og være spesielt oppmerksomme dersom veien hadde dype spor. Statens vegvesen har tidligere dokumentert en sammenheng mellom spordybde og redusert kjørehastighet. Sammenhengen er derimot funnet ut fra et spinkelt datagrunnlag (Statens vegvesen, 2006).

I denne delen av studien ble det funnet en muligens signifikant nedgang ved spordybde mellom 10,0 – 17,9 mm. Legger en til grunn Statens vegvesens funn om 0,076 km/t redusert kjørehastighet pr mm økende spordybde, vil dette spordybdeintervallet gi en redusert kjørehastighet på 0,76 – 1,37 km/t. Om Statens vegvesens funn stemmer, er det derfor lite trolig at fartsreduksjon primært er årsaken til at ulykkesfrekvensen gikk ned.

Det kan tenkes at fartsreduksjonen vil være avhengig av værforholdene. På en tørr og bar veg kan det gjerne være at en spordybde på 1 – 1,8 cm ikke vil påvirke sjåføren i stor grad. Spordybdene er relativt små og kan derfor være vanskelige å visuelt legge merke til på tørre dager. På regnværsdager eller på vinteren kan derimot vann eller snø ligge igjen i sporene (Statens vegvesen, 2016). Selv om det til dels strider mot Chan *et al.* (2010) sin teori om at sporene blir visuelt vanskeligere å oppdage i mørket eller på regnværsdager, kan det likevel tenkes at kjøreatferden endres avhengig av spordybden i større grad på regnværsdager enn på tørre dager. Spordybdene i studien til Chan *et al.* (2010) er så små at kun en tynn vannfilm vil kunne dannes der, og deres teori gjelder nødvendigvis ikke i dette tilfellet hvor majoriteten av spordybdene er langt større. Dermed kan det tenkes at farten reduseres ytterligere for å unngå vannplaning eller å miste kontroll over kjøretøyet i snøen. Oppmerksomheten vil trolig også øke for å holde kjøretøyet unna sporene under disse forholdene. Dette kan igjen føre til færre ulykker. Dessverre har det ikke blitt tatt hensyn til meteorologiske faktorer i dette studiet. Ei heller har kjøreatferden blitt analysert. Om dette kan ha hatt noen innvirkning er derfor usikkert. Å forske mer på sammenhengen mellom spordybde og kjøreatferd, gjerne også med hensyn til meteorologiske faktorer, kan være et viktig verktøy for å forstå mer av sammenhengen mellom spordybde og risikoen for ulykker.

Til tross for at resultatene viser en isolert lavere risiko for ulykker ved spordybder opp mot 18 mm enn ved ingen spor, kan sporete veg allikevel være indirekte årsak til enkelte ulykker. Dårlig vegdekke med mye spor og humper kan føre til rask og farlig slitasje av dempere og forstilling på kjøretøyene, som igjen kan skape farlige situasjoner og ulykker i følge Sintef-forsker, Dagfinn Moe (Teknisk ukeblad, 2011).

Når kjøretøykilometer blir brukt til å regne ut ulykkesfrekvens som det har blitt gjort i dette studiet, kan korrelasjon mellom ÅDT og spordybde være med på å forstyrre resultatene. Det ble i dette tilfellet regnet ut en korrelasjonskoeffisient på 0,1 mellom ÅDT og spordybde. Altså er korrelasjonen mellom disse ganske svak og det er lite trolig at dette er årsaken til den reduserte ulykkesrisikoen ved større spordybder.

Det er viktig å merke seg at 18 mm, som er nedre grense i intervallet med høyest spordybde i dette studiet, er lavere enn dagens krav for reasfaltering. Resultatene kan indikere at ulykkesfrekvensen går noe opp igjen i dette intervallet, men datagrunnlaget er for lite til å si noe med sikkerhet. Det vil derfor være interessant å undersøke med et større datagrunnlag hvilken effekt spordybde over dagens krav vil påvirke risikoen for ulykker.

4.1.2 Horisontalkurvatur

Chen *et al.* (2020) fant i sin studie at en i større grad mistet kontrollen over kjøretøyet dersom en kjørte med en vinkel inn mot sporet enn hvis en kjørte i sporets lengderetning. Dette kan gjøre spor spesielt farlig i kurver eller dersom sjåføren skal skifte kjørefelt (Chen *et al.*, 2020). I dette studiet ble det funnet at økende spordybde ga redusert ulykkesfrekvens både for kurver med liten kurveradius, stor kurveradius og for rettstrekker. Nedgangen var størst i krappe kurver, og muligens signifikant i intervallet 10,0 – 17,9 mm med en nedgang på 60,4 %. Nedgangen i ulykkesfrekvens i slake kurver var også større enn på rettstrekker. Om en legger studien til Chen *et al.* (2020) til grunn, burde en anta at ulykkesfrekvensen hadde økt i takt med økende spordybde i kombinasjon med kurver i større grad enn i kombinasjon med rettstrekker. Isolert sett bør også kombinasjonen av to faktorer som blir regnet for å gjøre kjøringen mer krevende, føre til større risiko for ulykker. Sannsynligheten er derfor stor for at en nedgang i ulykkesfrekvensen kan skyldes endret kjøreatferd. Det tyder på at dersom flere ugunstige faktorer opptrer samtidig, så vil også sjåførene bli mer oppmerksomme og senke farten i større grad enn hvis det kun hadde vært en krappe kurve.

Masteroppgaven til Haugvik (2016) sier at spor kan påvirke hvilket tverrfall kjøretøyet opplever i forhold til hvordan tverrfallet i kjørebanelen faktisk er. Dersom ett av hjulene er utenfor sporet mens det andre er nedi, kan dette føre til større eller mindre opplevd tverrfall. Med kun hjulet som befinner seg mot innsiden av kurven utenfor sporet, vil tverrfallet reduseres. På samme måte vil tverrfallet økes dersom kun hjulet som befinner seg mot utsiden av kurven ligger utenfor sporet. Samme effekt kan inntreffe dersom hjulene ruller langs kantene i sporet, da disse kantene vil ha en annen vinkel enn selve kjørefeltet (Haugvik, 2016). Hvorvidt dette har påvirket resultatene er usikkert. Det ville krevd langt grundigere analyser å undersøke.

Eriksson (2014) forklarer i sin studie at risikoen for vannplaning i sporene blir redusert i kurver som er krappe nok til at tverrfallet er stort. I slike kurver vil tverrfallet sørge for at vannet kan bli drenert bort i større grad enn på rettstrekker. Dette kan medføre at ulykkesrisikoen delvis kan utjevnes mellom krappe kurver og rettstrekker når spordybden blir stor. Utjevningen bør da primært skje fordi ulykkesfrekvensen går opp på rettstrekker, hvor vannet kan samle seg i sporene. En utjevning oppstod i denne studien, men denne utjevningen skyldes at ulykkesfrekvensen ble kraftig redusert når spordybden økte i krappe kurver. Ettersom det ikke er tatt hensyn til værdata i denne studien, er det vanskelig å fastslå denne faktorens effekt her.

4.1.3 Vegbredde

Når vegen er smal, vil distansen til møtende kjøretøy eller vegkanten være liten. Derfor vil en ha mindre plass og dårligere tid til å gjenvinne kontroll over kjøretøyet dersom en har mistet kontrollen enn det en har på en bred veg. Om dette faktum legges til grunn, er forventningen at ulykkesfrekvensen vil øke mer ved økende spordybde på smale veger enn på brede veger. I denne studien viste resultatene det motsatte; ulykkesfrekvensen

gikk ned ved økende spordybde for smal og middels vegbredde, mens det var tendenser til økning for vegbredde over 8 m. Dette funnet, sett sammen med funnene fra horisontalkurvaturen, kan underbygge teorien om at sjåfører blir ekstra oppmerksomme og forsiktige dersom to ugunstige vegfaktorer opptrer samtidig. Antydningene til økt ulykkesrisiko ved stor spordybde i kombinasjon med brede veger kan muligens forklares av samme teori. For smale veger kan begge disse to faktorene bidra til å øke sjåførenes forsiktighet. På en bred veg kan dette bli to faktorer som jobber mot hverandre. Dette kan medføre at forsiktigheten til sjåførene ikke er tilstrekkelig når spordybden blir stor, fordi vegen er bred. Det er viktig å påpeke at ulykkesrisikoen på brede veger var lavere enn for smalere veger uansett spordybde. Kombinasjonen av liten vegbredde og stor spordybde ga høyere ulykkesfrekvens enn stor vegbredde og stor spordybde, men forskjellene var langt større mellom de to vegbreddene uten spor.

4.1.4 Fartsgrense

I følge Guo, Zou og Zang (2014) sin studie, kan betydningen av vanddybden i sporene nærmest neglisjeres ved kjørehastigheter under 60 km/t. Hastigheten vil her være så lav at hjulene får tilstrekkelig kontakt med vegdekket. Blir hastighetene over 80 km/t vil vanddybden i sporet ha stor betydning for trafikksikkerheten (Guo, Zou og Zang, 2014). Resultatene avhengig av fartsgrense i denne studien er usikre, men det var antydninger til en noe større nedgang i ulykkesfrekvensen på strekninger med fartsgrense 80 km/t enn med fartsgrense 60 km/t når spordybden øker. Værfaktorer har derimot ikke blitt tatt hensyn til. Ulykkesfrekvensen var også generelt høyere i 60-sone enn i 80-sone for alle spordybder. Med bakgrunn i studien til Guo, Zou og Zang (2014), var resultatene overraskende.

Grunnet for lite data i 70- og 90-sone, var det kun strekninger med fartsgrense 60 km/t og 80 km/t som ble analysert. Innenfor begge disse fartsgrensene ble ulykkesfrekvensen redusert ved økende spordybde. Den største nedgangen skjedde i 80-sone, med unntak av for spordybde over 18 mm basert på spinkelt datagrunnlag. Nedgangen på 41 % i forhold til sammenligningsgrunnlaget i intervallet 10,0 – 17,9 mm i 80-sone er muligens signifikant. Om en legger studien til Chen *et al.* (2020) til grunn, ville en forvente en større økning i ulykkesrisikoen ved økende spordybde i 80-sone enn i 60-sone. Dette fordi høyere hastigheter ga større utslag på bilens framhjul ved kjøring i spor enn ved lavere hastigheter. At resultatene i denne studien viste det motsatte, er nok en indikasjon på at føreratferden endres i større grad dersom for store ulemper inntreffer. Behovet for å redusere farten for å beholde kontrollen over kjøretøyet når spordybden nærmer seg 18 mm kan være større når fartsgrensen er 80 km/t enn 60 km/t.

Høyere fartsgrense medfører gjerne bredere veger. Prosentandelen med strekninger over 8 m var 19 % i 80-sone og 11 % i 60-sone. Med bakgrunn i at ulykkesfrekvensen gikk noe opp med bred vegbredde, kan det indikere at nedgangen i ulykkesrisikoen kunne vært enda større innenfor 80-sonen i forhold til 60-sonen om dette hadde blitt tatt hensyn til.

4.2 Styrker og begrensninger

Denne studien har flere begrensninger og mulige feilkilder.

Datagrunnlaget burde vært større for å få mindre usikkerhet i resultatene. Spesielt vegstrekninger med spordybde over 18 mm var mangelfullt. To måter å kunne øke datamengden på er å utvide analyseområdet eller å utvide analyseperioden. Å utvide analyseperioden ville vært lite tidkrevende. Samtidig ville dette igjen forsterke en

eksisterende feilkilde i form av større variasjon mellom spormålingsdato og ulykkesdato. Ettersom spordybden endres med tiden, var det ikke ønskelig med en lengre analyseperiode enn tre år. Spormålingene var i hovedsak utført høsten 2019. Om en legger beregningene til Statens vegvesen (2006) til grunn, bør sporene på de fleste strekningene maksimalt ha blitt 4,5 mm dypere i løpet av hele analyseperioden, avhengig av ÅDT. Forutsatt at ulykkene er jevnt spredt utover analyseperioden kan en derfor forvente at målt spordybde er 2,25 mm høyere enn det den var på ulykkestidspunktet. Ideelt sett hadde analyseperioden strekt seg over en enda kortere periode, men dette ville krevd et svært stort analyseområde. Å utvide analyseområdet ville vært mer tidkrevende og ført til en overskredet arbeidsmengde til en masteroppgave. Samtidig kunne dette gitt mindre homogene veier grunnet ulikt klima og topografi.

Som tidligere drøftet kan værforholdene muligens ha stor innvirkning på spordybden betydning for trafiksikkerheten. Det er derfor en svakhet at denne studien ikke har tatt hensyn til slike meteorologiske faktorer. Heller ikke har studien sett på skadegraden av ulykkene. Derfor kan det ikke sies om spordybden i størst grad påvirker frekvensen av alvorlige eller mindre alvorlige ulykker. Samtidig har studien sett på effekten av spordybde i kombinasjon med flere andre veg-geometriske variabler, ikke bare sammenheng mellom spordybde og ulykkesrisiko på generelt grunnlag. Dette kan gi nyttig informasjon om i hvilke deler av vegnettet spordybde kan være kritisk eller mindre kritisk.

I datasettene til NVDB har hver enkelt ulykke et gitt ulykkespunkt som i denne analysen har blitt koblet opp mot en enkelt spormåling. Spormålingen gjelder for en vegstrekning på 20 meter. Når en ulykke oppstår, kan bilen ha forflyttet seg langt fra der sjåføren mistet kontrollen til det punktet som blir oppført som ulykkespunkt. Dermed kan årsaken til ulykken ha vært i en annen 20-metersparsell med en annen spordybde enn den som ulykken har blitt koblet opp mot.

Denne studien har kun brukt en metode for beregning av ulykkesfrekvensen. Det finnes flere ulike måter å gjøre en slik analyse på. Muligens kunne en annen analysemetode gitt et annet resultat.

5 Konklusjon og videre forskning

Basert på funnene i denne studien er konklusjonen at spordybde mellom 10 mm og 18 mm gir redusert risiko for ulykker i 80-sone, i kurver med horisontalradius < 450 m og uavhengig av andre vegfaktorer. Resultatene indikerer også at risikoen for ulykker reduseres mest når spordybde mellom 10 mm og 18 mm inntreffer samtidig som andre ugunstige vegfaktorer som krappe svinger eller smale veier. Når økt spordybde inntreffer sammen med mer gunstige vegfaktorer som bred veg eller rette vegstrekninger kan det medføre en liten økning av ulykkesfrekvensen eller en mindre reduksjon. Det kan også konkluderes med at svært lite av europaveg-, riksveg-, og fylkesvegnettet i gamle Hedmark og Oppland har spordybde over 18 mm. Grunnet mangelen på data med større spordybde enn dette, gir ikke denne studien svar på hvordan ulykkesfrekvensen påvirkes av store spordybder.

Som tidligere nevnt er det flere studier som har undersøkt sammenhengen mellom spordybde og ulykkesrisiko med svært varierende konklusjoner. Det virker derimot ikke som det har blitt gjort mye forskning på hvorfor stor spordybde enkelte ganger kan føre til høyere ulykkesfrekvens og andre ganger lavere ulykkesfrekvens. Mer forskning på hvordan spor påvirker kjøreatferden kan gi nyttig informasjon om hvordan ulykker kan unngås. Helst bør dette også undersøkes med hensyn på værfaktorer.

Referanseliste

- Cenek, P. D. *et al.* (2014) *The relationship between crash rates and rutting*. NZ Transport Agency. Research report 545. Tilgjengelig fra: <http://www.nzta.govt.nz/resources/research/reports/545/>.
- Chan, C. Y. *et al.* (2010) *Investigating effects of asphalt pavement conditions on traffic accidents in Tennessee based on the pavement managementsystem (PMS)*. JOURNAL OF ADVANCED TRANSPORTATION 2010; 44: 150–161. Tilgjengelig fra: DOI: 10.1002/atr.129.
- Chen, L. *et al.* (2020) *Determination of Allowable Rutting Depth Based on Driving Safety Analysis*. American Society of Civil Engineering. Journal of Transportation Engineering, part B: Pavements. Volume 146. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000180>.
- Christensen, P. og Ragnøy, A. (2006) *Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet. Betydningen av spordybde, ujevnheter og endringer i tverrfall for ulykkesrisikoen*. (TIØ-rapport 840/2006). Transportøkonomisk institutt. Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=4696>.
- Elvik, R. (2016) *Trafikksikkerhetshåndboken, delkapittel 2.2: Beskrivelse av trafikksikkerhetstiltak og virkninger*. Transportøkonomisk institutt. Tilgjengelig fra: <https://www.tshandbok.no/del-2/2-vegvedlikehold/doc640/>.
- Eriksson, O. (2014) *Olycksrisk vid lokala ojämnheter och andra ytdefekter*. VTI Rapport 811. Tilgjengelig fra: <http://vti.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A715094&dswid=-3903>.
- Guo, X. X., Zou, B. W. og Zang, C. (2014) *Analysis of Rutting Index for Pavement Maintenance based on Driving Safety on Surface Gathered Water Consideration*. 14th COTA International Conference of Transportation Professionals: Changsha , China. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1061/9780784413623.087>.
- Haugvik, E. S. (2016) *Hvordan påvirkes ulykkesfrekvensen av ugunstig tverrfall*. Masteroppgave, NTNU. Tilgjengelig fra: <http://hdl.handle.net/11250/2409932>.
- Mamlouk, M. *et al.* (2018) *Effects of the International Roughness Index and Rut Depth on Crash Rates*. National Academy of Sciences: Transportation Research Board. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1177/0361198118781137>.
- Statens vegvesen (2006) *Samfunnsmessige konsekvenser av ulikt innsatsnivå i drift og vedlikehold. Veg-og ferjerapport Nr 1 – 2006*. Tilgjengelig fra: [http://www2.sjf.no/sff/k2pub.nsf/viewAttachments/C1256B3B0048DA1DC1257A05003ABAA0/\\$FILE/12035519.PDF](http://www2.sjf.no/sff/k2pub.nsf/viewAttachments/C1256B3B0048DA1DC1257A05003ABAA0/$FILE/12035519.PDF).
- Statens vegvesen (2014a) *Håndbok R610: Standard for drift og vedlikehold av riksveger*. Vegdirektoratet. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/61430/binary/964067.
- Statens vegvesen (2014b) *Håndbok V723: Analyse av ulykkessteder*. Vegdirektoratet. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/61433/binary/964066.
- Statens vegvesen (2016) *Lærebok vegteknologi*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/1431251/binary/1120246?fast_title=SVV+rappport+626+L%C3%A6rebok+Vegteknologi.pdf.
- Statens vegvesen (2018a) *Nasjonal tiltaksplan for trafikksikkerhet på veg 2018-2021*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/2188830/binary/1239906?fast_title=Nasjonal+tiltaksplan+for+trafikksikkerhet+p%C3%A5+veg+2018%E2%80%932021.pdf.
- Statens vegvesen (2018b) *Spor, ujevnheter og tverrfall*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/vegteknologi/Tilstandsregistrering-pa-veg/spor-ujevnheter-og-tverrfall> (Hentet: 29.04.2021).

Statens vegvesen (2020) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken i 2019*.

Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/3028829/binary/1376245?fast_title=Dybdeanalyser+av+dødsulykker+i+vegtrafikken+2019.pdf.

Statistisk sentralbyrå (u.å) *Trafikkulykker med personskade*. Tilgjengelig fra:

<https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/vtu/aar>.

Sund, E. K. (2019) *Tilstandskartlegging/ bruk av tilstandsdata*. Intnsivkurs Vegteknologi, Trondheim 12.-13.nov 2019 Statens vegvesen,. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/2867635/binary/1353204?fast_title=Tilstandskartlegging.+Even+Sund+%285+MB%29.pdf (Hentet: 29.04.2021).

Teknisk ukeblad (2011) *Motorvei er sikrest*. Truls Tunmo, Teknisk ukeblad. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/motorveier-er-sikrest/247387> (Hentet:

30.05.2021).

Vedlegg

Vedlegg 1: Liste over inkluderte veier

Vedlegg 1

Under følger en komplett liste over veiene som dannet grunnlaget for analysen. Lengder er opprinnelige lengder før de ulike kriteriene er tatt hensyn til.

Gamle Hedmark		Gamle Oppland	
Vegnummer	Lengde (km)	Vegnummer	Lengde (km)
E16	72,5	E6	217
Rv 2	132	E16	184
Rv 3	276,5	E136	61
Rv25	116	Rv 4	102
Fv 21	25	Rv 15	136
Fv 24	67,5	Fv 33	115
Fv 26	207,5	Fv 34	55,5
Fv 30	146,5	Fv 51	146,5
Fv 175	30	Fv 213	9
Fv 205	15	Fv 216	8,5
Fv 206	37	Fv 240	24
Fv 209	32	Fv 241	15
Fv 210	93	Fv 246	15
Fv 212	12,5	Fv 250	46
Fv 213	48	Fv 254	19
Fv 216	38,5	Fv 255	108,5
	1349,5		1262

