

Analyse av data relatert til friksjonsmålinger og ulykkesfrekvens ved to veistrekninger i Oslo i perioden 2001-2009

**Notatnr
Forfattere**

**SAMBA/15/10
Magne Aldrin
Ragnar Bang Huseby**

Dato

26. mars 2010

Norsk Regnesentral

Norsk Regnesentral (NR) er en privat, uavhengig stiftelse som utfører oppdragsforskning for bedrifter og det offentlige i det norske og internasjonale markedet. NR ble etablert i 1952 og har kontorer i Informatikkbygningen ved Universitetet i Oslo. NR er et av Europas største miljøer innen anvendt statistikk. Det jobbes med svært mange forskjellige problemstillinger slik som estimering av torskebestanden, finansiell risiko, beskrivelse av geologien i petroleumsreservoarer og overvåking av klimaendringer. NR er også ledende i Norge innen utvalgte deler av informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Problemstillinger kan være å overvåke inntrengning i datasystemer, e-læring i skole og næringsliv, bruk av datateknologi i markedsanalyser samt anvendelser av multimedia på forskjellige plattformer. NRs visjon er forskningsresultater som brukes og synes.

Tittel **Statistisk multivariabel analyse av data relatert til friksjonsmålinger og ulykkesfrekvens i Oslo i perioden 2001-2009**

Forfattere **Magne Aldrin** <magne.aldrin@nr.no>
Ragnar Bang Huseby <ragnar.huseby@nr.no>

Dato 26. mars 2010

Publikasjonsnummer SAMBA/15/10

Sammendrag

I denne rapporten modellerer vi hvordan friksjon ved to delstrekninger av Riksvei 161 (Kirkeveien) og Riksvei 168 (Sørkedalsveien) avhenger av andre variabler som trafikkvolum, hastighet, meteorologi og veitilstand. Videre modellerer vi hvordan ulykkesfrekvens ved de samme strekningene avhenger av trafikkvolum, hastighet, meteorologi og friksjon. Analysene er basert på data fra perioden 2001-2009 eller deler av denne tidsperioden. Analysen er utført på oppdrag av Statens vegvesen Vegdirektoratet som en del av STANDAM-prosjektet.

Friksjonen bedres ved økende trafikkvolum, gjennomsnittshastighet, frysepunkt og solinnstråling, mens friksjonen forverres ved snødekke på veien.

Når det gjelder ulykkesfrekvens, er det eneste systematiske trekk at antall ulykker øker når det er mer trafikk, hvilket er opplagt. I de foreliggende data er det for få observasjoner (dvs. ulykker) til at det er mulig å tallfeste effekter av vær og føreforhold.

Emneord friksjon, ulykker, regresjon

Målgruppe

Tilgjengelighet Åpen

Prosjekt STANDAM

Prosjektnummer 220433

Satsningsområde Miljø, marin og helse

Antall sider 21

Copyright © 2010 Norsk Regnesentral

Innhold

1	Introduksjon	7
2	Data	9
2.1	Veistrekninger	9
2.2	Meteorologi fra Blindern og Valle Hovin	10
2.3	Meteorologi og veitilstand fra klimastasjoner ved veistrekningene	11
2.4	Trafikk	11
2.5	Friksjonsdata	11
2.6	Ulykkesdata	12
3	Friksjon	13
3.1	Friksjonsprofiler	13
3.2	Friksjon som funksjon av trafikk, meteorologi og veitilstand	15
3.3	Modell	16
4	Ulykkesfrekvens som funksjon av trafikk, meteorologi og friksjon	19

1 Introduksjon

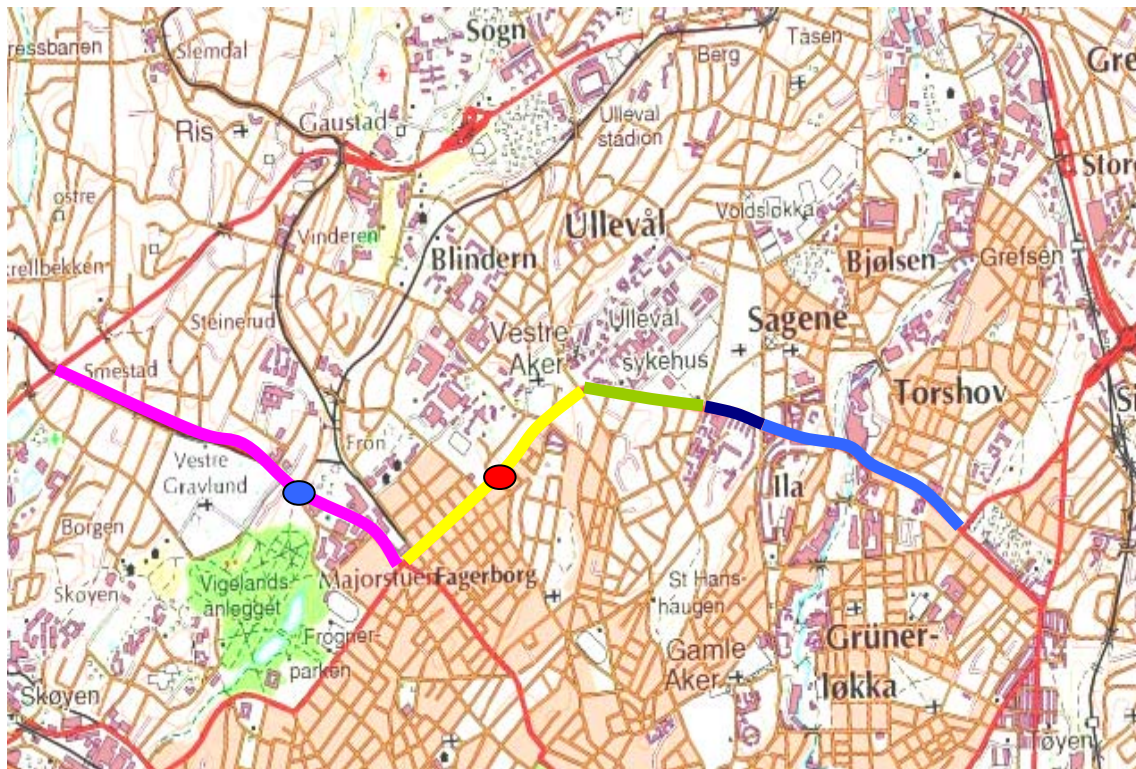
Arbeidet som beskrives i dette notatet, er utført som en del av prosjektet "STANDAM - Statistisk multivariabel analyse av bl. a. målte luftkvalitets-, trafikk-, vær-, ulykkes-, friksjons- og vinterdriftsparametre fra Oslo i perioden 2001-2009". Målet med dette arbeidet har vært todelt: i) å modellere friksjon ved to veistrekninger i Oslo som funksjon av andre variable som trafikkvolum, hastighet, meteorologi og veitilstand. Hensikten er både å gi grunnlag for forståelse for hvilke variable som har betydning for friksjon, og å undersøke om friksjon kan predikeres fra andre variable for dermed å kunne predikere behov for friksjon-søkende tiltak. ii) å modellere ulykkesfrekvens ved de samme to veistrekningene som en funksjon av trafikkvolum, meteorologi, friksjonsforhold og andre variable som beskriver veitilstanden.

2 Data

2.1 Veistrekninger

I dette notatet studerer vi to veistrekninger, en strekning på riksvei 161 og en strekning på riksvei 168. Den første, som heretter blir omtalt som RV 161, er markert med blått (Markus Thranes gate), mørkeblått (Griffenfeldts gate), grønt (Kirkeveien øvre) og gult (Kirkeveien nedre) på kartet i figur 2.1, mens den andre, omtalt som RV 168, er markert med rosa (Sørkedalsveien). Når det gjelder friksjon, definerer vi strekninga langs RV 161 fra Uelands gate til Majorstua som en felles strekning. Når det gjelder ulykker, definerer vi strekninga langs RV 161 fra Fagerheimsgata til Majorstua som en felles strekning. I begge tilfeller bruker vi betegnelsen RV 161 eller Kirkeveien på hele strekninga.

For RV 168 defineres strekninga fra Majorstua til Smestad som en felles strekning både for friksjon og ulykker. Vi betegner denne strekninga med Sørkedalsveien eller RV 168.



Figur 2.1. Veistrekninger.

2.2 Meteorologi fra Blindern og Valle Hovin

I dette prosjektet har vi benyttet meteorologiske data fra Blindern og Valle Hovin. Målingene er fra perioden f.o.m. 1. januar 2001 t.o.m. 20. april 2009. Fra Blindern har vi observasjoner helt fram t.o.m. 27. april 2009. Følgende meteorologiske variable er benyttet i analysen beskrevet i dette notatet.

- Regn (mm)
- Snø (mm)
- Relativ fuktighet (%)
- Lufttemperatur (grader Celcius)

Tidsoppløsningen er en time. Når det gjelder relativ fuktighet og lufttemperatur, har vi så langt det er mulig brukt observasjonene fra Blindern. For de timene vi mangler data, har vi benyttet data fra Valle Hovin til å predikere relativ fuktighet og lufttemperatur på Blindern. Dette er gjort ved at vi estimert hver av de to variablene på Blindern som en lineær funksjon av den tilsvarende variabelen på Valle Hovin. Når det gjelder regn og snø, har vi kombinert nedbørmålingene på Valle Hovin med lufttemperatur fra Blindern og har antatt at det har vært snø når temperaturen har vært under null grader, og regn ellers. Ingen av dataseriene er

helt komplette. Vi mangler blant annet nedbørobservasjoner fra Valle Hovin i perioden f.o.m. mars 2002 t.o.m. juli 2003 og har derfor heller ikke regn eller snø fra denne perioden.

2.3 Meteorologi og veitilstand fra klimastasjoner ved veistrekningene

Følgende størrelser er målt ved en klimastasjon på hver av de ulike veistrekningene (RV 161 og RV 168).

- Regnfall (mm)
- Snødekke (0/1)
- Indikator for våt/tørr veibane (0/1)
- Relativ fuktighet (%)
- Veitemperatur (grader Celsius)
- Frysepunkt (grader Celsius)
- Solinnstråling (kW/m²)

Målingene er gjort ca hvert tiende minutt, men vi aggregerer disse til timesoppløsning ved å ta gjennomsnittet over målingene i samme time. Fra RV 161 har vi data f.o.m. oktober 2005 t.o.m. april 2009. Fra RV 168 har vi data f.o.m. oktober 2005 t.o.m. mai 2008. Vi mangler imidlertid (stort sett) observasjoner fra månedene juni, juli, august og september.

2.4 Trafikk

Vi har registrert antall biler (trafikkvolum) og gjennomsnittsfart hver time ved ulike veistasjoner. I denne analysen brukes data fra Vøyen Bru på RV 161 siden disse dataene er mest omfattende. Fra denne stasjonen har vi observasjoner f.o.m. januar 2001 t.o.m. mars 2009. Trafikkregistreringene er opprinnelig registrert for hvert av fire felt, to i hver kjøreretning. For friksjonsanalysene presentert i neste kapittel er trafikkvolum og hastighet aggregert til gjennomsnittssall per kjøreretning, mens for ulykkesanalysene er de aggregert til gjennomsnitt over alle fire felt.

2.5 Friksjonsdata

Vi har friksjonsdata f.o.m. januar 2002 og t.o.m. mars 2009. I dette studiet har det vært hensiktsmessig å bruke friksjonsmålinger som er angitt med klokkeid, siden de fleste aktuelle forklaringsvariablene varierer fra time til time. Klokkeid er

ikke oppgitt i den første delen av dataperioden, som varer t.o.m. vinteren 2004. Vi har derfor kun brukt friksjonsdata fra sesongen 2004/2005 og seinere. Dette innebærer ikke noen innskrenkning av tilgjengelige data for friksjonmodeller hvor målinger fra veistasjonene inngår, da disse som nevnt over, kun finnes fra og med oktober 2005.

Friksjonsmålingene foregår ved at en bil kjører de aktuelle strekningene og registrerer friksjon hver 10. meter. For hver tur har vi beregnet gjennomsnittsfriksjon for hver av de to strekningene (RV 161 og RV 168). Noen ganger kjøres det i begge retninger. Vi beregner da gjennomsnittsfriksjon for hver retning for seg og regner det som to observasjoner eller turer. En oversikt over antall observasjoner finnes i tabell 2.1. En sesong starter 1. juli og varer ut juni året etter. Friksjonsmålingene er imidlertid bare fra vintermånedene.

Tabell 2.1. Antall turer med friksjonsmålinger.

Sesong	RV 161 fra Carl Berner mot Majorstua	RV 161 fra Majorstua mot Carl Berner	RV 168 fra Majorstua mot Smestad	RV 168 fra Smestad mot Majorstua
2004/2005	34	28	32	26
2005/2006	38	36	39	36
2006/2007	37	34	36	31
2007/2008	2	0	12	4
2008/2009	20	3	20	5

2.6 Ulykkesdata

Vi har registrert trafikkulykkene på de to veistrekningene (RV 161 og RV 168) i perioden f.o.m. januar 2001 t.o.m. juni 2009. På RV 161 og RV 168 var det henholdsvis 204 og 62 ulykker i denne perioden. Ulykkene er registrert i tid med times nøyaktighet.

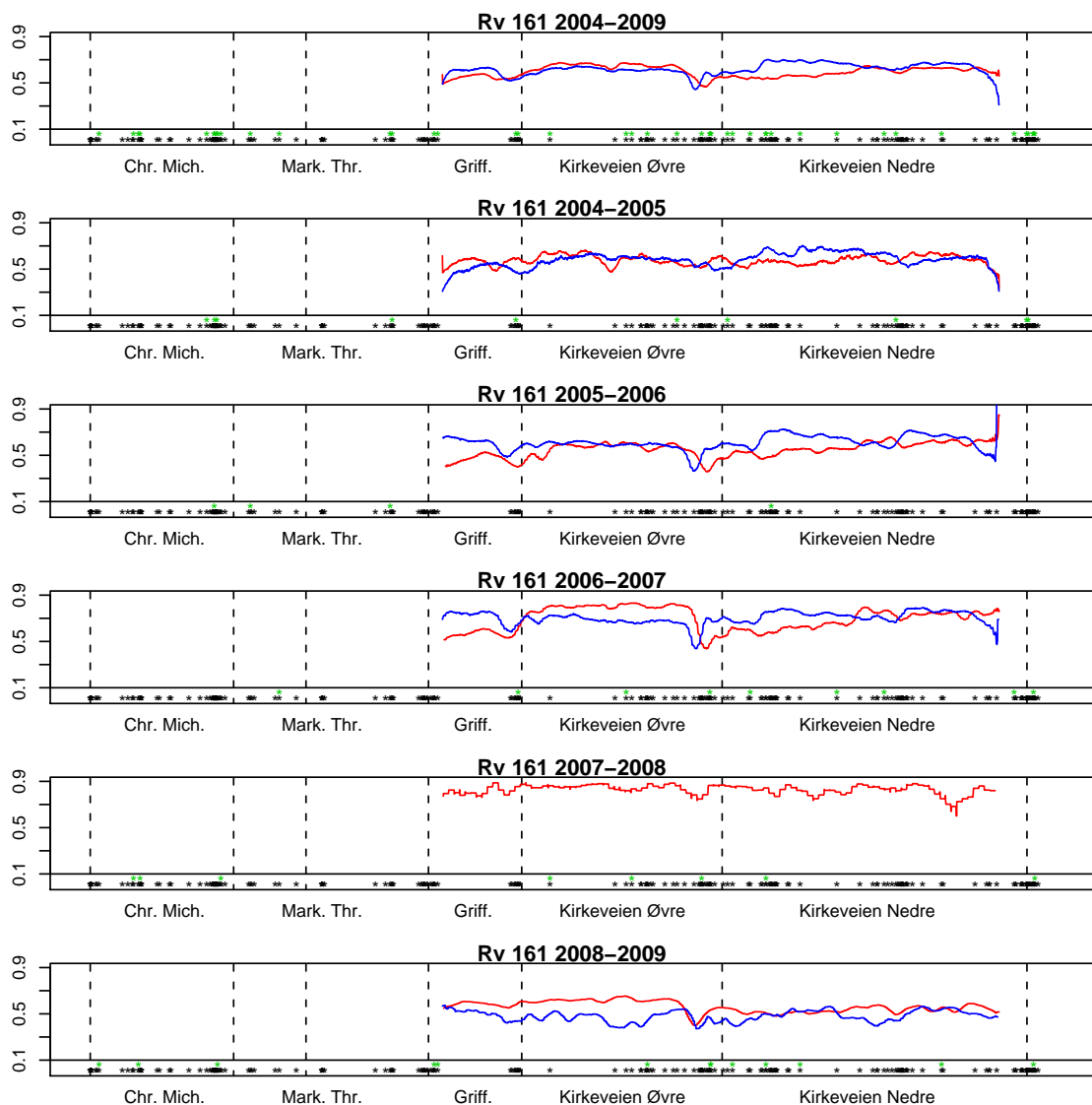
3 Friksjon

3.1 Friksjonsprofiler

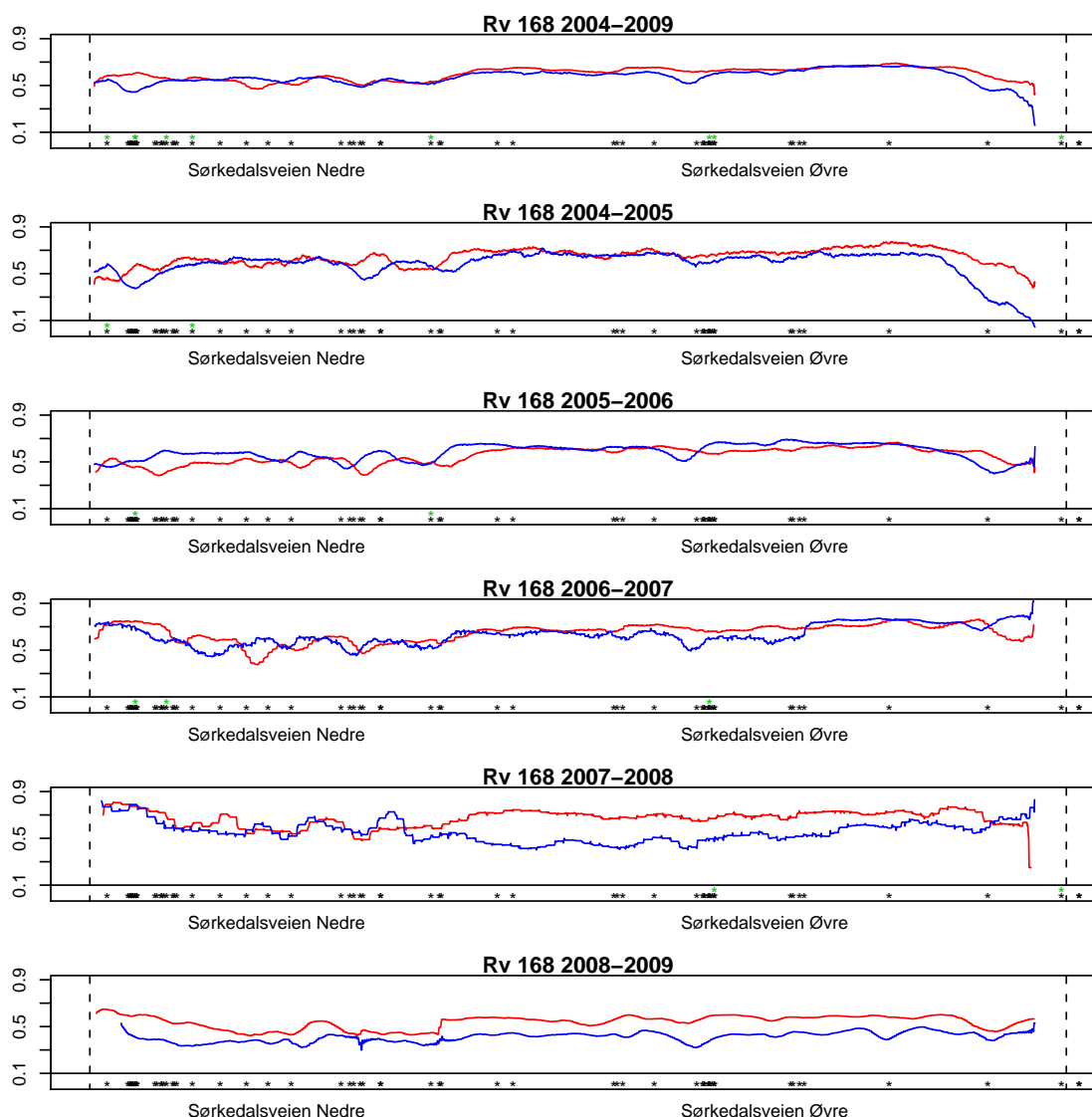
I figur 3.1 og figur 3.2 vises et gjennomsnitt (over alle turer i en sesong) av friksjonen for den aktuelle dataperioden og de ulike vintersesongene, midlet over hver 40-ende meter.

Det er noen forskjeller mellom de ulike sesongene. F. eks. er friksjonen for delstrekninga Kirkeveien øvre i 2006/2007-sesongen høyere i retning fra Carl Berner (rød kurve) enn mot Carl Berner (blå kurve), hvilket ikke er tilfelle de foregående åra. Forskjellen mellom de to kjøreretningene i sesongene 2007/2008 og 2008/2009 skyldes at det er langt flere turer i den ene retninga (rød kurve) enn den andre, og at disse derfor ikke er sammenlignbare.

Lokalt er det partier med lavere friksjonsmålinger. Dette kan være relatert til oppstart ved kryss og passering av trikkeskinner, og skyldes derfor muligens måletekniske problemer framfor at det er systematisk lavere friksjon i disse partiene. Når vi aggregerer til gjennomsnittsfriksjon over en strekning, har dette uansett liten betydning.



Figur 3.1. Friksjonsmålinger og ulykker, RV 161. Rød kurve: Fra Carl Berners plass mot Majorstua. Blå kurve: Fra Majorstua mot Carl Berners plass. Svarte stjerner i underkant: Posisjon for alle ulykker mellom 2001 og 2009. Grønne stjerner i underkant: Posisjon for ulykker i månedene november-mars i samme sesong som angitt i det enkelte panel. De vertikale linjene angir fra venstre mot høyre: Fagerheims gt., Vogts gt., Vøyen bru, Uelands gt., Geitmyrsvn., Sognsvn., Valkyrie gt. (Majorstua).



Figur 3.2. Friksjonsmålinger og ulykker, RV 168. Rød kurve: Fra Majorstua mot Smestad mot Majorstua. Blå kurve: Fra Smestad mot Majorstua. Svarte stjerner i underkant: Posisjon for alle ulykker mellom 2001 og 2009. Grønne stjerner i underkant: Posisjon for ulykker i månedene november-mars i samme sesong som angitt i det enkelte panel. De to vertikale linjene angir Majorstua (venstre) og Smestad (høyre)

3.2 Friksjon som funksjon av trafikk, meteorologi og veitilstand

Vi har aggregert friksjonsmålingene til en observasjon for hver veistrekning for hver kjøretur med målinger. Denne observasjonen beregnes ved å midle friksjonsmålingene over den aktuelle veistrekning; fra Uelands gate til Majorstua for RV 161 og fra Majorstua til Smestad for RV 168. Tidspunktene til observasjonene angis med timesoppløsning.

3.3 Modell

Vi har valgt å modellere friksjonen μ_t ved tidspunktet t som en lineær funksjon av ulike forklaringsvariable $x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{n,t}$. Dvs

$$\mu_t = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_{i,t} + \epsilon_t, \quad (3.1)$$

der ϵ_t er avviket mellom sann verdi og modellen. Vi har tatt utgangspunkt i forklaringsvariablene som beskriver meteorologi, veitilstand og trafikk fra veistasjonene. Når det gjelder trafikkvolum og hastighet, benyttet vi observasjoner fra samme retning av veien som friksjonen og tok med gjennomsnittet av de to målingene i samme time og timen før friksjonsmålingen. Data fra klimastasjonene i og ved veibanen fra RV 161 og RV 168 har opprinnelig ti-minuttersoppløsning. Vi har aggregert disse til timesoppløsning ved å beregne gjennomsnittet av de ulike observasjonene i hver time.

Fordi friksjonen ut fra plottene over så ut til å variere systematisk fra sesong til sesong, tok vi i tillegg med indikatorer for de sesongene vi hadde data fra. Vi har deretter fjernet variable som ikke var signifikante for noen av veistrekningene. Dette resulterte i en modell med sesongindikatorer, trafikkvolum, gjennomsnittsfart, snødekke, frysepunkt og solinnstråling. Estimaten av de ulike koeffisientene er angitt i tabell 3.1 for RV 161 og tabell 3.2 for RV 168. De er basert på henholdsvis 154 og 137 observasjoner (Det finnes ikke målinger fra klimastasjonen ved RV 168 for sesongen 2008/2009). Modellen for RV 161 har en forklaringsgrad (R^2) på 62 %, mens forklaringsgraden for modellen for RV 168 er på 76 %. Snødekke er den variabel med klareste betydning, snødekke målt ved aktuelle veien gir signifikant lavere friksjon for begge veier. Videre ser friksjonen ut til å øke med økende trafikkvolum (signifikant for RV 161), med økende hastighet (signifikant for begge veier), med økende frysepunkt (signifikant for RV 161) og med økende solinnstråling (signifikant for RV 168).

Vi estimerte også en modell der meteorologiske data fra Blindern og Valle Hovin erstattet tilsvarende dataene fra de enkelte veistrekningene, men dette ga en dårligere tilpasning.

Vi er interessert i om friksjon ved en strekning kan predikeres ved hjelp av andre variable, som en automatisk vurdering av behovet for friksjonsøkende tiltak. For å undersøke dette har vi beregnet prediksjonsgodhet for ulike prediksjonsmodeller. Prediksjonsgodhet måles her som kvadratrot av gjennomsnittet av de kvadrerte prediksjonfeilene (RMSE, root mean squared error), som blir lik standardavviket til feilene når gjennomsnittlig feil er 0. En prediksjon vil kunne bestå av en predikert verdi og et 95 % prediksjonsintervall som er ± 2 ganger RMSE. Ved kun å bruke et kontantledd (alltid samme prediksjon) er RMSE omkring 0.2

for de to strekningene, se Tabell 3.3. Det vil si at prediksjonintervallet har bredde ± 0.4 , noe som er svært vidt. Dette halveres imidlertid ved å bruke de estimerte modellene. F. eks kan friksjon predikeres til å være 0.25 ± 0.2 , altså mellom 0.05 og 0.45. Om dette er presist nok til å være nyttig i praksis, får andre bedømme.

Vi har videre undersøkt hvor stor prediksjonfeilen blir ved å bruke friksjonsmålinger fra den ene strekninga til å predikere friksjonen på den andre strekninga. Dette sier noe om hvor representativ friksjonsmålinger ved en veistrekning er for friksjonen på en annen, nærliggende veistrekning. Prediksjonsfeilen for dette er også omkring 0.1. Denne feilen kan minskes noe hvis friksjonsmålingene fra den andre veien brukes som en type forklaringsvariabel, men kalibreres mot friksjonsmålinger gjort ved den aktuelle vei.

Videre er vi interessert i om målinger fra klimastasjoner på en strekning kan brukes til å predikere friksjon på en annen strekning. Hvis vi bruker klimastasjonsdata fra den andre strekninga og også estimerer (kalibrerer) modellen på friksjonsdata fra den andre strekninga, øker prediksjonsfeilene til 0.13-0.15. Om vi bruker klimastasjonsdata fra den andre strekninga, men estimerer modellen på friksjonsdata fra den aktuelle vei reduseres prediksjonsfeilen til 0.10-0.13.

Tabell 3.1. Estimert modell for friksjon i Kirkeveien, med forklaringsvariable fra klimastasjon ved veien.

	Estimert koeffisient	Variasjons- koeffisient (%)	p-verdi
Konstantledd	-0.91	32.6	0.003
Sesongen 2005/2006 (referanse)	0	0	
Sesongen 2006/2007	0.026	87.4	0.25
Sesongen 2007/2008	0.12	73.1	0.17
Sesongen 2008/2009	-0.083	39.4	0.01
Trafikkvolum (per 1000 kjøretøy)	0.32	27.7	< 0.001
Gjennomsnittsfart	0.033	17.2	< 0.001
Snødekke	-0.38	16.0	< 0.001
Frysepunkt	0.0072	40.8	0.02
Solinnstråling	0.51	103.9	0.34
R^2 justert	0.62		

Tabell 3.2. Estimert modell for friksjon i Sørkedalsveien, med forklaringsvariable fra klimastasjon ved veien.

	Estimert koeffisient	Variasjonskoeffisient (%)	p-verdi
Konstantledd	-0.29	112.1	0.37
Sesongen 2005/2006 (referanse)	0	0	
Sesongen 2006/2007	-0.0033	676.6	0.88
Sesongen 2007/2008	-0.087	42.7	0.02
Sesongen 2008/2009			
Trafikkvolum (per 1000 kjøretøy)	0.13	74.2	0.18
Gjennomsnittsfart	0.022	28.7	< 0.001
Snødekke	-0.45	10.8	< 0.001
Frysepunkt	0.0054	50.6	0.05
Solinnstråling	1.0	38.4	0.01
R^2 justert	0.76		

Tabell 3.3. Prediksjonsfeil for friksjon ved ulike prediksjonsmodeller, målt ved kvadratrot av midlere kvadratisk feil.

Prediksjon basert på	RV 161	RV 168
Kun konstantledd	0.206	0.218
Modell som i tekst	0.106	0.103
Friksjon fra motsatt vei, brukt direkte	0.101	0.100
Friksjon fra motsatt vei, kalibrert på friksjonsdata fra samme vei	0.090	0.099
Klimadata fra motsatt vei og trafikkdata fra RV 161, kalibrert på friksjonsdata fra motsatt vei	0.126	0.146
Klimadata fra motsatt vei og trafikkdata fra RV 161, kalibrert på friksjonsdata fra samme vei	0.103	0.128

4 Ulykkesfrekvens som funksjon av trafikk, meteorologi og friksjon

Det finnes ulykkesdata for RV 161 og RV 168. En oversikt over hvor ulykkene har inntruffet, finnes nederst i hvert panel i figur 3.1 og figur 3.2. Ulykkene langs RV 161 fra Fagerheimsgata til Majorstua er slått sammen, og ulykker langs RV 168 fra Majorstua til Smestad er slått sammen, begge med timesoppløsning. Det er aldri blitt registrert mer enn en ulykke per time. Vi antar at antall ulykker som vil inntreffe i løpet av en gitt time t , er Poissonfordelt med parameter λ_t som er forventet antall ulykker i time t . Logaritmen til λ_t modelleres som en linear funksjon av utvalgte forklaringsvariable:

$$\log(\lambda_t) = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_{i,t} \quad (4.1)$$

Dette tilsvarer at λ_t avhenger multiplikativt av forklaringvariablene:

$$\lambda_t = \prod_{i=1}^n \exp(\beta_i \cdot x_{i,t}) \quad (4.2)$$

Vi har sett på to modeller: en modell basert på meteorologi fra Blindern/Valle Hovin og en modell basert på predikert friksjon fra modellen estimert i kapittel 3. Begge modellene benytter i tillegg trafikkdata (volum og snittfart).

Modellene som inkluderer meteorologi fra Blindern/Valle Hovin, er estimert fra data fra hele perioden 2001-2009 som her utgjør 50113 timesobservasjoner, siden forklaringsvariablene mangler for visse perioder. Resultatene for denne modellen for de to veistrekningene er gitt i tabell 4.1 og tabell 4.2. Vi ser at ulykkesfrekvensen øker med økt trafikkvolum, men det er også det eneste systematiske møsteret.

Vi tenker oss at friksjon kan ha en betydning for ulykkesfrekvens, og at friksjon kan være et oppsummerende mål for veitilstanden. Imidlertid foreligger det friksjonsmålinger for svært få timer. I stedet har vi brukt friksjonsmodellene fra forrige kapittel til å predikere friksjonen ved de to veistrekningene fra oktober 2005 til mars 2009 (mai 2008 for Sørkedalsveien). Friksjonsprediksjonene er i hovedsak kun tilgjengelig fra oktober til mai, fordi disse er basert på data fra klimastasjonene ved de to veistrekningene. Til å estimere modellene er det dermed tilgjengelig

16807 timesobservasjoner for Kirkeveien og 12872 timesobservasjoner for Sørkedalsveien. Tabell 4.3 og tabell 4.4 viser resultatene når predikert friksjon er brukt. Igjen er det kun trafikkvolum som har en tydelig effekt på frekvensen av trafikkulykker. Det ble heller ikke påvist noen sammenhenger når vi erstattet den predikerte friksjonen med forklaringsvariablene i friksjonsmodellen.

Tabell 4.1. Estimert modell for ulykker i Kirkeveien, med meteorologiske forklaringsvariable fra Blindern/Valle Hovin.

	Estimert koeffisient	Variasjonskoeffisient (%)	p-verdi
Konstantledd	-6.0	30.5	0.001
Logaritmen av trafikkvolumet	0.39	37.7	0.008
Gjennomsnittsfart	-0.066	31.6	0.002
Regn	-0.025	223.4	0.65
Snø	0.15	112.9	0.38
Relativ fuktighet	0.0044	122.4	0.41
Lufttemperatur	0.031	39.2	0.01

Tabell 4.2. Estimert modell for ulykker i Sørkedalsveien, med meteorologiske forklaringsvariable fra Blindern/Valle Hovin.

	Estimert koeffisient	Variasjonskoeffisient (%)	p-verdi
Konstantledd	-17	31.5	0.002
Logaritmen av trafikkvolumet	1.2	36.8	0.007
Gjennomsnittsfart	0.015	388.1	0.80
Regn	-0.16	111.6	0.37
Snø	-130	4769.2	0.98
Relativ fuktighet	0.0098	107.1	0.35
Lufttemperatur	0.034	71.5	0.16

Tabell 4.3. Estimert alternativ modell for ulykker i Kirkeveien, med friksjon predikert fra klimastasjonsdata.

	Estimert koeffisient	Variasjons- koeffisient (%)	p-verdi
Konstantledd	-12	39.7	0.01
Logaritmen av trafikkvolumet	0.98	42.5	0.02
Gjennomsnittsfart	0.0056	1099.1	0.93
Predikert friksjon	-1.4	88.1	0.26

Tabell 4.4. Estimert alternativ modell for ulykker i Sørkedalsveien, med friksjon predikert fra klimastasjonsdata.

	Estimert koeffisient	Variasjons- koeffisient (%)	p-verdi
Konstantledd	-12	86.1	0.25
Logaritmen av trafikkvolumet	0.66	128.7	0.44
Gjennomsnittsfart	-0.046	271.9	0.71
Predikert friksjon	2.5	69.3	0.15