

Uheldsmodeller for rundkørsler

Et studie af 375 rundkørsler i Danmark



Søren Underlien Jensen

Marts 2013

<p>Titel: Uheldsmodeller for rundkørsler</p> <p>Forfatter(e): Søren Underlien Jensen</p> <p>Publiceringsdato: Marts 2013</p> <p>Sprog: Dansk</p> <p>Antal sider: 71</p> <p>Rekvirent/finansiel kilde: Cykelpuljen</p> <p>Projekt: Cyklisteres sikkerhed i rundkørsler</p> <p>Kvalitetssikring: Poul Greibe</p> <p>Emneord: Uheldsmodel, rundkørsler</p> <p>Resumé:</p> <p>Rapporten indeholder uheldsmodeller for rundkørsler i Danmark. Modellerne er negativ binomialt fordelte med en konstant spredningsparameter.</p> <p>Der er udviklet uheldsmodeller for diverse uheldsarter, uheldstyper, rundkørsler i by- og landzone samt rundkørselstyper kun med den indkørende biltrafikmængde som uafhængig variabel. Uheldsmodeller med uafhængige variable for rundkørselsdesignet er også opstillet.</p> <p>Uheldsmodeller, hvor uafhængige variable for rundkørselsdesignet indgår, kan typisk forklare omkring 80% af den systematiske variation i uheldsforekomsten af uheld. Uheldsmodeller, hvor kun biltrafikmængde indgår, kan kun forklare omkring 40% af den systematiske variation.</p>	<p>Title: Roundabout accident models</p> <p>Author(s): Søren Underlien Jensen</p> <p>Report date: March 2013</p> <p>Language: Danish</p> <p>No. of pages: 71</p> <p>Client/financial source: Cykelpuljen</p> <p>Project: Cyclist safety at roundabouts</p> <p>Quality management: Poul Greibe</p> <p>Key words: Accident model, roundabout</p> <p>Abstract:</p> <p>The report describes accident models for roundabouts in Denmark. Models are based on negative binomial distributions with constant dispersion parameter.</p> <p>Roundabout accident models with incoming AADT as independent variable for various accident and injury severities, accident types, urban and rural areas, single-lane and multilane roundabouts have been developed. Accident models including variables for roundabout design are also described.</p> <p>Accident models with variables for roundabout design and AADT typically explain about 80% of the systematic variation in accident occurrence. Accident models only with AADT as independent variable explain less about 40% of the systematic variation.</p>
<p>Rapporten kan hentes fra www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Ved gengivelse af materiale fra publikationen skal fuldstændig kildeangivelse udføres.</p>	<p>The report can be acquired from www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Reprinting material from this publication must include a complete reference to original source.</p>

Indhold

Forord	4
Sammenfatning	5
Executive summary	9
1. Introduktion	13
1.1 Baggrund.....	13
1.2 Formål og hypoteser	14
2. Metode og datagrundlag	16
2.1 Definition af rundkørsler	16
2.2 Datagrundlag.....	18
2.3 Metode	23
3. Resultater - udviklede uheldsmodeller	26
3.1 Uheld, personskader, trafikmængde og type af rundkørsel	26
3.2 Uheldsfrekvenser for forskellige rundkørsler	29
3.3 Uheldsmodeller for rundkørsler kun med trafikmængder	32
3.4 Uheldsmodeller med trafikmængde og rundkørselsdesign.....	36
3.4.1 Model for alle uheld.....	36
3.4.2 Model for personskadeuheld.....	39
3.5 Uheldsmodeller for udsnit af rundkørsler og uheld.....	42
3.5.1 Modeller for cykeluheld i rundkørsler	42
3.5.2 Modeller for kun-biluheld i rundkørsler	44
3.5.3 Modeller for eneuheld i rundkørsler	46
3.5.4 Modeller for bag-/frontuheld i rundkørsler.....	48
3.5.5 Modeller for krydsuheld i rundkørsler.....	50
3.5.6 Modeller for uheld i rundkørsler i byzone	52
3.5.7 Modeller for uheld i rundkørsler i landzone	55
3.5.8 Modeller for uheld i minirundkørsler	56
3.5.9 Modeller for uheld i 1-sporede rundkørsler.....	57
3.5.10 Modeller for uheld i flersporede rundkørsler.....	62
3.5 Sammenfattende bemærkninger	63
4. Konklusion	66
Referencer	68
Bilag 1. Uhelds-/personskadefrekvenser	69
Bilag 2. Materielskade- og ekstrauheld	71

Forord

Nærværende rapport er en del af projektet *Cyklisters sikkerhed i rundkørsler*, der er finansieret af Cykelpuljen. Projekt og rapport udføres af det forskningsbaserede rådgivningscenter Trafitec.

I rapporten beskrives uheldsmodeller for rundkørsler, der er baseret på data om uheld, trafik og design for 375 rundkørsler i Danmark. Data om politiregistrerede uheld fra perioden 2004-2010 indgår sammen med oplysninger om indkørende trafik af motorkøretøjer i år 2009. Data for design af rundkørsler er baseret på fotos, luftfotos mv. fra årene 2002, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011 og 2012. I årene 2004-2010 har designet af de 375 rundkørsler været uændret.

I projektet *Cyklisters sikkerhed i rundkørsler* udføres tre studier:

- Litteraturstudie om rundkørsler, sikkerhed og cyklister
- Før-efter uheldsevaluering af ombygninger af kryds til rundkørsler
- Uheldsmodeller for rundkørsler

Uheldsevalueringen og uheldsmodeller er baseret på en fuldstændig registrering af rundkørsler pr. 1. januar 2010 i 72 kommuner i Danmark.

Sammenfatning

Nærværende rapport er en del af projektet *Cyklisters sikkerhed i rundkørsler*, der er finansieret af *Cykelpuljen*. Projektet er udført af *Trafitec*. I rapporten beskrives uheldsmodeller for rundkørsler, der er baseret på data om uheld, trafik og design for 375 rundkørsler i Danmark. Data om politiregistrerede uheld fra perioden 2004-2010 indgår sammen med oplysninger om trafik af motorkøretøjer i år 2009. I alt indgår 1.419 uheld og den indkørende trafik til rundkørslerne varierer mellem 122 og 37.833 biler pr. døgn. Designet af rundkørslerne har været uændret i årene 2004-2010. Med baggrund i disse data er der i rapporten opstillet to typer af uheldsmodeller for rundkørsler:

$$\text{Modeltype 1: } \text{UHT} = a \times N_{\text{total, indkørende}}^P \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

$$\text{Modeltype 2: } \text{UHT} = a \times N_{\text{indkørende, hovedvej}}^{P_1} \times N_{\text{indkørende, sideveje}}^{P_2} \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

Hvor UHT er uheldstætheden (antallet af uheld, der kan forventes at indtræffe i en rundkørsel), N er årsdøgntrafikken, x_i er faktorer (uafhængige variable, der fx kan beskrive rundkørselsdesign) samt a , P , P_1 , P_2 og b_i er konstanter, som estimeres i modelleringsprocessen.

Uheldsmodeller er opstillet som negativ binomialt fordelte modeller (NB model) med en log-link funktion. Baggrunden for at vælge denne fordeling er, at uheldsdata er overspredte, hvilket vil sige, at variansen er større end middelværdien. I en sådan situation er en NB model i de fleste tilfælde den bedste løsning. Modeller er estimeret med en konstant spredningsparameter, k . SAS version 9.2 GENMOD proceduren er anvendt til estimering af modeller. Uheldsmodellernes forklaringskraft er opgjort, parameterestimerer er angivet og 95% konfidensintervaller viser estimaternes usikkerhed.

Det er vigtigt at påpege, at de fundne sammenhænge i uheldsmodellerne ikke er kausale, altså årsag-virkningssammenhænge. Baggrunden herfor er, at 1) der mangler data fx tal for antallet af fodgængere og cyklister i rundkørsler, 2) en eller flere uafhængige variable kan være endogene, så "den uafhængige variabel" afhænger af uheldstætheden, hvilket skyldes, at et bestemt rundkørselsdesign er udført, hvor uheldstætheden er stor, og 3) kraftig samvariation mellem uafhængige variable kan resultere i misvisende parameterestimerer.

Resultater

De mange udarbejdede uheldsmodeller og modelleringsprocesserne har vist, at modeltype 1 oftest er modeltype 2 overlegen. I tilfælde, hvor der ønskes beregnet et forventet antal uheld for en rundkørsel i Danmark og der kun haves oplysninger

om mængden af biltrafik, anbefales derfor at gøre brug af modeltype 1 ved de følgende uheldsmodeller:

Alle typer af rundkørsler:

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld}} = 0,001909 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,8423}, \quad k = 0,5931$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, personskadeuheld}} = 0,010072 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,4855}, \quad k = 1,0312$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, materielskadeuheld}} = 0,0009011 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,8509}, \quad k = 0,7890$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, ekstrauheld}} = 0,00001169 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{1,2584}, \quad k = 0,6923$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, person- og materielskadeuheld}} = 0,003901 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,7277}, \quad k = 0,7431$$

Rundkørsler i hhv. by- og landzone:

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld, rundkørsler i byzone}} = 0,001922 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,8590}, \quad k = 0,6537$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld, rundkørsler i landzone}} = 0,0007577 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,9216}, \quad k = 0,4263$$

Forskellige typer af rundkørsler:

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld, 1-sporede rundkørsler}} = 0,004019 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,7507}, \quad k = 0,4858$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld, flersporede rundkørsler}} = 0,0005424 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{1,0245}, \quad k = 0,3301$$

Modellerne ovenfor kan anvendes til at beregne en forventet uheldstæthed for perioden 2004-2010, altså en syvårig periode. Såfremt der ønskes beregnet en uheldstæthed for en anden periode må man derfor dividere med syv for at få uheldstætheden for et år, og evt. derefter gange med fx fem for at få tætheden for en femårig periode.

For eksisterende rundkørsler med en kendt uheldstæthed kan uheldsmodellerne anvendes til at belyse, om den kendte uheldstæthed er større eller mindre end den forventede uheldstæthed fx ved udpegning af sorte pletter. Her anbefales at bruge Empirical Bayes, hvor spredningsparameteren, k , indgår. Den metode tager højde for den tilfældige variation i uheldsforekomsten. Empirical Bayes er beskrevet i rapporten *Uheldsmodeller for veje i åbent land* (Jensen, 2011).

Det anbefales ikke at anvende de udarbejdede modeller for personskader. I stedet kan modeller for personskadeuheld anvendes. Med et forventet personskadeuheld kan der forventes 1,088 personskade, heraf 0,014 dræbt, 0,502 alvorlig skade og 0,572 let skade.

Det kan ikke anbefales at opgøre et forventet antal cykeluheld alene med baggrund i biltrafikmængden. Det skyldes, at tal for biltrafikmængden ikke kan for-

klare en væsentlig del af den systematiske variation i forekomsten af cykeluheld. Da der ikke findes tal for mængden af cykeltrafik i rundkørslerne er den næstbedste løsning at gøre brug af oplysninger om rundkørslers design for på denne måde at opgøre et forventet antal cykeluheld.

I modelleringsprocesserne med oplysninger om rundkørslers design har der været to gennemgående træk. Mængden af cykeltrafik synes at være vigtig, men denne haves der ikke oplysninger om. Proxy-variable for cykeltrafikken fx *Andelfortov* og *Cykelfacilitet* er derfor udtryk for en sammenblanding af en udeladt variabel (cykeltrafikmængden) og en egentlig sikkerhedsmæssig betydning af gang- og cykelfaciliteter. Et andet gennemgående træk er, at biltrafikmængden samvarierer med flere andre uafhængige variable. Derfor kan parameterestimer for en række uafhængige variable for rundkørselsdesignet ikke indikere årsag-virkningssammenhænge, da der ikke forefindes oplysninger om den indkørende cykeltrafikmængde og nogle af de uafhængige variable korrelerer kraftigt med biltrafikmængden. Det er ikke muligt pålideligt at belyse betydningen for uheldsfrekvensen eller tætheden af cykeluheld af fx type af rundkørsel og sekundærhelle, hastighedsbegrænsning, cykelfacilitet og forekomst af midterrabat på vejgrene.

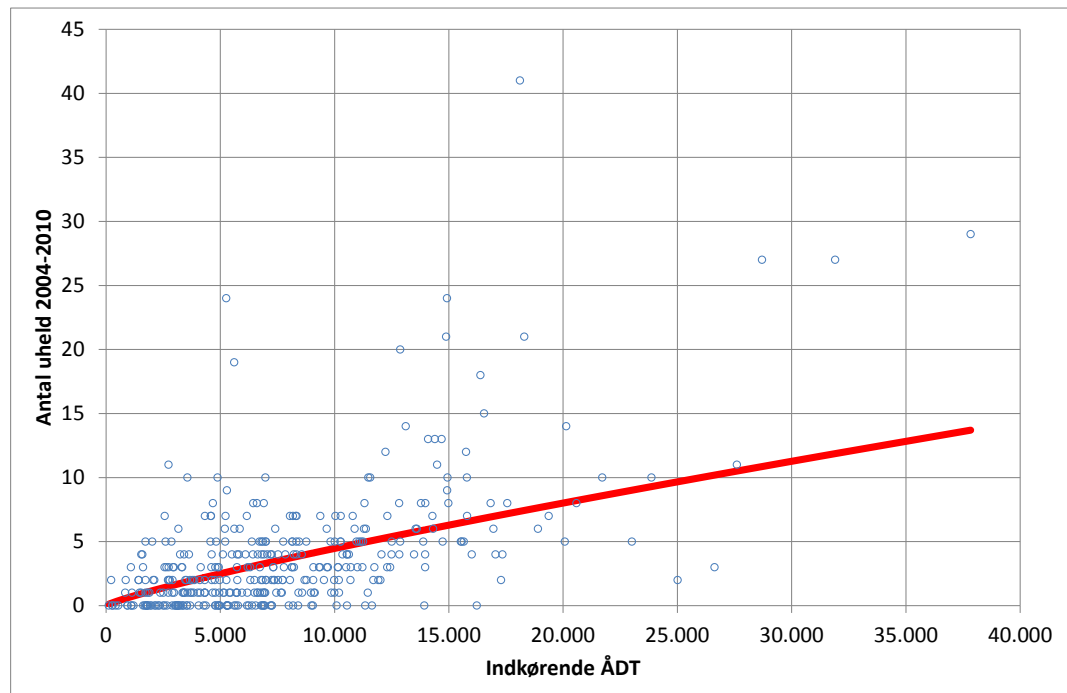
Parameterestimer for få uafhængige variabel er ikke præget af samvariation og udeladte variable (cykeltrafikmængden). Disse variable indikerer eller tyder på:

- Uheldsfrekvensen varierer kraftigt mellem vejcenterområder.
- Tætheden af uheld med fodgængere, cyklister, knallertkørere eller motorcyklister stiger, jo flere vejgrene rundkørslen har.
- Kantafmærkning ved midterøen reducerer frekvensen af bag-/frontuheld.
- Rundkørsler med et ca. 7 m bredt cirkulationsareal har en lavere frekvens af krydsuheld.
- Uheldsfrekvensen i rundkørsler i byzone er højere, når oversigten til cirkulationsarealet og tilfarten til venstre for ens vejgren opnås 20-35 m før vigelinjen ved rundkørslen.
- Rundkørsler med en forskel mellem største og mindste vinkel mellem vejgrene på mere end 60 grader har en større uheldsfrekvens end rundkørsler med mindre forskel på vinkler mellem vejgrene.

Uheldsmodeller, hvor der indgår uafhængige variable for rundkørselsdesignet, har typisk kunnet forklare omkring 80% af den systematiske variation i forekomsten af uheld. Uheldsmodeller, hvor kun biltrafikmængde indgår, har typisk kunnet forklare omkring 40% af den systematiske variation.

Eksempel

I figuren på næste side er den observerede uheldstæthed i de 375 rundkørsler i studiet afbilledet sammen den modellerede uheldstæthed.



Observeret (blå ringe) og modelleret (rød linje) uheldstæthed. Modelleret uheldstæthed er baseret på modellen:
$$\text{UHT}_{\text{år 2004-2010, alle uheld}} = 0,001909 \times N_{\text{total, indkørende ÅDT}}^{0,8423}$$

Det ses i figuren ovenfor, at den observerede uheldstæthed i nogle rundkørsler er langt højere eller lavere end den forventede modellerede uheldstæthed. Én rundkørsel skiller sig markant ud, da der er registreret 41 uheld, men kun 7-8 uheld forventes at være sket i rundkørslen. Denne rundkørsel er illustreret nedenfor.



Rundkørslen ved Frodesgade/Gl. Vardevej i Esbjerg.

Forklaringen på de mange flere uheld i rundkørslen i Esbjerg end der almindeligvis kan forventes, synes at være flersidig: Politiet registrerer flere uheld i rundkørsler i vejcenterområde Syddanmark end i andre områder enten på grund af en højere risiko blandt trafikanter eller en anden registreringspraksis. Rundkørsler med to cirkulationsspor hele vejen rundt har en højere uheldsfrekvens end andre rundkørsler. Rundkørsler med mange vejgrene særligt i byområder har højere uheldsfrekvens end andre rundkørsler. Og afslutningsvis har rundkørsler med farvede cykelbaner en højere uheldsfrekvens end andre rundkørsler.

Executive summary

The report is part of the project *Cyclist safety at roundabouts*, which is financed by *Cykelpuljen*. The project is carried out by *Trafitec*. The report describes roundabout accident models based on accident, traffic and design data for 375 roundabouts in Denmark. A total of 1,419 police accident records from the period 2004-2010 are included along with information about Annual Average Daily Traffic (AADT) for the year 2009. Incoming AADT varies between 122 and 37,833 motor vehicles per day. The design of each roundabout has remained unchanged in the period 2004-2010. Two types of roundabout accident models are developed:

$$\text{Type 1: } \text{UHT} = a \times N_{\text{total, incoming AADT}}^P \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

$$\text{Type 2: } \text{UHT} = a \times N_{\text{main road, incoming AADT}}^{P_1} \times N_{\text{minor roads, incoming AADT}}^{P_2} \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

Where UHT is accident density (number of accidents, which may be expected to occur at a roundabout), N is incoming AADT, x_i are factors (independent variables that may describe e.g. roundabout design) and a, P, P_1 , P_2 og b_i are constants to be estimated.

The accident models are based on negative binomial distribution (NB model) with log-link function. The reason to choose this distribution is that the accident data are over dispersed, i.e. the variance is larger than the mean. In such cases NB models are most often the best solution. The models are estimated using a constant dispersion parameter, k. SAS version 9.2 GENMOD procedure has been used for estimation. Model explanatory power is described by Elvik's index and parameter estimates are described together with 95% confidence intervals.

It is crucial to state that parameter estimates do not describe causal relationships. The reason for this is that 1) data are missing e.g. exposure data for pedestrians and cyclists at the roundabouts are not included, 2) one or more independent variables may be endogenous, i.e. the independent variable depends on accident density because a certain design is used at roundabouts with high accident density, and 3) strong correlation between independent variables results in unreliable parameter estimates.

Results

The large number of roundabout accident models described in the report shows overall that model type 1 is superior to type 2. In a situation where an expected number of accidents for a roundabout in Denmark needs to be calculated and the only information given is AADT, it is recommended to use models of type 1 and the following roundabout accident models can be used:

All types of roundabouts:

$$UHT_{\text{year 2004-2010, all accidents}} = 0,001909 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{0,8423}, k = 0,5931$$

$$UHT_{\text{year 2004-2010, injury accidents}} = 0,010072 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{0,4855}, k = 1,0312$$

$$UHT_{\text{year 2004-2010, property-damage-only accidents}} = 0,0009011 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{0,8509}, k = 0,7890$$

$$UHT_{\text{year 2004-2010, extra accidents (no police report)}} = 0,00001169 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{1,2584}, k = 0,6923$$

$$UHT_{\text{year 2004-2010, injury and PDO accidents}} = 0,003901 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{0,7277}, k = 0,7431$$

Urban and rural roundabouts:

$$UHT_{\text{year 2004-2010, all accidents, urban roundabouts}} = 0,001922 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{0,8590}, k = 0,6537$$

$$UHT_{\text{year 2004-2010, all accidents, rural roundabouts}} = 0,0007577 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{0,9216}, k = 0,4263$$

Single-lane and multilane roundabouts:

$$UHT_{\text{year 2004-2010, all accidents, single-lane roundabouts}} = 0,004019 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{0,7507}, k = 0,4858$$

$$UHT_{\text{year 2004-2010, all accidents, multilane roundabouts}} = 0,0005424 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{1,0245}, k = 0,3301$$

The above models may be used to calculate an expected accident density for the period 2004-2010, i.e. a seven year period. If the accident density for another period needs to be calculated one may divide by seven to get the density for one year and then e.g. multiply by five to get a density for a five year period.

For existing roundabouts the models may be used to explore whether the observed accident density is larger or smaller than the expected e.g. in order to identify black spots. In such line of work it is recommended to use Empirical Bayes (EB), where the dispersion parameter, k , is exploited.

It is not recommended to use the developed roundabout injury models. Instead, the models for injury accidents can be used, where an expected injury accident on average result in 1.088 injuries, including 0.014 fatalities, 0.502 severe injuries and 0.572 slight injuries.

It is not recommended to calculate an expected number of bicycle accidents on the basis of models only with AADT as independent variable. The reason for this is that AADT only explains about 5-6% of the systematic variation in bicycle accident occurrence. Since exposure data for bicycle traffic is missing the second best solution is to make use of information about roundabout design in order to estimate an expected number of bicycle accidents.

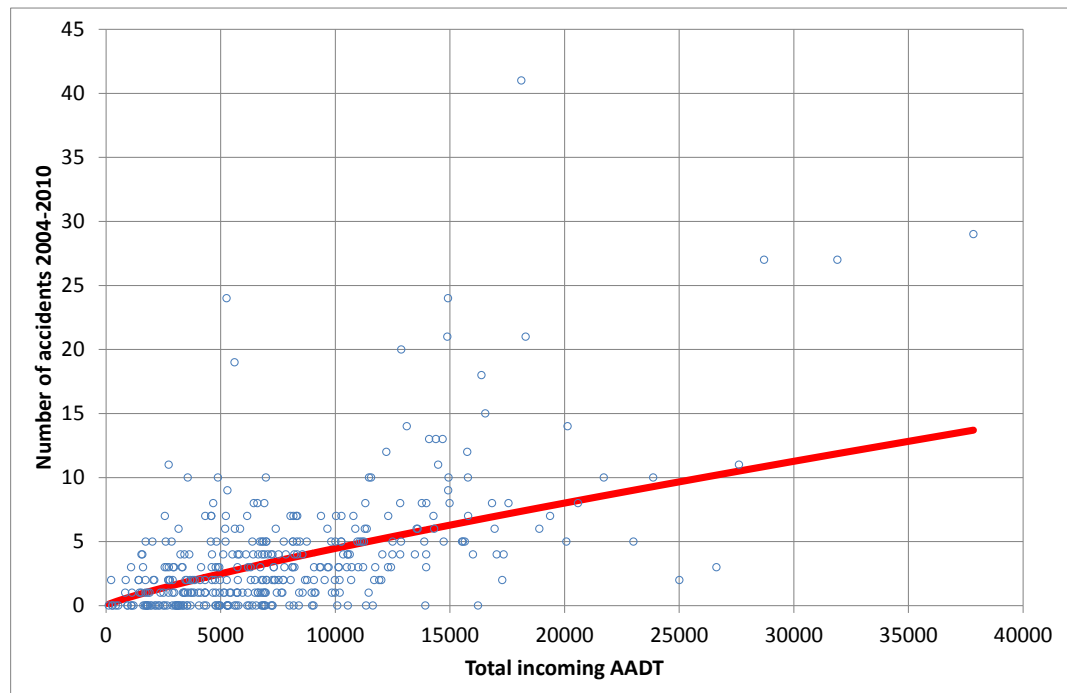
The processes of development of accident models with variables for roundabout design have shown two consistent features. One feature is missing variables, where exposure data for bicycle traffic is important but missing. The parameter estimates for proxy variables for the bicycle traffic, e.g. bicycle facilities at roundabouts and share of arms with side walk, then become a mix of a relation between exposure and accident density and a relation between type of facility and accident rate. Another feature is that AADT correlates quite strongly with a number of other independent variables. Due to the two features many independent variables do not indicate causal relationships. The parameter estimates in the roundabout accident models do not indicate the influence on accident rate of e.g. speed limit, type of roundabout, splitter islands and bicycle facilities in a reliable way. However, a few independent variables are not influenced by missing variables and covariance to a great extent. These variables indicate that:

- Accident rate varies heavily between regions of the country.
- Accident rate increases with increasing number of roundabout arms due to more accidents with pedestrians, bicycles, mopeds and motor cycles involved.
- Edge lines at central islands reduce the rate of rear-end and frontal collisions and side swipes.
- Roundabouts with an about 7 meters wide circulation lane have a lower rate of accidents between circulating and entering/exiting road users compared to narrower or wider circulation lanes.
- Accident rate at urban roundabouts is higher, when incoming drivers become able to see the circulation lane and the entry lane of the roundabout arm to their left 20-35 meters before the yield line compared to roundabouts where this sight is given further back or closer to the yield line.
- Roundabouts with a difference between the largest and smallest angle between arms of more than 60 degrees have a higher accident rate compared to roundabouts with a smaller difference in angles.

Accident models with variables for roundabout design and AADT typically explain about 80% of the systematic variation in accident occurrence. Accident models only with AADT as independent variable explain less i.e. about 40% of the systematic variation.

Example

The figure on the next page shows the observed accident density of the 375 roundabouts in the study and the expected accident density using a model.



Observed (blue dots) and modeled (red line) accident density. Modeled accident density is based on the model: $UHT_{\text{year 2004-2010, all accidents}} = 0,001909 \times N_{\text{total, incoming AADT}}^{0,8423}$

The above figure shows that the observed accident density for some roundabouts is much higher or lower than expected. A roundabout stands out with 41 observed accident but only 7-8 expected. This roundabout is illustrated below by photos.



The roundabout at Frodesgade/Gl. Vardevej in Esbjerg.

The explanation to the many more observed accidents in Esbjerg than one usually may expect for a roundabout with this amount of traffic seems to be diversified: The Police record more accidents at roundabouts in this region of Denmark than in other regions due to a higher risk among road users or another recording practice. Roundabouts with two circulating lanes all the way around the central island have a higher accident rate than other roundabouts. Roundabouts with many arms especially in urban areas have a higher accident rate than other roundabouts. And finally, roundabouts with colored bicycle lanes have a higher accident rate than other roundabouts.

1. Introduktion

1.1 Baggrund

I Danmark er der udviklet få uheldsmodeller for rundkørsler. De tidligere danske modeller er omtalt i litteraturstudiet ”Rundkørsler, sikkerhed og cyklister” udført af Jensen og Madsen, Trafitec, 2012. De tidligere danske modeller er baseret på relativt få uheld og rundkørsler og er ikke særligt pålidelige. Gennemgangen af uheldsmodeller for rundkørsler både danske og udenlandske viser dog tydeligt, at det er muligt at opstille funktionsudtryk med uheldstætheden på den ene side og uafhængige variable på den anden. Det bør derfor være muligt at udvikle danske uheldsmodeller for rundkørsler, hvis det fornødne datagrundlag kan tilvejebringes.

For rundkørsler anvendes oftest tre typer af uheldsmodeller, hvor uheld og trafik indgår på forskellig måde:

Modeltype 1: $UHT = a \times N_{\text{total, indkørende}}^P$

Modeltype 2: $UHT = a \times N_{\text{hovedvej, indkørende}}^{P_1} \times N_{\text{sideveje, indkørende}}^{P_2}$

Modeltype 3: Kan fx bestå af tre separate modeludtryk:

- Mikro-model for uheld mellem indkørende og cirkulerende køretøjer:
 $UHT = a \times N_{\text{indkørende, vejgren } i}^{P_3} \times N_{\text{cirkulerende, ved vejgren } i}^{P_4}$
- Mikro-model for uheld mellem udkørende og cirkulerende køretøjer:
 $UHT = a \times N_{\text{udkørende, vejgren } i}^{P_5} \times N_{\text{cirkulerende, ved vejgren } i}^{P_6}$
- Mikro-model for andre uheld fx eneuheld:
 $UHT = a \times N_{\text{indkørende, vejgren } i}^{P_7}$

Her er UHT uheldstætheden, N er årsdøgntrafikken samt a og P er konstanter. De mest anvendte modeller er således potensmodeller. Set i lyset af de opstillede uheldsmodeller for rundkørsler rundt omkring i verden er det ikke muligt at afgøre, om det er modeltype 1 eller 3, der er bedst at anvende. Det vil i stor udstrækning afhænge af, om det ønskes, at faktorer, der beskriver de enkelte vejgrene fx type af sekundærhelle, skal indgå i modellen – eller det blot er faktorer, der beskriver hele rundkørslen fx midterøens diameter, der skal indgå. Sådanne faktorer kan indgå ved at opstille faktormodeller, hvor x_i er faktorer (uafhængige variable) og b_i er konstanter:

Modeltype 1: $UHT = a \times N_{\text{total, indkørende}}^P \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$

Modeltype 2 / 3: $UHT = a \times N_{\text{indkørende}}^{P_1} \times N_{\text{cirkulerende}}^{P_2} \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$

De gennemgåede uheldsmodeller i litteraturstudiet viser, at både adfærdsmæssige og geometriske faktorer synes at kunne indgå i modeller på en statistisk pålidelig facon. Vedrørende konstanten P er denne ofte estimeret til at være nær 1, når mængden af motorkøretøjer kun er repræsenteret af én variabel (fx modeltype 1). Det betyder, at når trafikmængden fordobles, så ca. fordobles antallet uheld også. Tidligere modeller viser derved, at uheldsfrekvensen (uheld pr. indkørende motorkøretøj) er nær ved konstant.

Jensen (2011) gav i rapporten "Uheldsmodeller for veje i åbent land" et indblik i uheldsmodeller, herunder variable, funktionsudtryk, residualer, estimering, optimering og teststatistik, samt i anvendelsen af uheldsmodeller fx ved udpegning af sorte pletter, valg af vej- og krydstype, vurdering af uheldsforebyggelse samt ved uheldsevalueringer. Af hensyn til forståelsen af nærværende rapport kan det være en fordel at få et grundlæggende metodisk indblik i opstilling af uheldsmodeller, hvilket kan opnås ved at læse rapporten af Jensen (2011).

1.2 Formål og hypoteser

Formålet med nærværende arbejde og rapport er at opstille uheldsmodeller for rundkørsler baseret på oplysninger om uheld, trafik og rundkørslers design i Danmark. Nogle modeller skal belyse relationer mellem uheldsforekomsten og trafikmængder. Der ønskes også uheldsmodeller, der kan beskrive betydningen af enkelte dele af rundkørslers design for trafiksikkerhed, herunder cyklisters sikkerhed. Om muligt ønskes tal for trafiksikkerheden for hhv. bilister og cyklister i rundkørsler opdelt efter:

- Type af rundkørsel; Mini, 1-sporet, flersporet og signalreguleret,
- antal vejgrene,
- by- og landzone eller hastighedsbegrænsning,
- type af cykelfacilitet,
- midterøens diameter, samt
- rundkørselens fartdæmpende egenskaber.

Set ud fra de mange undersøgelser, der allerede er lavet om rundkørslers trafiksikkerhed se fx Jensen og Madsen (2012) og Jensen (2012), så kan man forestille sig en række faktorer, der kan have betydning for sikkerheden i rundkørsler:

- Trafikmængde,
- type af rundkørsel,
- antal vejgrene
- midterø diameter evt. sammen med overkørselsareal,
- bredde af tilfarts- og frafartsspor,
- zone og hastighedsbegrænsning,
- type af gang- og cykelfaciliteter,

- vinkel eller afstand mellem vejgrene,
- indskreven cirkeldiameter eller forholdet indskreven/midterø diameter,
- cirkulationsarealet bredde,
- midterøens højde og udseende,
- forvarsling og vejvisning før rundkørslen,
- shunts,
- type af sekundærhelle,
- forsætning og forsætningsstrækning, samt
- forekomst af belysning.

Man kan godt forestille sig, at betydningen af de enkelte faktorer er forskellig, om man ser på alle uheld, personskadeuheld eller blot dræbte og alvorlige skader. Man kan også forestille sig, at betydningen er forskellig, om man ser på diverse uheldstyper (eneuheld, flerpartsuheld, osv.) eller partskombinationer (cykeluheld, uheld kun med motorkøretøjer, osv.). Endelig kan faktorernes betydning afhænge af typen af rundkørsel.

2. Metode og datagrundlag

I kapitlet er metode og datagrundlag for opstillingen af uheldsmodeller for rundkørsler nærmere beskrevet. Grundlæggende har det kun været muligt at opgøre mængder af motorkøretøjer for de enkelte vejgrene, der fører ind i rundkørslerne. Derfor har det ikke været muligt at opgøre antallet af køretøjer, der cirkulerer i rundkørslen forbi de enkelte vejgrene. Det har heller ikke været muligt at opgøre mængder af fodgængere, cyklister og knallerter. Det er derfor ikke muligt at opstille modeller af modeltype 3. Det er heller ikke muligt at opstille modeller, hvor fx tal for cykeltrafikken indgår eller opgøre uheldsfrekvenser for cyklister.

2.1 Definition af rundkørsler

Ifølge gældende danske vejregler er en rundkørsel et sted, hvor et antal vejgrene er tilsluttet en ensrettet kørebane anlagt om en midterø. Desuden gælder for ikke-signalregulerede rundkørsler, at køretøjer har ubetinget vigepligt ved indkørsel til cirkulationsarealet.



Figur 1. Et rundkørselslignende færdselsareal, men det er ikke en rundkørsel.

Figur 1 viser et rundkørselslignende færdselsareal, men den cirkulerede kørebane rundt om midterøen er ikke afmærket som ensrettet og der er ikke afmærket nogen form for vigepligt (der findes heller ikke en overkørsel, der medfører ubetinget vigepligt). Juridisk set er cirkulationsarealet dobbeltrettet for alle trafikanter, og der er højrevigepligt i krydset mellem cirkulationsareal og vejgren. Figur 1 viser derfor et sted, der ikke er en rundkørsel.



D12

I minirundkørsler, hvor midterøen er overkørbar, er ensretningen afmærket med påbudstavle D12 ved vigelinjen, mens ensretningen afmærkes med påbudstavle D11.3 på den ikke overkørbare midterø i andre rundkørsler.

Kun steder der i dag opfylder kravene til definitionen (ensrettet cirkulationsareal samt stoppligt eller ubetinget vigepligt for køretøjer ved indkørsel til cirkulationsarealet) indgår i nærværende studie.



D11.3

Rundkørslerne inddeles efter fire hovedtyper:

- Minirundkørsel: En minirundkørsel har en overkørbar befæstet midterø. Der er ubetinget vigepligt ved indkørsel til cirkulationsarealet. Forkortes ”**Mini**”.
- 1-sporet rundkørsel: Denne rundkørsel har ét cirkulationsspor. Midterøen er ikke overkørbar. Der findes ubetinget vigepligt ved indkørsel til cirkulationsarealet. Forkortes ”**1-sporet**”.
- Flersporet rundkørsel: Rundkørslen har mere end ét cirkulationsspor enten hele vejen rundt eller noget af vejen rundt. Midterøen er ikke overkørbar. Der findes ubetinget vigepligt ved indkørsel til cirkulationsarealet. Forkortes ”**Flersporet**”.
- Signalreguleret rundkørsel: Ved indkørsel til cirkulationsarealet er der stopstreg og indkørslen er signalreguleret. Midterøen er ikke overkørbar. Forkortes ”**Signal**”.

Veje hen til rundkørsler kaldes for vejgrene. Antallet af vejgrene i en rundkørsel er opgjort ved at registrere en vej hen til rundkørslen, og derefter ”køre med uret rundt”. Den første vej er én vejgren, og derefter øges antallet af vejgrene, når der enten er en ny tilfart (indkørsel til rundkørslen, ensrettet vej) eller ny frafart (udkørsel fra rundkørslen, ensrettet vej) eller ny til- og frafart for motorkøretøjer (dobbeltrettet vej). Ensrettede veje både til og fra rundkørslen tæller således som vejgrene. Rundkørslen til venstre i figur 2 nedenfor har således fire vejgrene, selvom der kun er tre tilfarter og tre frafarter.



Figur 2. Rundkørsler med hhv. fire (til venstre) og seks vejgrene.

I nogle rundkørsler er der ind-/udkørsler, der ikke er registreret som en vejgren. Det er ind-/udkørsler til ejendomme, der ikke er offentligt tilgængelige (noget af eller hele dagen), eller hvor cirkulationsarealets ensretning eller ubetinget vigepligt ved indkørslen ikke er angivet. En ind-/udkørsel til et offentligt tilgængeligt parkeringsareal, der er korrekt afmærket, vil således være en vejgren.

2.2 Datagrundlag

I nærværende studie indgår i alt 375 rundkørsler. Disse rundkørsler er alle blevet etableret før år 2004 og har – så vidt fotos og luftfotos angiver – været uændret med hensyn til geometri og afmærkning fra starten af år 2004 til og med år 2010. I tabel 1 er de 375 rundkørsler opgjort efter type og antal vejgrene.

Antal vejgrene	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	I alt
2	0	2	0	0	2
3	13	63	1	0	77
4	11	227	13	2	253
5	0	31	3	0	34
6	0	5	3	0	8
7	0	1	0	0	1
I alt	24	329	20	2	375

Tabel 1. Antal rundkørsler opdelt efter type af rundkørsel og antallet af vejgrene.

Af tabel 1 ses, at de fleste rundkørsler i studiet er 1-sporede og med fire vejgrene. For de enkelte rundkørsler er der indsamlet en lang række oplysninger, der kan anvendes i modelleringen. Foruden stedfæstelsesoplysninger såsom vejbestyrer, vejnavne, vejnumre og kilometrering er følgende oplysninger indsamlet:

- Hovedtype; mini, 1-sporet, flersporet eller signal,
- antal tilfarter, frafarter, vejgrene, tilfartsspor, frafartsspor, cirkulationsspor og shunts,
- zone (by eller land),
- hastighedsbegrænsning på vejgrene 100 m fra rundkørsel,
- midterøens diameter (minimum og maksimum),
- midterøens højde på midte og 0-3 m fra kant (koteforskel mellem cirkulationsareal og til ”ting”, hvor trafikanter kan gemme sig bag)
- midterøens udseende; græs, buske, træer, kunst, belægning,
- bredde af overkørselsareal ved midterø (minimum og maksimum),
- bredde af cirkulationsareal (minimum og maksimum),
- indskreven cirkeldiameter (midterø + overkørselsareal + cirkulationsareal),
- afstand og vinkel mellem vejgrenes centerlinjer ved ydre begrænsningslinje,
- type af cykelfacilitet i rundkørsel,
- bredde af cykelbane i rundkørsel,

- tilbagetrækning af cykelsti krydsning fra ydre begrænsningslinje,
- antal fodgængerfelter,
- type af sekundærhelle,
- forsætning og forsætningsstrækning for hver tilfart,
- forekomst af vej- eller krydsbelysning,
- forekomst af gang- og cykelfaciliteter på vejgrene,
- forekomst af midterrabat på vejgrene,
- forekomst af kant- og midtlinjer i rundkørsel og på vejgrene,
- bredde af tilfarts- og frafartsspor,
- oversigt før rundkørsel til areal i rundkørsel, hvor der er kræves oversigt til ved vigelinje, samt
- forvarslings (tavle A16 og B11 samt kørebaneafmærkning B11) samt orienteringsdiagramtavler (G14 og G18) mellem 20 og 500 m fra rundkørsel.

De mange oplysninger er efterfølgende behandlet, så de kan repræsentere hele rundkørslen. Eksempelvis er hastighedsbegrænsning opgjort ved hhv. laveste, højeste og gennemsnitlig hastighedsbegrænsning for vejgrene.

For de 375 rundkørsler har det været muligt at opgøre mængder af motorkøretøjer for alle vejgrene. Trafikmængden er i første omgang opgjort som hverdagsdøgntrafik for år 2009, da dette er tallene, der haves fra den landsdækkende trafikmodel. Det er ikke forsøgt at indeksere trafiktallene til hvert af årene i perioden 2004-2010. For nogle få vejgrene, hvor der ikke foreligger tal, er trafikmængden vurderet. Disse vejgrene er alle mindre veje, der bærer beskeden trafik. Vurderingen er baseret på antallet af ejendomme og arealanvendelsen (bolig, erhverv, mv.). De vurderede trafiktal er på 500 eller færre motorkøretøjer pr. hverdagsdøgn.

Tal for hverdagsdøgntrafik er efterfølgende omregnet til årsdøgntrafik (ÅDT), altså biler pr. døgn for et gennemsnitligt døgn over året 2009. Det er udført ved at benytte Vejdirektoratets rapport 315 ”Trafiktællinger – Planlægning, udførelse og efterbehandling – Vejledning”, hvor omregningsfaktorer kan udregnes. Det er for hver rundkørsel vurderet, om trafikken kan karakteriseres som bolig-arbejde (omregningsfaktor 0,86), lokal (0,90), regional (0,96), fjern (1,02), moderat ferie (1,07), udpræget ferie (1,18) eller sommerland (1,69). Den gennemsnitlige omregningsfaktor for de 375 rundkørsler er fundet til 0,93. I tabel 2 på næste side er rundkørslerne opgjort efter intervaller af ÅDT for de fire typer af rundkørsler.

Af tabel 2 ses, at der er en god spredning i de trafikmængder, som findes i de 375 rundkørsler. Dog er spredningen beskeden i minirundkørsler og signalregulerede rundkørsler. Der er i gennemsnit 7.709 indkørende motorkøretøjer pr. rundkørsel eller 4.602 pr. minirundkørsel, 7.277 pr. 1-sporet rundkørsel, 15.841 pr. flersporet rundkørsel og 34.870 pr. signalreguleret rundkørsel.

Total indkørende ÅDT	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	I alt
122-2.499	3	41	0	0	44
2.500-4.999	14	77	0	0	91
5.000-7.499	6	80	1	0	87
7.500-9.999	0	48	2	0	50
10.000-14.999	1	62	8	0	71
15.000-19.999	0	16	4	0	20
20.000-37.833	0	5	5	2	12
I alt	24	329	20	2	375

Tabel 2. Antal rundkørsler opdelt efter type af rundkørsel og total indkørende årsdøgntrafik (ÅDT).

De to vejgrene i rundkørslen, som bærer mest trafik, er her defineret som *hovedvejen*. Andre vejgrene i rundkørslen er defineret som *sideveje*. I rundkørsler med kun to vejgrene vil der således ikke være sideveje. Disse definitioner benyttes for at kunne opstille uheldsmodeller af modeltype 2. I tabel 3 er de 375 rundkørsler opgjort efter indkørende trafikmængde på hhv. hoved- og sideveje.

Indkørende ÅDT på side- veje	Indkørende ÅDT på hovedvejen						I alt
	122-2.499	2.500- 4.999	5.000- 7.499	7.500- 9.999	10.000- 14.999	15.000- 25.493	
0-499	48	46	16	9	3	0	122
500-999	12	19	10	6	1	0	48
1.000-1.499	9	15	15	6	1	2	48
1.500-2.499	1	22	24	15	2	0	64
2.500-4.999	0	10	16	17	13	2	58
5.000-15.555	0	1	6	11	10	7	35
I alt	70	113	87	64	30	11	375

Tabel 3. Antal rundkørsler opdelt efter indkørende årsdøgntrafik (ÅDT) på hhv. hoved- og sideveje.

Af tabel 3 ses, at mængden af trafik på sidevejene ofte er beskedne. 218 af de 375 rundkørsler har mindre end 1.500 motorkøretøjer pr. døgn på sideveje. Faktisk er der seks rundkørsler, hvor mængden af indkørende motorkøretøjer på sideveje er opgjort til nul. Disse seks rundkørsler har kun to tilfarter hver især, og kan derfor ikke indgå i uheldsmodeller af modeltype 2. Der er i gennemsnit 5.805 indkørende motorkøretøjer pr. rundkørsel på hovedvejen og 1.904 pr. rundkørsel på sideveje.

I studiet indgår politiregistrerede uheld, der er indtruffet i de 375 rundkørsler i årene 2004-2010. Uheldene er udtrukket af vejman.dk. De fleste uheld er registreret med to vejnumre for de veje, der fører ind i rundkørslen. Samtlige uheld med to ”korrekte” vejnumre indgår. I få tilfælde kan to veje dog krydse hinanden flere gange, og her der selvfølgelig kun medtaget de uheld, der er sket i den relevante rundkørsel.

Ikke alle uheld i rundkørsler er registreret med to vejnumre. Uheld, der er registreret uden vejnumre eller med kun ét vejnummer, men som er sket i rundkørsler i studiet, er fundet ved at gennemgå flere uheldsoplysninger; kilometrerings, uheldstekst, vejudformning, politiets stedangivelse, mv. For at få entydig markering af uheld uden vejnumre eller med kun ét vejnummer har det været nødvendigt at definere det "rundkørselsområde", hvor uheldet skal være sket indenfor for at indgå. Dette område defineres til at være en "god køretøjslængde" eller omkring 10-15 meter bagud ift. vige- og stoplinjer. I frafarter findes sådanne linjer ikke. Derfor opereres med hypotetiske vigelinjer, altså hvor vigelinjen ville blive placeret, hvis den skulle introduceres. Med denne definition menes at få identificeret de egentlige rundkørselsuheld. Definitionen inkluderer således fx uheld, hvor sekundærheller påkøres, uheld med køretøjer på vej ind i rundkørslen og uheld med fodgængere, der krydser vejgrenen lidt bag vige- eller stoplinje. I tilfælde, hvor rundkørslen har separat sti, er uheld i vej-sti-krydsene inkluderet selvom disse kryds er mere end 10-15 meter fra vigelinjen.

År	Antal personskader				Antal uheld				Trafikarbejde i Danmark
	Dræbt	Alvorlig skade	Let skade	Alle skader	Personskadeuheld	Materiel-skadeuheld	Ekstra-uheld	Alle uheld	
2004	0	25	30	55	48	106	49	203	43,5
2005	0	20	22	42	39	84	58	181	44,0
2006	1	18	22	41	37	110	61	208	45,1
2007	2	22	24	48	44	115	61	220	46,7
2008	1	23	29	53	49	112	73	234	46,8
2009	0	20	26	46	43	98	64	205	46,1
2010	0	15	10	25	25	97	46	168	45,5
I alt	4	143	163	310	285	722	412	1.419	-

Tabel 4. Uheld og personskader i de 375 rundkørsler opdelt efter år. Trafikarbejde med motorkøretøjer i Danmark i mia. køretøjskm (Kilde: Statistikbanken.dk).

I tabel 4 er opgjort antallet af uheld og personskader i de 375 rundkørsler i årene 2004-2010. I disse år er der sket 1.419 uheld og 310 personskader i rundkørslerne. Antallet af uheld og personskader pr. år er rimeligt stabilt i perioden, idet der er sket godt 200 uheld og ca. 45 personskader pr. år. Dog er der sket forholdsvis mange uheld i 2007 og 2008, hvor trafikarbejdet var på sit højeste, og forholdsvis få uheld og personskader i 2010. Trafikarbejdet i Danmark har i gennemsnit været 45,4 mia. km om året i perioden 2004-2010. Udviklingen i trafikmængder i de 375 rundkørsler kendes ikke.

I tabel 5 på næste side er det opgjort, hvor mange rundkørsler der er sket hhv. 0, 1, 2 ... 41 uheld i over en periode på hhv. 3, 5 og 7 år. Derudover er der lavet en del opgørelser for at beskrive forekomsten af uheld og personskader. Af tabel 5 ses, at antallet af uheld og personskader pr. år pr. rundkørsel er næsten ens, om de tre år 2008-2010, fem år 2006-2010 eller syv år 2004-2010 betragtes. Da designet af rundkørslerne og uheldsforekomsten har været stabil vil det være hensigtsmæssigt at udarbejde uheldsmodeller ud fra syvårsperioden.

Antal uheld (alle uheld – personskade-, materielskade- og ekstrauehld)	Antal rundkørsler ved uheldsdata i hhv. 3, 5 og 7 år		
	3 år: 2008-2010	5 år: 2006-2010	7 år: 2004-2010
0	153	105	81
1	80	70	57
2	55	53	49
3	34	37	40
4	24	40	35
5	11	25	36
6	5	8	14
7	1	9	18
8	3	8	12
9	2	3	2
10	2	4	9
11-15	4	6	11
16-20	1	4	3
21-30	0	2	7
31-41	0	1	1
Total antal rundkørsler	375	375	375
Total antal uheld	607	1035	1419
... heraf personskadeuehld	117	198	285
... heraf materielskadeuehld	307	532	722
... heraf ekstrauehld	183	305	412
... heraf eneuehld (HS 0, 7 og 9)	181	332	473
... heraf bag-/frontuehld (HS 1 og 2)	118	197	265
... heraf krydsuehld (HS 3-6 og 8)	308	506	681
... heraf fodgængeruehld	14	20	26
... heraf cykeluehld	169	273	359
... heraf knallert-/motorcykeluehld	97	162	214
... heraf biluehld	576	984	1353
... heraf kun-biluehld	331	587	828
Total antal personskader	124	213	310
... heraf dræbte	1	4	4
... heraf alvorlige skader	58	98	143
... heraf lette skader	65	111	163
... heraf fodgængere	6	9	12
... heraf cyklister	56	88	124
... heraf knallertkørere/motorcyklister	32	61	77
... heraf personer i motorkøretøjer	30	55	97
Uheld pr. år pr. rundkørsel	0,54	0,55	0,54
Personskader pr. år pr. rundkørsel	0,11	0,11	0,12
Uheld pr. rundkørsel	1,62	2,76	3,78
Personskader pr. rundkørsel	0,33	0,57	0,83

Tabel 5. Tæthed af uheld og personskader i de 375 rundkørsler i hhv. 3, 5 og 7 år.
Note: HS = hovedsituation, kun-biluehld er uheld hvor kun biler er involveret.

For de tre uheldsperioder i tabel 5 er variansen i uheldstætheden beregnet. Variansen er i alle tilfælde er betydeligt større end gennemsnittet. Derfor er uheld og personskader overspredte. Det medfører, at den almindeligt anvendte fordeling for uheldsmodeller, den negative binomial fordeling, vil være hensigtsmæssig at anvende i nærværende tilfælde.

Det er tillige opgjort i hvilken udstrækning forekomsten af uheld og personskader er forbundet med tilfældig variation. Her kan siges, at den tilfældige variation udgør en stadig mindre andel af den samlede variation, jo længere uheldsperioden er. En uheldsmodel baseret på en syvårig uheldsperiode vil derfor have mulighed for at forklare en større systematisk variation end en model baseret på en kortere uheldsperiode. Derfor vil en uheldsmodel baseret på en syvårig uheldsperiode i nærværende tilfælde højst sandsynligt kunne bygge på statistisk mere pålidelige sammenhænge mellem uheldstæthed og uafhængige variable.

2.3 Metode

Uheldsmodellerne opstilles ved at foretage regressionsanalyse med uheldstæthed (UHT) på den ene side og uafhængige variable (N_i og x_i) på den anden side. Disse modeller opstilles efter følgende modeludtryk, hvor a , P_i og b_i er konstanter, der estimeres:

$$\text{Modeltype 1: UHT} = a \times N_{\text{total, indkørende}}^P \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

$$\text{Modeltype 2: UHT} = a \times N_{\text{hovedvej, indkørende}}^{P_1} \times N_{\text{sideveje, indkørende}}^{P_2} \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

Modellerne opstilles som negativ binomial fordelte med en log-link funktion. Det betyder, at de modeller der faktisk estimeres er:

- $\ln(\text{UHT}) = \ln(a) + P \times \ln(N_{\text{total, indkørende}}) + \sum_{i=1}^n b_i x_i$
- $\ln(\text{UHT}) = \ln(a) + P_1 \times \ln(N_{\text{hovedvej, indkørende}}) + P_2 \times \ln(N_{\text{sideveje, indkørende}}) + \sum_{i=1}^n b_i x_i$

Derfor må den naturlige logaritme til trafikmængder, altså gives som inputdata i regressionsanalysen, mens dette ikke skal gøres for uheldstætheden, da der netop opereres med en log-link funktion. Reelt er det $\ln(a)$, der estimeres og ikke a , så derefter beregnes $e^{\ln(a)} = a$.

Ses på et enkelt sted fx én rundkørsel, så er uheldsforekomsten Poisson fordelt. Det betyder, at variansen i uheldsforekomsten ($\text{Var}(Y)$) er lig med middelværdien (μ) for uheldsforekomsten. Den Poisson fordelte variation er tilfældig. Når man ser på flere steder og variansen er større end middelværdien, som i nærværende tilfælde, så vil uheldsforekomsten i de fleste tilfælde bedst kunne beskrives som værende negativ binomial fordelt (Poisson-gamma). Her er $\text{Var}(Y) = \mu + k \times \mu^2$, hvor k er spredningsparameteren. Den variation, der findes udover den Poisson

fordelte, er systematisk. Spredningsparameteren er altså et udtryk for, hvor megen uforklaret systematisk variation der findes.

Modellerne estimeres i SAS version 9.2. Der anvendes proceduren GENMOD, men andre procedurer fx GLIMMIX kunne også have været anvendt. Der anvendes Newton-Raphson algoritmer for at maximere log-likelihood funktionerne. P, a, b og k estimeres altså ud fra maximum log-likelihood. For P, a, b og k estimeres 95%-konfidensintervaller baseret på profile likelihood.

Til opgørelse af modellens forklaringskraft anvendes Elvik's indeks. Her kunne i princippet lige så vel være anvendt Freeman-Tukey R^2 , men Freeman-Tukey transformationer er væsentligt sværere at forstå og normalt ikke et bedre estimat for forklaringskraften. Elvik's indeks, R_k^2 , er:

$$\text{Andel af systematisk variation forklaret} = R_k^2 = 1 - \frac{k_{\text{model}}}{k_{\text{oprindelig}}}$$

Ved udvikling af modeller sammenlignes forskellige modeller. Tilføjelsen af en yderligere uafhængig variabel vurderes på baggrund af 1) en Type 1 test, hvor det testes om modellen med den yderligere variabel er statistisk signifikant bedre end uden denne variabel, 2) en Type 3 test, hvor det testes om de enkelte variable i den udvidede model er statistisk signifikante, og 3) Akaike's Information Criterion (AIC). Jo lavere AIC er, desto bedre er modellen. En tommelfingerregel er, at man bør overveje en model, hvis AIC-værdi er 1-2 højere end den AIC-værdi en anden model har, når modellen med den høje AIC-værdi har færre uafhængige variable. Er AIC-værdien 4-7 højere, bør der være gode argumenter for at foretrække modellen frem for modellen med lavest værdi, selvom modellen med den høje AIC-værdi har færre uafhængige variable. Er værdien mere end 10 højere, så bør modellen forkastes.

Erfaringer med negativ binomialt fordelte uheldsmodeller er, at der skal mindst 300 og gerne mere end 500 uheld til for, at en model bliver rimeligt pålidelig, når spredningsparameteren er en konstant. Hvis spredningsparameteren betragtes som afhængig af uafhængige variable skal der mindst 1.000 uheld til for, at modellen bliver rimelig pålidelig. I nærværende rapport er spredningsparameteren i alle de estimerede uheldsmodeller en konstant.

Det er vigtigt at påpege, at de fundne sammenhænge i uheldsmodellerne ikke er kausale, altså egentlige årsag-virkningssammenhænge. Årsagen hertil er, at 1) der mangler data fx eksponeringstal for fodgængere og cyklister, 2) en eller flere uafhængige variable kan være endogene, så "den uafhængige variabel" afhænger af uheldstætheden, hvilket skyldes, at et bestemt rundkørselsdesign er udført, fordi uheldstætheden er stor, og 3) kraftig samvariation mellem uafhængige variable kan resultere i misvisende parameterestimer. Manglende data fører til, at "proxy" (erstatnings-)variable bliver statistisk signifikante fx bliver forekomsten af fortove signifikant, fordi eksponeringstal for fodgængere og cyklister ikke indgår.

Det betyder ikke, at etablering af fortove har den betydning for uheldstætheden, som parameterestimatet angiver, men blot at uheldstætheden i eksisterende rundkørsler korrelerer med denne variabel på den fundne måde.

En måde at tage højde for endogene variable er at gøre brug af simultan modellering, hvor uheldsmodellens estimeres simultant med en model for forekomsten af et givet designelement. Der er dog ikke udført simultanmodellering. En måde at tage højde for kraftig samvariation er gennem en ortogoniseringsproces, hvor enten observationer (rundkørsler) udvælges selektivt eller vægtes. Antallet af observationer er dog vurderet at være for få til, at en sådan ortogoniseringsproces vil være succesfuld.

3. Resultater - udviklede uheldsmodeller

I nærværende kapitel beskrives de udviklede uheldsmodeller. I første omgang opgøres uheldsfrekvenser (uheld pr. indkørende) for intervaller af trafikmængder samt for forskellige designvarianter af rundkørsler. Det gøres for at få et konkret indblik i, hvordan trafikikkerheden varierer i rundkørslerne. Efterfølgende vises de udviklede modeller og tilhørende statistik.

Erfaringen viser, at eksponering, her indkørende trafikmængde, er den uafhængige variabel, der kan forklare den største andel af den systematiske variation i uheldsforekomsten. Derfor ses først på trafikmængdens betydning for uheldsfrekvenser og der udvikles modeller, hvor kun trafikmængde indgår som uafhængig variabel. Efterfølgende ses på, hvordan regulering og design af rundkørsler påvirker trafikikkerheden og der opstilles en række modeller. Slutteligt er opstilles modeller, der er baseret på et udsnit af rundkørslerne fx kun 1-sporede rundkørsler eller et udsnit af uheld fx kun enuehald eller cykeluheld. Disse ”udschnittsmodeller” opstilles med trafikmængde som uafhængig variabel og hhv. med og uden variable for design og regulering af rundkørsler.

3.1 Uheld, personskader, trafikmængde og type af rundkørsel

Mængden af indkørende motorkøretøjer over de syv år 2004-2010 beregnes ved at multiplicere de opgjorte motorkøretøjer pr. døgn med 365×7 . Frekvensen af uheld og personskader er opgjort pr. mio. indkørende motorkøretøjer, se tabel 6 og 7. Af tabel 6 ses, at uheldsfrekvensen er lavest i 1-sporede rundkørsler og højest i de to signalregulerede rundkørsler. Tabel 7 viser, at personskadefrekvensen er lavest i signalregulerede rundkørsler og højest i minirundkørsler. Der er altså forskel på resultater afhængig af, om uheld eller personskader betragtes. Tabel 6-7 indikerer, at frekvensen af uheld og personskader falder med stigende trafikmængde, hvilket tydeligst kommer frem ved at se på 1-sporede rundkørsler og alle rundkørsler.

Total indkørende ÅDT	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	Alle
122-2.499	0,56	0,25	-	-	0,28
2.500-4.999	0,13	0,25	-	-	0,23
5.000-7.499	0,36	0,17	0,32	-	0,19
7.500-9.999	-	0,14	0,09	-	0,14
10.000-14.999	0,00	0,18	0,32	-	0,19
15.000-19.999	-	0,17	0,41	-	0,22
20.000-37.833	-	0,11	0,20	0,31	0,19
I alt	0,22	0,18	0,28	0,31	0,19

Tabel 6. Uheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 opdelt efter type af rundkørsel og antal indkørende motorkøretøjer.

Total indkørende ÅDT	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	Alle
122-2.499	0,07	0,12	-	-	0,12
2.500-4.999	0,05	0,07	-	-	0,07
5.000-7.499	0,21	0,04	0,11	-	0,06
7.500-9.999	-	0,03	0,00	-	0,03
10.000-14.999	0,00	0,03	0,02	-	0,03
15.000-19.999	-	0,04	0,05	-	0,05
20.000-37.833	-	0,02	0,04	0,02	0,03
I alt	0,10	0,04	0,03	0,02	0,04

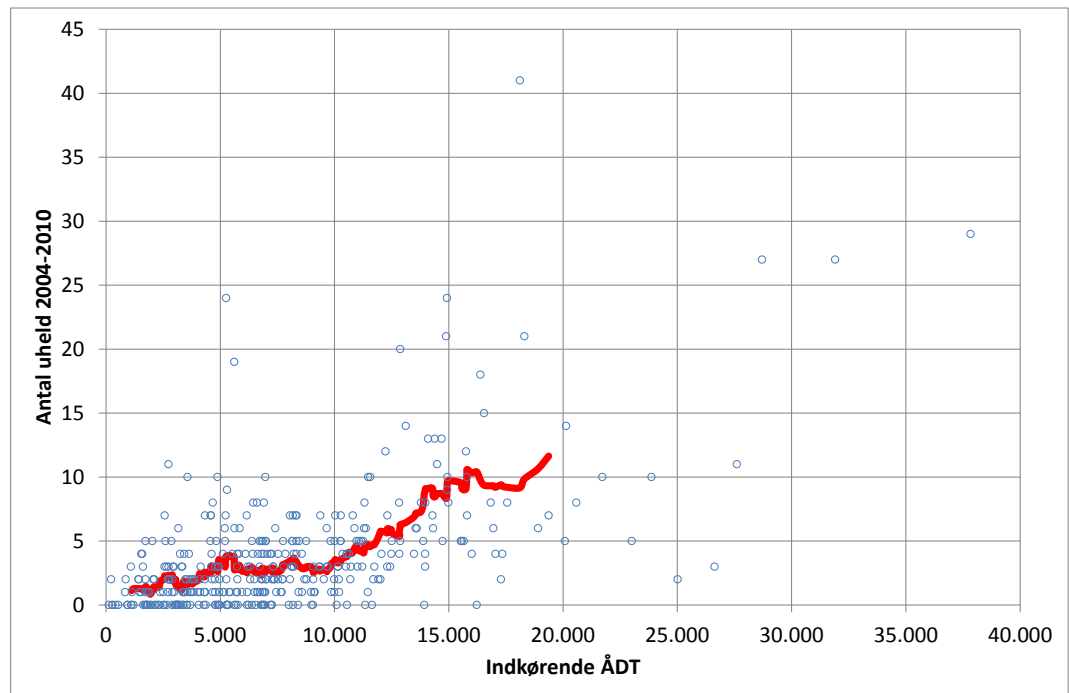
Tabel 7. Personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 opdelt efter type af rundkørsel og antal indkørende motorkøretøjer.

Tabeller (se bilag 1) lignende tabel 6 men for frekvensen af hhv. personskade-, materielskade- og ekstraueheld viser, at frekvensen af personskadeueheld pr. indkørende er klart faldende med stigende trafikmængde og er lavest for signalregulerede rundkørsler og højest for minirundkørsler. Frekvensen af materielskadeueheld pr. indkørende er svagt faldende med stigende trafikmængde og er næsten den samme for de fire typer af rundkørsler. Endelig er frekvensen af ekstraueheld pr. indkørende svagt stigende med stigende trafikmængde og er højest for signalregulerede rundkørsler og lavest for minirundkørsler.

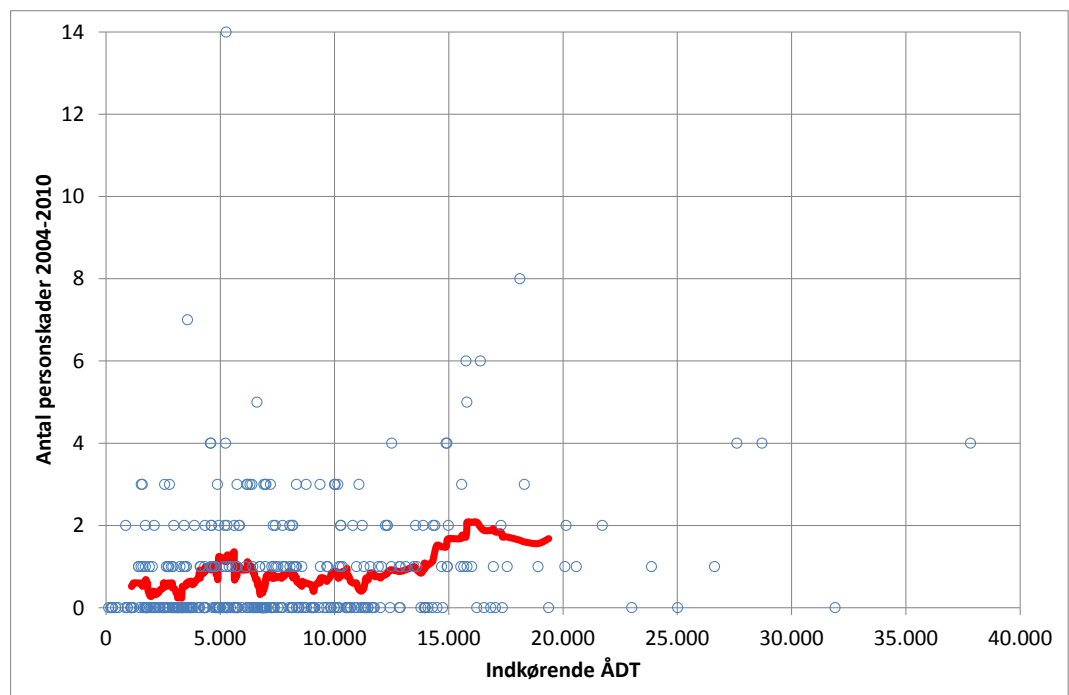
Tabeller (se bilag 1) lignende tabel 7 men for frekvensen af hhv. dræbte, alvorlige og lette skader viser, at frekvensen af dræbte/alvorlige skader pr. indkørende falder svagt med stigende trafikmængde, og er højest for minirundkørsler og nogenlunde ens for 1-sporede, flersporede og signalregulerede rundkørsler. Frekvensen af lette skader falder klart med stigende trafikmængde, og er højest for minirundkørsler og lavest for flersporede og signalregulerede rundkørsler.

Figur 3 og 4 på næste side viser uhelds- og personskadetætheden for samtlige rundkørsler samt bevægelige gennemsnit heraf. Figur 3 viser, at uheldstætheden klart afhænger af den indkørende trafikmængde. Uheldstætheden er dog næsten ens indenfor intervallet 5.000-10.000 indkørende pr. døgn, hvilket peger i retning af, at enten er der en eller flere andre betydende variable ud over trafikmængde eller sammenhængen mellem uheldstæthed og trafikmængde er kompleks.

Figur 4 peger i retning af, at personskadetætheden afhænger af den indkørende trafikmængde. Dog synes sammenhængen mellem personskadetæthed og trafikmængde at være betydeligt svagere end sammenhængen mellem uheldstæthed og trafikmængde. Personskadetætheden er næsten ens indenfor intervallerne 4.000-14.000 og 15.000-20.000 indkørende pr. døgn. Andre variable må derfor være af betydning for personskadetætheden eller sammenhængen mellem personskadetæthed og trafikmængde er mere kompleks.



Figur 3. Uheldstæthed og indkørende trafikmængde for de 375 rundkørsler. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit på 25 observationer.



Figur 4. Personskadetæthed og indkørende trafikmængde for de 375 rundkørsler. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit på 25 observationer.

I figur 3 og 4 er der to rundkørsler, som har langt flere uheld og personskader end man kan forvente. Det gælder to rundkørsler i Esbjerg på Gl. Vardevej hhv. ved Spangsbjerg Møllevvej med 24 uheld og 14 personskader og ved Frodesgade med

41 uheld og 8 personskader i årene 2004-2010. Den indkørende trafikmængde er her opgjort til hhv. 5.259 og 18.113 biler pr. døgn.

Indkørende ÅDT på side- veje	Indkørende ÅDT på hovedvejen						
	122-2.499	2.500- 4.999	5.000- 7.499	7.500- 9.999	10.000- 14.999	15.000- 25.493	I alt
0-499	0,35	0,13	0,12	0,14	0,16	-	0,17
500-999	0,28	0,29	0,12	0,11	0,13	-	0,19
1.000-1.499	0,28	0,40	0,17	0,14	0,09	0,09	0,22
1.500-2.499	0,09	0,17	0,17	0,12	0,34	-	0,17
2.500-4.999	-	0,14	0,15	0,19	0,24	0,18	0,19
5.000-15.555	-	0,15	0,14	0,24	0,28	0,18	0,22
I alt	0,31	0,20	0,15	0,17	0,25	0,17	0,19

Tabel 8. Uheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 opdelt efter antal indkørende motorkøretøjer på hhv. hoved- og sideveje.

I tabel 8 og 9 er uhelds- og personskadefrekvensen opgjort efter antal indkørende motorkøretøjer på hhv. hoved- og sideveje. Uheldsfrekvensen i tabel 8 ser ud til at falde svagt med en stigende indkørende trafikmængde på hovedvejen. Uheldsfrekvensen synes derimod ikke at afhænge af mængden af indkørende trafik fra sideveje.

Personskadefrekvensen i tabel 9 falder kraftigt med en stigende trafikmængde på hovedvejen. Derimod falder personskadefrekvensen kun svagt med en stigende trafikmængde på sideveje.

Indkørende ÅDT på side- veje	Indkørende ÅDT på hovedvejen						
	122-2.499	2.500- 4.999	5.000- 7.499	7.500- 9.999	10.000- 14.999	15.000- 25.493	I alt
0-499	0,12	0,05	0,02	0,03	0,00	-	0,05
500-999	0,08	0,08	0,05	0,03	0,03	-	0,06
1.000-1.499	0,11	0,15	0,01	0,02	0,00	0,03	0,06
1.500-2.499	0,00	0,05	0,05	0,02	0,01	-	0,04
2.500-4.999	-	0,06	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03
5.000-15.555	-	0,04	0,06	0,03	0,05	0,02	0,04
I alt	0,11	0,07	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04

Tabel 9. Personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 opdelt efter antal indkørende motorkøretøjer på hhv. hoved- og sideveje.

3.2 Uheldsfrekvenser for forskellige rundkørsler

I nærværende afsnit vil uheldsfrekvenser for forskellige rundkørsler blive vist. Rundkørsler bliver opsplittet efter antal vejgrene, by- og landzone, hastighedsbegrænsning, type af cykelfacilitet, den samlede diameter af midterø og overkørselsareal samt rundkørselens fartdæmpende egenskaber udtrykt ved type af sekundær-

heller og forsætningens størrelse. I tabel 10 ses uheldsfrekvenser opdelt efter antal vejgrene, by- og landzone samt hastighedsbegrænsning.

Zone og hastighedsbegrænsning		Antal vejgrene			
		2-3	4	5-7	I alt
By	40-50 km/t	0,13	0,27	0,38	0,25
	60-110 km/t	0,15	0,18	0,32	0,19
	I alt	0,13	0,24	0,36	0,23
Land	50-70 km/t	0,14	0,17	0,36	0,18
	80-130 km/t	0,11	0,15	0,19	0,15
	I alt	0,12	0,15	0,20	0,15
I alt		0,12	0,19	0,27	0,19

Tabel 10. Uheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 opdelt efter antal vejgrene, zone og højeste hastighedsbegrænsning på rundkørslens vejgrene ca. 100 m fra rundkørslen.

Af tabel 10 ses, at uheldsfrekvensen bliver højere, jo flere vejgrene rundkørslen har. Denne relation mellem antal vejgrene og uheldsfrekvens er stærkere i byer end på landet og synes at aftage, desto højere hastighedsbegrænsningen er. Uheldsfrekvensen er godt 50% højere i by- end i landzone, og uheldsfrekvensen aftager, jo højere hastighedsbegrænsningen er. Baggrunden for relationerne kan evt. være varierende tæthed af uheld med fodgængere, cyklister og knallertkørere. Af tabel 11 nedenfor ses, at uheldsfrekvensen ikke synes at afhænge nævneværdigt af den totale indkørende trafikmængde. Dog er der en tendens til, at de mere trafikerede rundkørsler har flere vejgrene end mindre trafikerede rundkørsler.

Zone og total indkørende ÅDT		Antal vejgrene			
		2-3	4	5-7	I alt
By	122-7.499 biler/døgn	0,12	0,29	0,33	0,25
	7.500-37.833 biler/døgn	0,15	0,20	0,37	0,23
	I alt	0,13	0,24	0,36	0,23
Land	122-7.499 biler/døgn	0,12	0,16	0,12	0,15
	7.500-37.833 biler/døgn	0,11	0,14	0,20	0,15
	I alt	0,12	0,15	0,20	0,15
I alt		0,12	0,19	0,27	0,19

Tabel 11. Uheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 opdelt efter antal vejgrene, zone og total indkørende årsdøgntrafik.

I tabel 12 på næste side er uheldsfrekvensen for 1-sporede rundkørsler opgjort efter den samlede diameter for midterø og overkørselsareal. Midterøen er typisk større, jo flere vejgrene rundkørslen har. Nogle af tallene i tabel 12 er forbundet med stor usikkerhed, da grundlaget for opgørelse af uheldsfrekvenser kan være beskedent. Tages der højde for dette, så er der ikke meget, der tyder på, at den samlede diameter for midterø og overkørselsareal påvirker uheldsfrekvensen nævneværdigt.

Zone og den samlede diameter af midterø og overkørselsareal		Antal vejgrene			
		2-3	4	5-7	I alt
By	3,5-19,9 m	0,16	0,26	0,18	0,23
	20,0-29,9 m	0,15	0,21	0,42	0,21
	30,0-39,9 m	0,06	0,15	0,35	0,23
	40,0-143,0 m	-	0,19	0,19	0,19
	I alt	0,14	0,23	0,30	0,22
Land	3,5-19,9 m	0,00	0,15	-	0,12
	20,0-29,9 m	0,14	0,11	-	0,12
	30,0-39,9 m	0,11	0,15	0,11	0,14
	40,0-143,0 m	0,13	0,15	0,16	0,15
	I alt	0,12	0,14	0,15	0,14
I alt		0,13	0,18	0,22	0,18

Tabel 12. Uheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler opdelt efter antal vejgrene, zone og den samlede diameter for midterø og overkørselsareal.

Zone og type af sekundærhelle		Antal vejgrene			
		2-3	4	5-7	I alt
By	Ingen	0,00	0,17	0,56	0,21
	Parallel	0,21	0,19	0,26	0,21
	Trekant	0,07	0,24	0,45	0,23
	Blandet	0,17	0,23	0,19	0,22
	I alt	0,14	0,23	0,30	0,22
Land	Ingen	0,00	0,00	-	0,00
	Parallel	0,13	0,20	0,18	0,18
	Trekant	0,09	0,14	0,18	0,14
	Trompet	0,15	0,17	0,17	0,17
	Blandet	0,12	0,10	0,13	0,11
	I alt	0,12	0,14	0,15	0,14
I alt		0,13	0,18	0,22	0,18

Tabel 13. Uheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler opdelt efter antal vejgrene, zone og type af sekundærhelle.

I tabel 13 er uheldsfrekvensen for 1-sporede rundkørsler opgjort efter type af sekundærhelle. Nogle tal i tabel 13 er forbundet med stor usikkerhed. Tages der højde for det, synes helletypen ikke at påvirke uheldsfrekvensen nævneværdigt.

I tabel 14 på næste side er uheldsfrekvensen for 1-sporede rundkørsler opgjort efter type af cykelfacilitet. Igen er en række tal forbundet med stor usikkerhed. I byzone falder to steder typer i øjnene, da rundkørsler med farvede cykelbaner har en meget høj uheldsfrekvens, mens rundkørsler med separate stier, hvor cyklister skal vige for motorkøretøjer ved krydsning af vejgrene, har en meget lav uheldsfrekvens. I det åbne land har rundkørsler med farvede cykelbaner også en noget højere uheldsfrekvens end de andre 1-sporede rundkørsler.

Zone og type af cykelfacilitet		Antal vejgrene			
		2-3	4	5-7	I alt
By	Ingen	0,05	0,19	0,15	0,17
	Cykelbane	0,11	0,20	0,30	0,20
	Farvet cykelbane	0,18	0,35	0,32	0,29
	Cykelsti	0,09	0,26	0,34	0,25
	Farvet cykelsti	0,22	0,21	0,34	0,22
	Separat sti	0,04	0,13	0,19	0,11
	I alt	0,14	0,23	0,30	0,22
Land	Ingen	0,14	0,12	0,00	0,12
	Cykelbane	0,08	0,14	0,23	0,14
	Farvet cykelbane	-	0,19	0,28	0,21
	Cykelsti	0,08	0,15	0,09	0,13
	Farvet cykelsti	-	0,16	0,17	0,16
	Separat sti	0,15	0,15	0,09	0,14
	To-plan	0,07	0,13	0,20	0,14
	I alt	0,12	0,14	0,15	0,14
I alt		0,13	0,18	0,22	0,18

Tabel 14. Uheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler opdelt efter antal vejgrene, zone og type af cykelfacilitet.

3.3 Uheldsmodeller for rundkørsler kun med trafikmængder

I det følgende beskrives de udviklede uheldsmodeller, hvor kun trafikmængder indgår, som uafhængige variable. For at opgøre Elvik's indeks er en modeltype 0 estimeret og er estimeret for hhv. alle 375 rundkørsler og de 369 rundkørsler, hvor der er trafik på sideveje. For modellerne estimeres konstanterne a , P , P_1 og P_2 . Derudover estimeres spredningsparameter (k), Elviks indek's, AIC samt 95% konfidensintervaller og sandsynligheder for konstanter og spredningsparameter. Der er udviklet tre typer af uheldsmodeller, se nedenfor, for forskellige alvorligheder af uheld og personskader. Da uheldsdata fra 2004-2010 indgår for samtlige steder og der ikke forefindes trafikdata fra de enkelte år, er uheldsmodellerne alle estimeret for perioden 2004-2010. UHT er altså det modellerede antal uheld i 2004-2010, hvilket reflekteres i konstanten a . Ønsker man et modelleret antal uheld pr. år kan værdien for a divideres med syv.

Modeltype 0: $UHT = a$

Modeltype 1: $UHT = a \times N_{\text{total, indkørende ÅDT}}^P$

Modeltype 2: $UHT = a \times N_{\text{hovedvej, indkørende ÅDT}}^{P_1} \times N_{\text{sideveje, indkørende ÅDT}}^{P_2}$

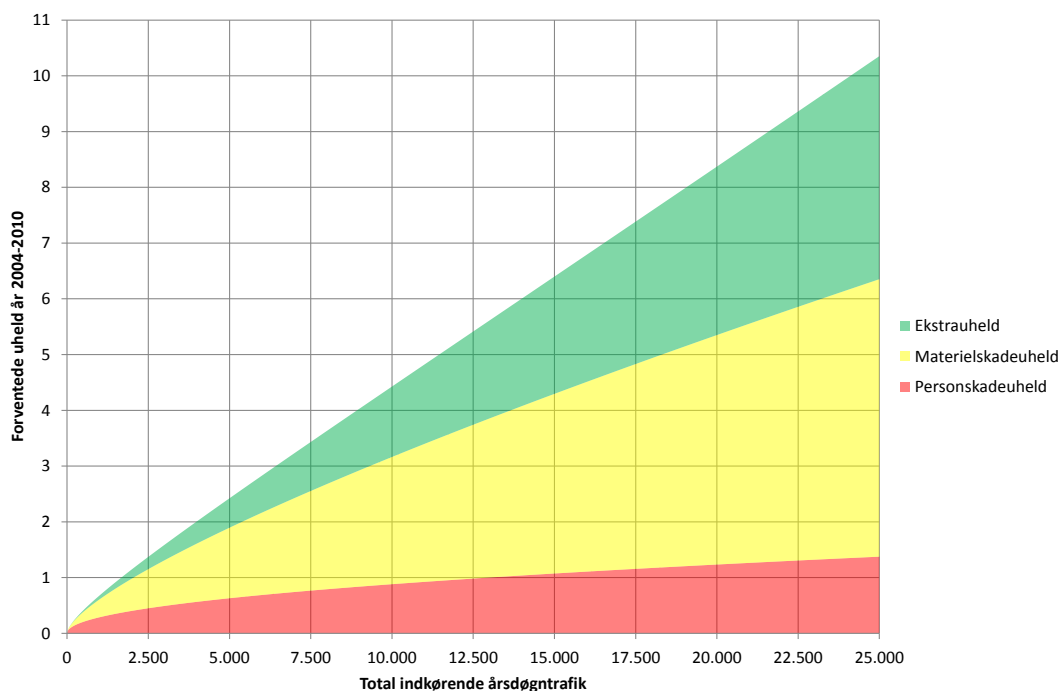
I tabel 15 på næste side er vist uheldsmodeller af type 0 og 1 baseret på alle 375 rundkørsler. Af tabellen ses, at samtlige a og P værdier er statistisk signifikante, og at modeltype 1 er bedre end modeltype 0. Det ses ud fra Elvik's indeks, at total

indkørende årsdøgntrafik (ÅDT) forklarer 44% af den systematiske variation i forekomsten af alle uheld (uheldsmodellen: $UHT=0,0019 \times N^{0,84}$).

Uhedsart		Alle uheld		Person- og materiel-skadeuheld		Personskadeuheld	
Modeltype		0	1	0	1	0	1
Estimat	a	3,78	0,0019	2,69	0,0039	0,76	0,010
	P	-	0,84	-	0,73	-	0,49
	k	1,06	0,59	1,11	0,74	1,24	1,03
95% konfidens-interval	a	3,37-4,26	0,00055-0,0065	2,38-3,04	0,00097-0,015	0,65-0,89	0,0014-0,069
	P	-	0,71-0,98	-	0,58-0,88	-	0,27-0,71
	k	0,88-1,29	0,46-0,75	0,90-1,37	0,58-0,95	0,83-1,77	0,66-1,52
Sandsynlighed (p-værdi)	a	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0009	<0,0001
	P	-	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001
AIC		1.843,1	1.713,3	1.618,9	1.537,5	905,5	887,7
Elvik's indeks		-	0,44	-	0,33	-	0,17

Tabel 15. Negativ binomialfordelte uheldsmodeller baseret på 375 rundkørsler, uheldsdata 2004-2010 og trafikdata 2009.

I bilag 2 findes uheldsmodeller for hhv. materielskadeuheld og ekstrauheld. Af bilag 2 og tabel 15 ses, at total indkørende årsdøgntrafik kan forklare 17%, 40% og 62% af den systematiske variation i hhv. personskadeuheld ($P=0,49$), materielskadeuheld ($P=0,85$) og ekstrauheld ($P=1,26$). Så jo mindre alvorlig uheldet er, desto stærkere er relationen til trafikmængde.



Figur 5. Forventet uheldstæthed 2004-2010 baseret på modeller for hhv. personskade-, materielskade- og ekstrauheld af modeltype 1 vist i tabel 15 og bilag 2.

I figur 5 er modelresultater (hhv. personskade-, materielskade- og ekstrauheld) illustreret. Ved en total indkørende ÅDT på 5.000 forventes 0,63 personskadeuheld, 1,27 materielskadeuheld og 0,53 ekstrauheld i årene 2004-2010, ved en ÅDT på 10.000 forventes hhv. 0,88, 2,28 og 1,26, mens der ved en ÅDT på 20.000 forventes 1,23 personskadeuheld, 4,12 materielskadeuheld og 3,02 ekstrauheld. Det ses tydeligt, at mere trafik medfører mindre alvorlige uheld.

Skadesgrad		Alle personskader		Dræbt, alvorlig skade		Let skade	
Modeltype		0	1	0	1	0	1
Estimat	a	0,83	0,013	0,39	0,0031	0,43	0,012
	P	-	0,47	-	0,54	-	0,41
	k	1,48	1,28	1,95	1,58	1,74	1,58
95% konfidens-interval	a	0,70-0,98	0,0017-0,090	0,32-0,49	0,00022-0,040	0,35-0,53	0,00086-0,14
	P	-	0,25-0,70	-	0,26-0,84	-	0,13-0,70
	k	1,03-2,05	0,87-1,81	1,14-3,09	0,86-2,60	1,03-2,72	0,92-2,51
Sandsynlighed (p-værdi)	a	0,0246	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0006
	P	-	<0,0001	-	0,0002	-	0,0049
AIC		942,9	927,3	619,0	606,8	659,7	653,5
Elvik's indeks		-	0,14	-	0,19	-	0,09

Tabel 16. Negativ binomialfordelte personskademodeller baseret på 375 rundkørsler, uheldsdata 2004-2010 og trafikdata 2009.

I tabel 16 er personskademodeller af type 0 og 1 vist baseret på data fra alle 375 rundkørsler. Det ses af Elvik's indeks, at total indkørende årsdøgntrafik (ÅDT) kun kan forklare 9-19% af den systematiske variation i forekomsten af forskellige personskader. Modeller alene for dræbte er ikke statistisk signifikante.

I tabel 17 og 18 på næste side er uhelds- og personskademodeller af type 0, 1 og 2 baseret på de 369 rundkørsler med mindst tre tilfarter. I bilag 2 findes tilsvarende uheldsmodeller for hhv. materielskadeuheld og ekstrauheld. Opsplitningen af den indkørende trafikmængde på hoved- og sideveje medfører, at yderligere 0-10% af den systematiske variation forklares. Modeller af type 2 synes bedre at anvende end type 0 og 1, når modellen gælder for alle uheld, materielskadeuheld eller person- og materielskadeuheld. Derimod er modeltype 1 bedre at bruge, når modellen gælder for personskadeuheld, ekstrauheld, alle personskader, dræbte og alvorlige skader samt lette skader. Tætheden af personskader og personskadeuheld korrelerer kun svagt med trafikmængden på hovedvejen, mens tætheden af ekstrauheld korrelerer kun svagt med trafikmængden på sideveje.

Uheldsart		Alle uheld			Person- og materielskadeuheld			Personskadeuheld		
Modeltype		0	1	2	0	1	2	0	1	2
Estimat	a	3,80	0,0020	0,0075	2,70	0,0040	0,020	0,77	0,0089	0,040
	P	-	0,84	-	-	0,72	-	-	0,50	-
	P ₁	-	-	0,42	-	-	0,22	-	-	0,048
	P ₂	-	-	0,35	-	-	0,41	-	-	0,35
	k	1,07	0,60	0,56	1,11	0,75	0,67	1,22	1,01	0,92
95% konfidensinterval	a	3,38-4,28	0,00056-0,0068	0,0021-0,026	2,38-3,06	0,0010-0,016	0,0049-0,080	0,65-0,91	0,0012-0,061	0,0053-0,28
	P	-	0,70-0,98	-	-	0,57-0,88	-	-	0,28-0,72	-
	P ₁	-	-	0,23-0,61	-	-	0,01-0,43	-	-	-0,24-0,35
	P ₂	-	-	0,23-0,46	-	-	0,28-0,53	-	-	0,17-0,53
	k	0,88-1,29	0,47-0,76	0,43-0,71	0,89-1,37	0,58-0,95	0,51-0,87	0,81-1,75	0,64-1,48	0,58-1,38
Sandsynlighed (p-værdi)	a	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0015	<0,0001	0,0013
	P	-	<0,0001	-	-	<0,0001	-	-	<0,0001	-
	P ₁	-	-	<0,0001	-	-	0,0402	-	-	0,7496
	P ₂	-	-	<0,0001	-	-	<0,0001	-	-	0,0002
AIC	1.816,7	1.690,1	1.678,7	1.595,6	1.516,3	1.498,7	897,2	878,4	872,2	
Elvik's indeks	-	0,44	0,48	-	0,33	0,40	-	0,17	0,24	

Tabel 17. Negativ binomialfordelte uheldsmodeller baseret på i alt 369 rundkørsler med mindst tre tilfarer, uheldsdata 2004-2010 og trafikdata 2009.

Skadesgrad		Alle personskader			Dræbte og alvorlige skader			Lette skader		
Modeltype		0	1	2	0	1	2	0	1	2
Estimat	a	0,84	0,011	0,045	0,40	0,0032	0,024	0,44	0,0095	0,023
	P	-	0,48	-	-	0,54	-	-	0,43	-
	P ₁	-	-	0,065	-	-	-0,074	-	-	0,16
	P ₂	-	-	0,33	-	-	0,47	-	-	0,22
	k	1,46	1,25	1,17	1,90	1,53	1,34	1,73	1,56	1,53
95% konfidensinterval	a	0,71-0,99	0,0015-0,081	0,0058-0,33	0,32-0,49	0,00022-0,040	0,0017-0,29	0,36-0,54	0,00067-0,12	0,0016-0,29
	P	-	0,26-0,71	-	-	0,26-0,84	-	-	0,15-0,73	-
	P ₁	-	-	-0,24-0,37	-	-	-0,47-0,33	-	-	-0,22-0,55
	P ₂	-	-	0,14-0,51	-	-	0,22-0,74	-	-	-0,01-0,45
	k	1,02-2,03	0,85-1,77	0,79-1,68	1,10-3,02	0,83-2,53	0,70-2,27	1,03-2,72	0,90-2,48	0,88-2,44
Sandsynlighed (p-værdi)	a	0,0363	<0,0001	0,0024	<0,0001	<0,0001	0,0042	<0,0001	0,0004	0,0043
	P	-	<0,0001	-	-	0,0002	-	-	0,0032	-
	P ₁	-	-	0,6725	-	-	0,7166	-	-	0,4087
	P ₂	-	-	0,0006	-	-	0,0003	-	-	0,0595
AIC	934,4	917,9	913,2	615,5	603,2	596,3	653,0	646,0	646,3	
Elvik's indeks	-	0,14	0,20	-	0,19	0,29	-	0,10	0,12	

Tabel 18. Negativ binomialfordelte personskademodeller baseret på 369 rundkørsler med mindst 3 tilfarer, uheldsdata 2004-2010 og trafikdata 2009.

3.4 Uheldsmodeller med trafikmængde og rundkørselsdesign

I dette afsnit udføres to faktor-uheldsmodeller dels baseret på alle uheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler dels på personskadeuheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.

3.4.1 Model for alle uheld

I det følgende er den estimerede model for alle uheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler beskrevet.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's indeks
0	-	a	1	-	1.843,1	1,0624	0,000
1	LnTotalind	P	1	131,80	1.713,3	0,5931	0,442
2	Vejcenter	b ₁	5	40,59	1.682,7	0,4718	0,556
3	Vejgrene	b ₂	5	29,66	1.663,0	0,3970	0,626
4	Andelfortov	b ₃	1	23,85	1.641,2	0,3523	0,668
5	Helletype	b ₄	4	24,85	1.624,3	0,3129	0,705
6	Hastbegrlav	b ₅	4	25,97	1.606,4	0,2670	0,749
7	Cykelfacilitet	b ₆	6	22,96	1.595,4	0,2203	0,793
8	Midterrabatadvej	b ₇	1	17,49	1.579,9	0,2024	0,809
9	Forvarslingafstand	b ₈	5	20,62	1.569,3	0,1650	0,845

Tabel 19. Variable i uheldsmodel baseret på alle uheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.

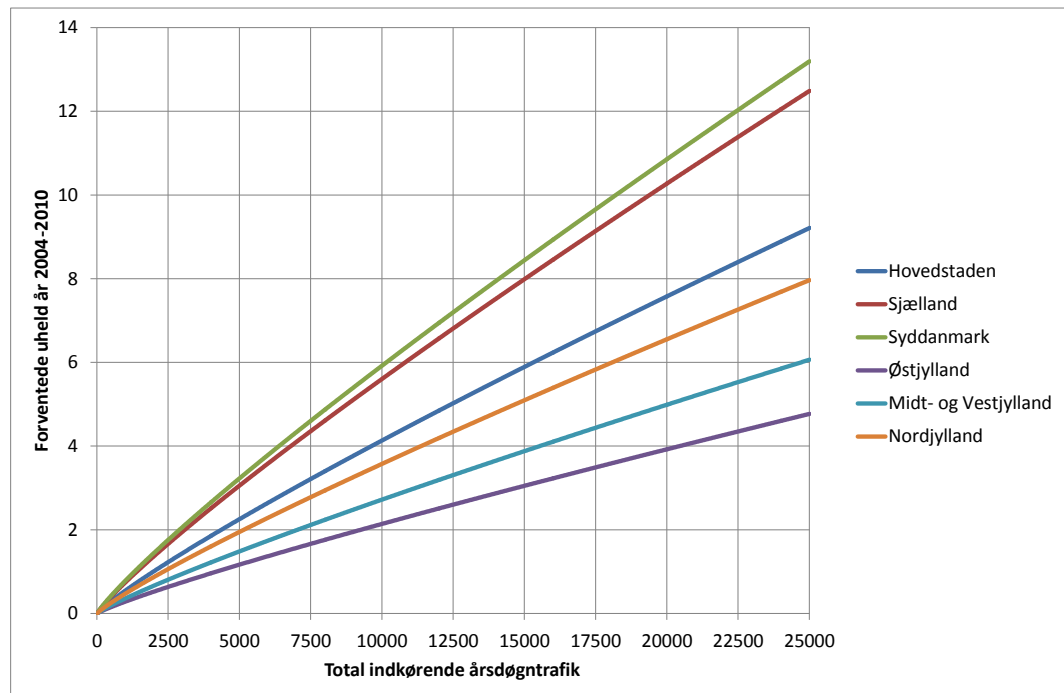
I tabel 19 er vist de enkelte trin i modelleringsprocessen baseret på alle uheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler. I alt 9 variable er statistisk signifikante og kan samlet forklare 84,5% af den systematiske variation i uheldsforekomsten. Faktisk er flere variable end de ni i tabel 14 statistisk signifikante, men disse yderligere variable har en ringe forklaringskraft og er vurderet ikke at forbedre modellen. Det bemærkes, at hverken type eller størrelse af rundkørsler indgår i uheldsmodellen i tabel 19. I tabel 20 på næste side er vist parameterestimer for den fulde model med alle ni variable.

Den første variabel, der indtræder i modellen, er total indkørende årsdøgntrafik, *LnTotalind*. Den er også den mest betydningsfulde variabel og kan forklare 44,2% af den systematiske variation. Når *LnTotalind* er i modellen, så er opdelingen af trafikken på hoved- og sideveje ikke væsentlig. Det er bedre at basere modellen på den totale indkørende trafik end opdelt på hoved- og sideveje. Parameterestimatet for *LnTotalind* – P – varierer mellem 0,61-0,89 på de ni trin i modelleringsprocessen, hvor variabelen indgår. Det er primært variablerne *Helletype*, *Hastbegrlav*, *Cykelfacilitet* og *Midterrabatadvej*, der reducerer *LnTotalind* indvirkning på uheldstætheden.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,09545	0,01484	0,6300
LnTotalind (P)	-	0,6507	0,5078	0,7955
Vejcenter (b ₁)	Hovedstaden	-0,5555	-0,7898	-0,3224
	Sjælland	-0,0789	-0,3086	0,1494
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-1,0154	-1,4015	-0,6433
	Midt- og Vestjylland	-0,8485	-1,1314	-0,5711
	Nordjylland	-0,5325	-0,8293	-0,2410
Vejgrene (b ₂)	2	-2,3376	-3,9348	-0,8109
	3	-3,0470	-4,3054	-1,8687
	4	-2,3299	-3,5704	-1,1729
	5	-2,1430	-3,3983	-0,9678
	6	-1,8622	-3,1592	-0,6363
	7	0,0000	-	-
	Andelfortov (b ₃)	-	0,8141	0,5289
Helletype (b ₄)	Ingen	-1,4161	-1,9816	-0,8796
	Parallel	-0,3641	-0,7200	-0,0112
	Trekant	-0,3416	-0,6275	-0,0570
	Trompet	0,0000	-	-
	Blandet	-0,5679	-0,8549	-0,2840
Hastbegrlav (b ₅)	Under 50 km/t	0,0000	-	-
	50 km/t	0,5064	0,2047	0,8167
	60 km/t	0,8535	0,4021	1,3141
	70 km/t	1,4306	0,9151	1,9545
	80 km/t	0,8458	0,4611	1,2376
Cykelfacilitet (b ₆)	Ingen	-0,5661	-0,9684	-0,1596
	Cykelbane	-0,4559	-0,8279	-0,0790
	Farvet cykelbane	0,0103	-0,3920	0,4176
	Cykelsti	-0,3616	-0,7414	0,0221
	Farvet cykelsti	-0,1430	-0,5567	0,2769
	Separat sti	-0,2332	-0,5988	0,1375
	To-plan	0,0000	-	-
Midterrabatadvej (b ₇)	Ja	0,5004	0,3038	0,7002
Forvarslingsafstand (b ₈)	Ingen	0,4389	0,1124	0,7598
	Under 100 m	0,3906	0,1263	0,6533
	100-149 m	-0,1046	-0,3487	0,1353
	150-199 m	0,0000	-	-
	200 m og længere	0,0893	-0,1341	0,3144
	Ukendt	0,6308	0,0232	1,2103

Tabel 20. Parameterestimer for fuld model for alle uheld 2004-2010 i alle rundkørsler med ni variable.

Vejcenter er den næstmest betydningsfulde variabel. Parameterestimerne for denne variabel er stabile gennem modelleringsprocessen. Uheldsfrekvensen fra område til områder varierer således ikke, fordi rundkørsler er forskelligt designet, men fordi trafikanter færdes med en højere risiko i et område i forhold til et andet eller uheldsregistreringspraksis varierer mellem områderne. Der er en stor forskel i uheldsfrekvensen mellem vejcenterområderne. I figur 6 er vist den forventede uheldstæthed baseret på modellen, hvor *LnTotalind* og *Vejcenter* indgår (trin 2).

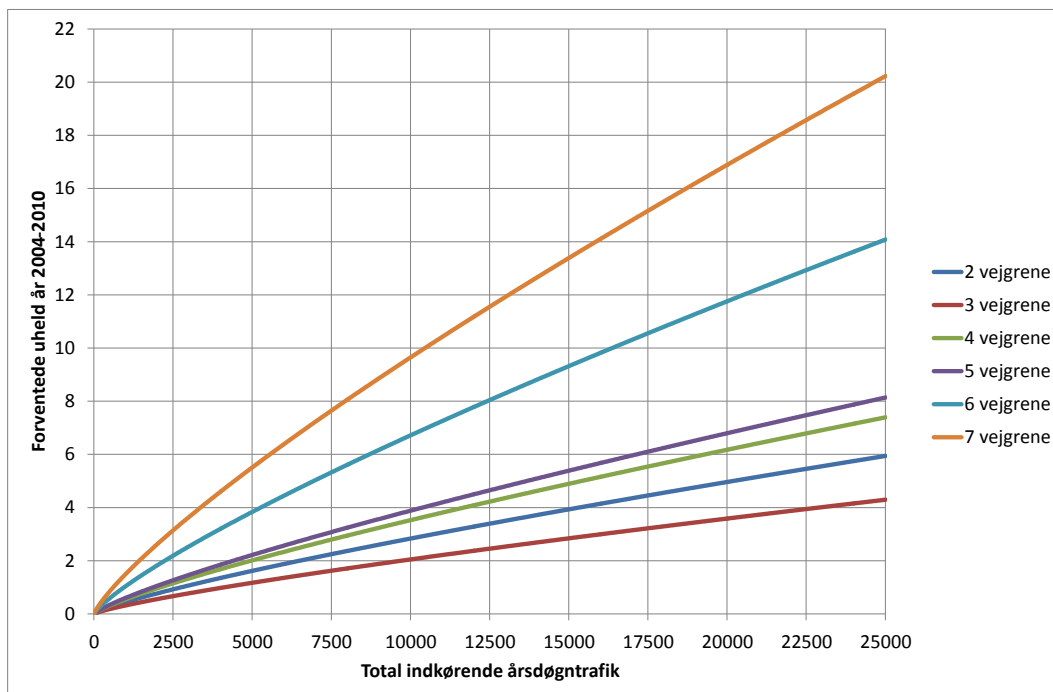


Figur 6. Forventet uheldstæthed 2004-2010 baseret på model for alle uheld med de uafhængige variable $\ln Totalind$ og $Vejcenter$.

Antallet af frafarter, tilfarter eller vejgrene betragtes som en kategorivariabel er den tredje mest betydende variabel. Modelleringsprocessen viser her, at det er mest hensigtsmæssigt at benytte variabelen *Vejgrene* frem for de to andre. De mest sikre rundkørsler set i forhold til indkørende trafikmængde er rundkørsler med tre vejgrene. Jo flere vejgrene, der er udover tre, desto flere uheld forventes der at indtræffe. Rundkørsler med to vejgrene er nogenlunde lige så sikre som rundkørsler med fire vejgrene ifølge den fulde model, men lidt sikrere end rundkørsler med fire vejgrene ifølge modellen på trin 3, se figur 7 på næste side. Parameterestimer for rundkørsler med to, seks og syv vejgrene svinger noget, hvilket formentligt skyldes, at der indgår relativt få rundkørsler med det antal vejgrene i modellen.

I den fulde model findes to variable for gang- og cykelfaciliteter: *Andelfortov*, som beskriver andelen af vejgrene med fortov langs vej ca. 100 m fra rundkørslen, og *Cykelfacilitet*, der beskriver faciliteten for cyklister i rundkørslen. Parameterestimerne viser, at jo flere vejgrene, der har fortove, desto flere uheld forventes der. *Andelfortov* er formentligt stærkt korreleret med antallet af fodgængere og cyklister pr. dag i rundkørslen. Det er næppe forekomsten af fortov langs vejene hen til rundkørslen, der påvirker uheldsmængden, men snarere antallet af fodgængere og især cyklister. Parameterestimer for *Cykelfacilitet* kunne tyde på, at farvede cykelfaciliteter er forbundet med en højere uheldsfrekvens end tilsvarende faciliteter uden farve. *Cykelfacilitet* er formentligt stærkt korreleret med antallet af cyklister pr. dag i rundkørslen, og det er derfor vanskeligt at konkludere denne variabels egentlige sikkerhedsmæssige betydning. Samtidig kan det være, at fore-

komsten af farvede cykelfaciliteter er endogen, altså at faciliteten er blevet farvet, fordi der er sket mange cykeluheld.



Figur 7. Forventet uheldstæthed 2004-2010 i Nordjylland baseret på model for alle uheld med de uafhængige variable $\ln Totalind$, $Vejcenter$ og $Vejgrene$.

Helletype er forbundet med type og størrelse af rundkørslen, der ikke indgår som variable i modellen. Samtidig samvarierer $\ln Totalind$ og *Helletype*, især fordi rundkørsler med sekundærheller har ca. tre gange mere trafik end rundkørsler uden sekundærheller. Parameterestimererne for *Helletype* kan derfor forekomme at være misvisende.

Hastbegravn angiver hastighedsbegrænsningen for den vejgren med den laveste hastighedsbegrænsning ca. 100 m fra rundkørslen. Jo højere hastighedsbegrænsningen er, desto større uheldtæthed forventes. Dog er estimatet for 80 km/t på samme niveau som for 60 km/t.

Forvarslingafstand: Det synes at være mere sikkert at have forvarsling og vejvisning af rundkørslen ca. 100 m eller længere væk fra rundkørslen set i forhold til ikke at have sådan forvarsling eller at have forvarsling 20-100 m fra rundkørslen.

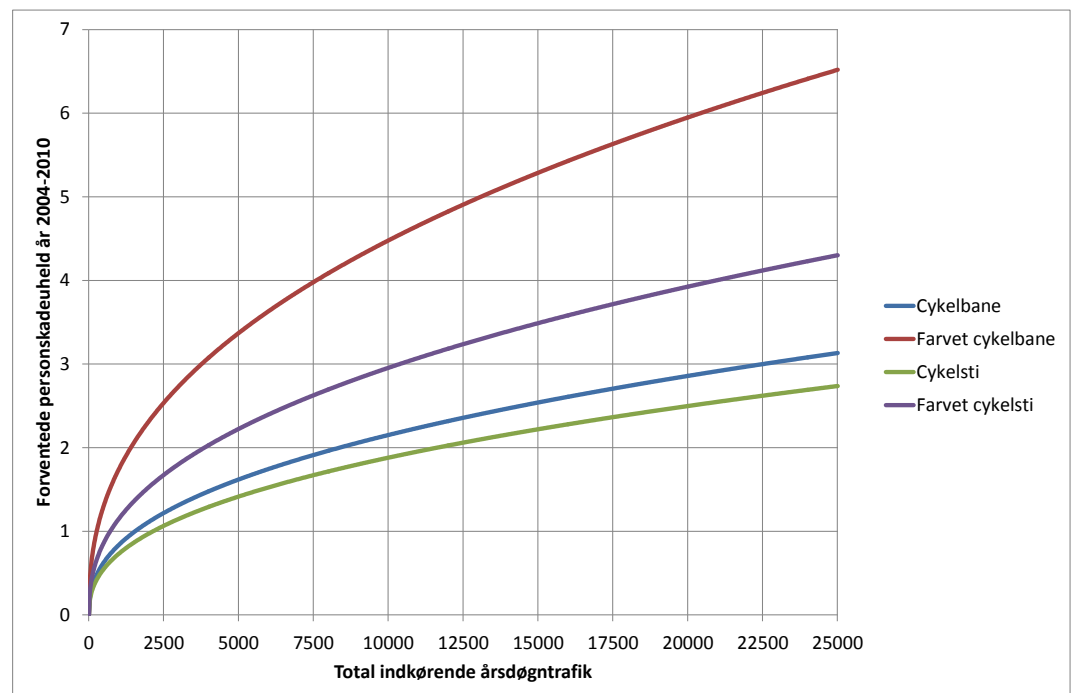
3.4.2 Model for personskadeuheld

I det følgende er den estimerede model for personskadeuheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler beskrevet. I tabel 21 på næste side er vist de enkelte trin i modeleringsprocessen baseret på personskadeuheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler. Syv variable er statistisk signifikante og kan forklare 86,1% af den systemati-

ske variation i uheldsforekomsten. Der er ikke yderligere signifikante variable. Det kan igen bemærkes, at hverken type eller størrelse af rundkørsler indgår i uheldsmodellen i tabel 21. I tabel 22 på næste side er vist parameterestimater for den fulde model med syv variable.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's indeks
0	-	A	1	-	905,5	1,2360	0,000
1	Cykelfacilitet	b_1	6	34,55	883,0	0,8761	0,291
2	Vejgrene	b_2	5	29,35	863,6	0,6303	0,490
3	LnTotalind	P	1	14,93	850,7	0,5342	0,568
4	Vejcenter	b_3	5	19,40	841,3	0,4195	0,661
5	Andelfortov	b_4	1	16,29	827,0	0,3132	0,747
6	Helletype	b_5	4	17,00	818,0	0,2260	0,817
7	Hastbegravn	b_6	4	12,92	813,1	0,1721	0,861

Tabel 21. Variable i uheldsmodel baseret på personskadeuheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.



Figur 8. Forventet personskadeuheldstæthed 2004-2010 i Syddanmark for rundkørsler med fire vejgrene, fortove, trekantsheller og 50 km/t hastighedsbegrænsning samt hhv. cykelbane, farvet cykelbane, cykelsti og farvet cykelsti.

Type af *Cykelfacilitet* i rundkørslen indtræder som den første variabel i modellen. Variablen kan forklare 29,1% af den systematiske variation. Type af cykelfacilitet korrelerer formentligt kraftigt med antallet af cyklister i rundkørslen. Modellen tyder dog på, at rundkørsler med farvede cykelfaciliteter er mere usikre end rundkørsler med tilsvarende faciliteter uden farve. Til illustration er der i figur 8 vist

den forventede tæthed af personskadeuheld i en rundkørsel i Syddanmark med fire vejgrene med fortove, trekantsheller og 50 km/t hastighedsbegrænsning samt hhv. cykelbane, farvet cykelbane, cykelsti og farvet cykelsti i rundkørslen.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,1874	0,009284	3,7844
Cykelfacilitet (b ₁)	Ingen	-0,4739	-1,3005	0,3528
	Cykelbane	-0,0314	-0,7727	0,7099
	Farvet cykelbane	0,7018	-0,0602	1,4638
	Cykelsti	-0,1661	-0,9216	0,5894
	Farvet cykelsti	0,2860	-0,5115	1,0836
	Separat sti	-0,3777	-1,1566	0,4012
	To-plan	0,0000	-	-
Vejgrene (b ₂)	2	-25,7716	-137,338	137,286
	3	-3,9007	-5,7007	-2,1006
	4	-3,0600	-4,8200	-1,2999
	5	-3,0636	-4,8734	-1,2539
	6	-2,2195	-4,0754	-0,3636
	7	0,0000	-	-
	LnTotalind (P)	-	0,4098	0,1740
Vejcenter (b ₃)	Hovedstaden	-0,3783	-0,7980	0,0414
	Sjælland	0,0949	-0,2977	0,4874
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-1,3647	-2,2444	-0,4850
	Midt- og Vestjylland	-0,3592	-0,8376	0,1191
	Nordjylland	0,2661	-0,1959	0,7282
Andelfortov (b ₄)	-	1,1357	0,6655	1,6059
Helletype (b ₅)	Ingen	-1,6225	-2,6158	-0,6291
	Parallel	-0,3656	-0,9853	0,2541
	Trekant	-0,2781	-0,7875	0,2314
	Trompet	0,0000	-	-
	Blandet	-0,6476	-1,1623	-0,1329
Hastbegrlav (b ₆)	Under 50 km/t	0,0000	-	-
	50 km/t	0,8998	0,3308	1,4687
	60 km/t	0,6660	-0,3082	1,6401
	70 km/t	1,3214	0,2688	2,3739
	80 km/t	1,0692	0,3435	1,7950

Tabel 22. Parameterestimer for fuld model for personskadeuheld 2004-2010 i alle rundkørsler med i alt syv variable.

Antallet af frafarter, tilfarter eller vejgrene betragtet som en kategorivariabel er også en væsentlig variabel. Modelleringsprocessen viser her, at det er mest hensigtsmæssigt at benytte variabelen *Vejgrene* frem for de to andre. Jo flere vejgrene, desto flere personskadeuheld forventes der at indtræffe. Dog er antallet af forventede personskadeuheld for rundkørsler med hhv. fire og fem vejgrene næsten ens gennem hele modelleringsprocessen.

LnTotalind indtræder som den tredje variabel i modellen, men er faktisk den variabel med størst forklaringskraft i den fulde model. Det bedre at basere modellen

på den totale indkørende trafik end opdelt på hoved- og sideveje. Parameterestimatet for $LnTotalind - P$ varierer mellem 0,41 og 0,58 på de fem trin i modelleringsprocessen, hvor variabelen indgår. Ligesom i modellen for alle uheld er det især variablerne *Helletype*, *Hastbegrlav* og *Cykelfacilitet*, der reducerer $LnTotalind$ betydning for uheldstætheden.

Vejcenter er igen en betydningsfuld variabel. Parameterestimerne for variabelen er stabile gennem modelleringsprocessen. Antallet af personskadeuheld i rundkørsler varierer mellem vejcenterområder, fordi trafikanter færdes med en højere risiko i et område i forhold til et andet eller uheldsregistreringspraksis varierer mellem områderne.

Andelfortov, som beskriver andelen af vejgrene med fortov langs vej ca. 100 m fra rundkørslen, indgår også i modellen for personskadeuheld. Parameterestimerne viser igen, at jo flere vejgrene, der har fortove, desto flere uheld forventes der. *Andelfortov* er sandsynligvis kraftigt korreleret med antallet af fodgængere og cyklister pr. dag i rundkørslen. Det er næppe forekomsten af fortove, der påvirker uheldsmængden, men snarere antallet af fodgængere og cyklister.

Helletype er forbundet med type og størrelse af rundkørslen, der ikke indgår som variable i modellen, og korrelerer kraftigt med $LnTotalind$. Parameterestimer for *Helletype* kan derfor være misvisende. *Hastbegrlav* angiver hastighedsbegrænsningen for den vejgren med den laveste hastighedsbegrænsning ca. 100 m fra rundkørslen. Parameterestimerne tyder på, at højere hastighedsbegrænsningen medfører flere personskadeuheld.

3.5 Uheldsmodeller for udsnit af rundkørsler og uheld

I nærværende afsnit opstilles flere uheldsmodeller, hvor et udsnit af uheld, der er sket i rundkørsler, modelleres eller hvor uheld i et udsnit af rundkørslerne modelleres. Konkret opstilles en række modeller for hhv. cykeluheld, kun-biluheld, eneuheld, bag-/frontuheld og krydsuheld samt forskellige typer af rundkørsler.

3.5.1 Modeller for cykeluheld i rundkørsler

I årene 2004-2010 er der sket 359 cykeluheld, altså hvor cyklister er involveret. Af de 359 cykeluheld er 127 personskadeuheld. Af de 359 cykeluheld er 32 sket i minirundkørsler, 288 i 1-sporede rundkørsler, 30 i flersporede rundkørsler og 9 i signalregulerede rundkørsler. Der er i det følgende opstillet to modeller dels en model kun med den totale indkørende trafik, $LnTotalind$, som uafhængig variabel dels en model hvor samtlige uafhængige variable kan indgå. Modellen for cykeluheld 2004-2010 i alle rundkørsler med $LnTotalind$ ser således ud:

$$UHT_{\text{Cykeluheld}} = 0,01952 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,4382}$$

Den totale indkørende årsdøgntrafik er statistisk signifikant, men kan kun forklare 5,8% af den systematiske variation i forekomsten af cykeluheld. Det skyldes evt., at cykeltrafikmængden ikke korrelerer væsentligt med $\ln Totalind$. Andre variable er af langt større betydning, måske fordi de korrelerer kraftigere med cykeltrafikmængden. I tabel 23 er vist de enkelte trin i modelleringsprocessen baseret på cykeluheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's Indeks
0	-	a	1	-	940,8	3,7800	0,000
1	Andelfortov	b_1	1	86,37	856,5	1,9181	0,493
2	Cykelfacilitet	b_2	6	38,70	829,7	1,5199	0,598
3	Helletype	b_3	4	21,62	816,1	1,2810	0,661
4	Vejgrene	b_4	5	28,53	797,6	0,9671	0,744
5	Hastbegrhøj	b_5	5	18,18	789,4	0,8031	0,788

Tabel 23. Variable i uheldsmodel baseret på cykeluheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	14,37	0,3809	459,8
Andelfortov (b_1)	-	1,5239	0,8377	2,2292
Cykelfacilitet (b_2)	Ingen	-1,2219	-2,3547	-0,0780
	Cykelbane	-0,7002	-1,7514	0,3894
	Farvet cykelbane	-0,1133	-1,2191	1,0369
	Cykelsti	-0,1827	-1,2452	0,9128
	Farvet cykelsti	0,0485	-1,0661	1,1988
	Separat sti	-2,2696	-3,7818	-0,8913
Helletype (b_3)	To-plan	0,0000	-	-
	Ingen	-2,9076	-4,1867	-1,7188
	Parallel	-0,2352	-1,1630	0,7147
	Trekant	-0,8720	-1,6497	-0,0805
	Trompet	0,0000	-	-
Vejgrene (b_4)	Blandet	-1,2742	-2,1091	-0,4322
	2	-4,6454	-8,5478	-1,2657
	3	-4,0818	-6,8659	-2,1151
	4	-3,0980	-5,8427	-1,1938
	5	-2,9798	-5,7855	-0,9467
	6	-2,4502	-5,3312	-0,2893
Hastbegrhøj (b_5)	7	0,0000	-	-
	Under 50 km/t	0,0000	-	-
	50 km/t	1,3647	-0,5873	4,3599
	60 km/t	0,8881	-1,1528	3,9222
	70 km/t	0,3542	-1,8463	3,4621
	80 km/t	0,2912	-1,7375	3,3211
	Over 80 km/t	-1,6562	-5,0999	1,7696

Tabel 24. Parameterestimater for fuld model for personskadeuheld 2004-2010 i alle rundkørsler med i alt syv variable.

Fem variable er statistisk signifikante og kan forklare 78,8% af den systematiske variation i forekomsten af cykeluheld. Det bemærkes, at mængden af biltrafik ikke indgår i modellen. Faktisk er flere variable end de fem i tabel 23 statistisk signifikante, men de har en ringe forklaringskraft og er vurderet ikke at forbedre modellen. I tabel 24 er vist parameterestimer for den fulde model med fem variable.

Den mest betydningsfulde variabel er *Cykelfacilitet* selvom variabelen *Andelfortov* først indgår i modellen. Type af cykelfacilitet korrelerer formentligt kraftigt med antallet af cyklister i rundkørslen. Tallene tyder dog på, at farvede cykelfaciliteter er forbundet med en højere tæthed af cykeluheld end rundkørsler med tilsvarende faciliteter uden farve. Rundkørsler med farvede cykelfaciliteter er sandsynligvis mere usikre for cyklister end andre rundkørsler.

Andelfortov og *Hastbegrøj* korrelerer højest sandsynligt kraftigt med antallet af cyklister i rundkørslen. Veje med fortov har i gennemsnit flere cyklister end veje uden fortov, og derfor er tætheden af cykeluheld højere. Veje med lav hastighedsbegrænsning har flere cyklister end veje med høj hastighedsbegrænsning, og derfor er tætheden af cykeluheld her højere.

Antallet af cykeluheld i rundkørsler stiger jo flere *Vejgrene*, der er i rundkørslen. Parameterestimer for *Helletype* kan være misvisende.

3.5.2 Modeller for kun-biluheld i rundkørsler

I det følgende er modeller for uheld, hvor kun biler er involveret, opstillet. I 2004-2010 er der sket 828 uheld kun med biler involveret i de 375 rundkørsler. Der er i det følgende opstillet to modeller. Modellen for kun-biluheld i rundkørsler 2004-2010 med $\ln Totalind$ ser således ud:

$$UHT_{\text{Kun-biluheld}} = 0,0002993 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,9843}$$

Den totale indkørende årsgogntrafik er statistisk signifikant og kan forklare hele 51,4% af den systematiske variation i forekomsten af kun-biluheld. Konstanten P er 0,9843, altså meget tæt på 1. Relationen mellem uheldstæthed og trafik er altså næsten proportional. En fordobling af biltrafikken vil næsten føre til en fordobling af kun-biluheld ifølge den simple model med kun en variabel. I tabel 25 på næste side er modelleringsprocessen for den komplekse model med flere variable vist. I tabel 26 er vist parameterestimer for den fulde model med fire variable. Faktisk er flere variable end de fire i tabel 25 statistisk signifikante, men de har en ringe forklaringskraft og er vurderet ikke at forbedre modellen. Det er værd at bemærke, at antallet af vejgrene, tilfarer eller frafarer ikke indgår og faktisk ikke har været signifikant på noget tidspunkt i modelleringsprocessen, hvilket kan skyldes, at P i udgangspunktet er tæt på 1. Relationen mellem tætheden af alle uheld og vejgrene skyldes derfor, at tætheden af uheld med fodgængere, cyklister, knallertkørere eller motorcyklister involveret er relateret til antallet af vejgrene.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's Indeks
0	-	a	1	-	1.492,0	1,2833	0,000
1	LnTotalind	P	1	128,62	1.365,4	0,6243	0,514
2	Hovedtype2	b ₁	5	33,77	1.341,6	0,4832	0,623
3	Vejcenter	b ₂	5	18,75	1.332,9	0,4162	0,676
4	Helletype	b ₃	4	21,78	1.319,1	0,3753	0,708

Tabel 25. Variable i uheldsmodel baseret på kun-biluheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,01515	0,00244	0,09014
LnTotalind (P)	-	0,7267	0,5492	0,9103
Hovedtype2 (b ₁)	Mini	-1,7462	-2,4905	-1,0400
	Etsporlav	-1,1449	-1,6388	-0,6796
	Etsporhøj	-1,0047	-1,5089	-0,5273
	Halvandenspor	-0,3372	-1,0320	0,3555
	Tospor	0,0000	-	-
	Signal	-0,0277	-1,0268	1,1266
Vejcenter (b ₂)	Hovedstaden	-0,2162	-0,5371	0,1039
	Sjælland	0,2035	-0,1100	0,5172
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-0,4882	-0,9839	-0,0034
	Midt- og Vestjylland	-0,6031	-0,9619	-0,2505
	Nordjylland	-0,0297	-0,3922	0,3326
Helletype (b ₃)	Ingen	-1,3613	-2,1618	-0,6475
	Parallel	-0,2966	-0,7240	0,1296
	Trekant	-0,5206	-0,8613	-0,1852
	Trompet	0,0000	-	-
	Blandet	-0,6199	-0,9611	-0,2841

Tabel 26. Parameterestimer for fuld model for kun-biluheld 2004-2010 i alle rundkørsler med fire variable.

Den første variabel, der indtræder i modellen, er total indkørende årsdøgntrafik, *LnTotalind*. Den er også den mest betydningsfulde variabel. Når *LnTotalind* er i modellen, så er opdelingen af trafikken på hoved- og sideveje ikke væsentlig. Det er bedre at basere modellen på den totale indkørende trafik end opdelt på hoved- og sideveje. Parameterestimatet for *LnTotalind* – P – varierer mellem 0,73-0,98 på de fire trin i modelleringsprocessen, hvor variabelen indgår. Det er oplysninger om type af rundkørsel og helle, der reducerer *LnTotalind* indvirkning på uheldstætheden, da disse variable er stærkt korreleret med trafikmængden.

Variabelen *Hovedtype2* kunne tyde på, at minirundkørsler har den laveste uheldsfrekvens, mens flersporede rundkørsler med to cirkulationsspor hele vejen rundt (Tospor) har den højeste uheldsfrekvens. Flersporede rundkørsler kun delvist med to cirkulationsspor (Halvandenspor) synes mere sikre end de med to spor hele vejen rundt. 1-sporede rundkørsler med midterøer, der er lavere end to meter på

midten (Etsporlav), ser ud til at have en lidt lavere uheldsfrekvens end rundkørsler med høje midterøer, dog er forskellen beskedent. *Hovedtype2* samvarierer dog betydeligt med *LnTotalind* og kan derfor have misvisende parameterestimer.

Vejcenter er igen en betydende variabel. Parameterestimerne for variabelen er stabile gennem modelleringsprocessen. Tætheden af kun-biluheld i rundkørsler varierer mellem vejcenterområder, fordi bilister færdes med en højere risiko i et område i forhold til et andet eller uheldsregistreringspraksis varierer mellem områderne.

Helletype er forbundet med størrelse af rundkørslen, der ikke indgår som variabel i modellen, og er korreleret med *LnTotalind*. Parameterestimer for *Helletype* kan derfor være misvisende.

3.5.3 Modeller for enuehald i rundkørsler

I det følgende er modeller for enuehald opstillet. I 2004-2010 er der sket 473 enuehald i de 375 rundkørsler. Af de 473 enuehald er 9 cykeluheld, 54 knallert-motorcykeluheld og 410 biluheld. Der er i det følgende opstillet to modeller dels en model kun med variabelen *LnTotalind* dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen for enuehald kun med *LnTotalind* ser således ud:

$$UHT_{\text{Eneuhald}} = 0,001450 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,7539}$$

Den totale indkørende årsdøgntrafik er statistisk signifikant og kan forklare 39,5% af den systematiske variation i forekomsten af enuehald. Tabel 27 viser opgørelser fra modelleringsprocessen baseret på enuehald 2004-2010 i alle rundkørsler. I tabel 28 på næste side er vist parameterestimer for den fulde model med fem variable. De fem variable kan forklare 74,8% af den systematiske variation i forekomsten af enuehald. Reelt er flere variable end de fem i tabel 27 statistisk signifikante, men de har en ringe forklaringskraft og er vurderet ikke at forbedre modellen.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's Indeks
0	-	a	1	-	1.168,0	1,0767	0,000
1	LnTotalind	P	1	65,01	1.105,0	0,6515	0,395
2	Helletype	b ₁	4	29,00	1.084,0	0,5198	0,517
3	Vejcenter	b ₂	5	24,90	1.069,1	0,4028	0,626
4	Hovedtype	b ₃	3	19,27	1.055,8	0,3250	0,698
5	Hastbeglav	b ₄	4	10,07	1.053,8	0,2714	0,748

Tabel 27. Variable i uheldsmodel baseret på enuehald i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.

Eneuhald i rundkørsler er karakteriseret ved, at man enten påkører sekundærheller og midterø eller kører for hurtigt rundt og derfor vælter eller kører af cirkulations-

sporet ud i rabat, beplantning eller på bygninger. Det vil derfor være ”naturligt”, at forekomsten af sekundærheller, store midterøer og høj hastighedsbegrænsning på veje hen til rundkørslen er forbundet med en høj tæthed af әнеuheld.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,02752	0,002924	0,2493
LnTotalind (P)	-	0,5514	0,3593	0,7513
Helletype (b ₁)	Ingen	-1,7351	-2,8351	-0,8452
	Parallel	-0,5139	-0,9765	-0,0598
	Trekant	-0,5432	-0,9001	-0,1877
	Trompet	0,0000	-	-
	Blandet	-0,8155	-1,1693	-0,4613
Vejcenter (b ₂)	Hovedstaden	-0,2814	-0,6164	0,0506
	Sjælland	-0,0198	-0,3672	0,3223
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-0,7517	-1,3328	-0,2093
	Midt- og Vestjylland	-0,9502	-1,3709	-0,5485
	Nordjylland	-0,2934	-0,6892	0,0971
Hovedtype (b ₃)	Mini	-1,8450	-3,2387	-0,5756
	1-sporet	-0,6138	-1,6792	0,3577
	Flersporet	-0,2519	-1,3176	0,7202
	Signal	0,0000	-	-
Hastbegravl (b ₄)	Under 50 km/t	0,0000	-	-
	50 km/t	0,1818	-0,2927	0,6910
	60 km/t	0,4403	-0,1939	1,0862
	70 km/t	0,7495	0,0180	1,4920
	80 km/t	0,5224	0,0104	1,0640

Tabel 28. Parameterestimer for fuld model for әнеuheld 2004-2010 i alle rundkørsler med fem variable.

Den første variabel, der indtræder i modellen, og den mest betydningsfulde er *LnTotalind*. Parameterestimatet for *LnTotalind* – P – varierer mellem 0,55-0,75 på de fem trin i modelleringsprocessen, hvor variabelen indgår. Det er oplysningen om type af rundkørsel og helle, der reducerer *LnTotalind* indvirkning på әнеuhedstætheden.

Ikke overraskende er *Helletype* den næstmest betydningsfulde variabel i modellen. Det ser ud til, at ingen sekundærheller resulterer i den mindste tæthed af әнеuheld, mens parallel- og trekantsheller medfører flere әнеuheld, og trompetheller giver endnu flere әнеuheld.

Vejcenter er igen en betydningsfuld variabel. Parameterestimerne for variabelen er stabile gennem modelleringsprocessen.

Variabelen *Hovedtype* viser, at minirundkørsler har en lavere frekvens af әнеuheld end 1-sporede, der igen har en lavere frekvens af әнеuheld end flersporede og signalregulerede rundkørsler. Dette kan skyldes, at midterøens diameter og højde samt cirkulerende køretøjers hastighed påvirker tætheden af әнеuheld.

Frekvensen af ureauheld stiger, jo højere hastighedsbegrænsningen er. Det tyder variabelen *Hastbegrlav* på.

3.5.4 Modeller for bag-/frontuheld i rundkørsler

I det følgende er modeller for bag-/frontuheld opstillet. Bag-/frontuheld er her uheld i hovedsituation 1 og 2, som i hovedtræk er bagende- og frontalkollisioner samt trængningsuheld. I 2004-2010 er der sket 265 bag-/frontuheld i de 375 rundkørsler. Af de 265 bag-/frontuheld er 11 cykeluheld, 30 knallert-motorcykeluheld og 228 kun-biluheld. Der er i det følgende opstillet to modeller dels en model kun med variabelen *LnTotalind* dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen for bag-/frontuheld kun med *LnTotalind* ser således ud:

$$UHT_{\text{Bag-/frontuheld}} = 0,00002017 \times N_{\text{total, indkørende ÅDT}}^{1,1527}$$

Den totale indkørende årsdøgntrafik er statistisk signifikant og kan forklare hele 58,9% af den systematiske variation i forekomsten af bag-/frontuheld. Det ses, at P er 1,1527, altså stiger uheldsfrekvensen af bag-/frontuheld med stigende trafikmængde. En fordobling af trafikken medfører således mere end en fordobling af antallet af bag-/frontuheld.

Tabel 29 viser oplysninger fra modelleringsprocessen baseret på bag-/frontuheld 2004-2010 i alle rundkørsler. I tabel 30 på næste side er vist parameterestimer for den fulde model med fem variable. De fem variable kan forklare 90,6% af den systematiske variation i forekomsten af bag-/frontuheld. Der er ikke fundet yderligere statistisk signifikante variable.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's Indeks
0	-	A	1	-	863,3	1,7506	0,000
1	LnTotalind	P	1	82,35	782,9	0,7194	0,589
2	Hovedtype2	b ₁	5	29,73	763,2	0,4002	0,771
3	Vejcenter	b ₂	5	17,48	755,7	0,2790	0,841
4	Cirkulationsafm	b ₃	3	11,69	750,0	0,2718	0,845
5	Hastbegrhøj	b ₄	5	11,37	748,7	0,1640	0,906

Tabel 29. Variable i uheldsmodel baseret på bag-/frontuheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.

Bag-/frontuheld i rundkørsler er karakteriseret ved: 1) bagendekollision, hvor man bagfra påkører et køretøj, der viger for en anden trafikant, på vej ind eller ud af rundkørslen, 2) trængningsuheld, hvor man påkører et køretøj i siden typisk ved indkørsel, cirkulation eller udkørsel, hvor der er mere end ét kørespor, og 3) frontalkollision, hvor man typisk på vej ud af rundkørslen kører for hurtigt og påkører en indkørende i det modsatte kørespor.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,0001015	0,000001925	0,002853
LnTotalind (P)	-	0,9419	0,6683	1,2279
Hovedtype2 (b ₁)	Mini	-2,0282	-3,0859	-1,0885
	Etsporlav	-1,5008	-2,0833	-0,9554
	Etsporhøj	-1,3232	-1,9200	-0,7574
	Halvandenspor	-0,5136	-1,3077	0,2474
	Tospor	0,0000	-	-
	Signal	0,2847	-0,7642	1,3127
Vejcenter (b ₂)	Hovedstaden	-0,2503	-0,7270	0,2138
	Sjælland	0,5834	0,1730	0,9938
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-0,4219	-1,2341	0,2841
	Midt- og Vestjylland	0,0089	-0,5179	0,5133
	Nordjylland	-0,2119	-0,8314	0,3714
Cirkulationsafm (b ₃)	Ingen	2,0546	0,7436	3,9462
	Kant	1,6238	0,3377	3,5020
	Kant og Midt	1,6894	0,4273	3,5535
	Midt	0,0000	-	-
Hastbegrhøj (b ₄)	Under 50 km/t	0,0000	-	-
	50 km/t	0,0890	-1,5472	3,0011
	60 km/t	-0,6626	-2,4056	2,2822
	70 km/t	-0,5845	-2,3863	2,3860
	80 km/t	-0,3548	-2,0135	2,5642
	Over 80 km/t	0,0606	-1,6464	2,9917

Tabel 30. Parameterestimer for fuld model for bag-/frontuheld 2004-2010 i alle rundkørsler med fem variable.

Den første variabel, der indtræder i modellen, og den mest betydningsfulde er *LnTotalind*. Parameterestimatet for *LnTotalind* – P – varierer mellem 0,79-1,15 på de fem trin i modelleringsprocessen, hvor variabelen indgår. Det er oplysninger om type af rundkørsel og hastighedsbegrænsning, der reducerer *LnTotalind* indvirkning på uheldstætheden.

Vejcenter er igen en betydende variabel. Parameterestimerne for variabelen er stabile gennem modelleringsprocessen. Hastighedsbegrænsning, *Hastbegrhøj*, har en ret begrænset betydning og kunne egentlig udelades af modellen. Der er en tendens til, at bag-/frontuheld er relativt sjældnere forekomne ved middelhøje hastighedsbegrænsninger.

Uheldsfrekvensen af bag-/frontuheld synes særligt at være påvirket af typen af rundkørsel og forekomsten af afmærkning i cirkulationsarealet. Parameterestimer for *Hovedtype2* indikerer, at flere cirkulationsspor og evt. signalregulering resulterer i en højere frekvens af bag-/frontuheld. *Cirkulationsafm* indikerer, at ingen afmærkning hverken ved *kant* af ydre begrænsning eller mod *midterø* giver en højere uheldsfrekvens. En linje ved *midterø* synes at være af størst betydning for frekvensen af bag-/frontuheld, hvilket kan skyldes, at en sådan linje er et udtryk

for om der er forefindes et overkørselsareal. En linje ved kant af ydre begrænsning synes at have en mindre betydning for sikkerheden.

3.5.5 Modeller for krydsuheld i rundkørsler

I det følgende er modeller for krydsuheld opstillet. Krydsuheld er her defineret som uheld i hovedsituation 3-6 og 8, som i hovedtræk er uheld mellem krydsende eller svingende parter samt fodgængeruheld. I 2004-2010 er 681 krydsuheld sket i de 375 rundkørsler. Af de 681 krydsuheld er 26 fodgængeruheld, 339 cykeluheld, 130 knallert-motorcykeluheld og 190 kun-biluheld. Cykeluheld udgør således ca. halvdelen af krydsuheldene. Der er opstillet to modeller dels en model kun med variabelen *LnTotalind* dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen for krydsuheld kun med *LnTotalind* ser således ud:

$$UHT_{\text{Krydsuheld}} = 0,004129 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,6794}$$

Den totale indkørende årsdøgntrafik er statistisk signifikant, men kan forklare kun 20,4% af den systematiske variation i forekomsten af krydsuheld. Den forholdsvist ringe forklaringskraft af *LnTotalind* i dette tilfælde skyldes formentlig, at mange af krydsuheldene involverer cyklister.

Tabel 31 viser oplysninger fra modelleringsprocessen baseret på krydsuheld 2004-2010 i alle rundkørsler. I tabel 32 på næste side er vist parameterestimer for den fulde model med otte variable. De otte variable kan kun forklare 65,3% af den systematiske variation i forekomsten af krydsuheld. Reelt er flere variable end de otte i tabel 26 statistisk signifikante, men de har en ringe forklaringskraft og er vurderet ikke at forbedre modellen. Det er værd at bemærke, at variabelen *Cykelfacilitet* ikke indgår i modellen.

Trin	Variabel	Navn for Estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's Indeks
0	-	A	1	-	1.353,6	1,8068	0,000
1	LnTotalind	P	1	43,57	1.312,0	1,4386	0,204
2	Andelfortov	b ₁	1	62,70	1.251,3	1,0433	0,423
3	Vejgrene	b ₂	5	16,72	1.244,6	0,9332	0,484
4	Helletype	b ₃	4	19,44	1.233,2	0,8085	0,553
5	Vejcenter	b ₄	5	13,75	1.229,4	0,7447	0,588
6	Bredcirk	b ₅	3	8,71	1.226,7	0,7168	0,603
7	Ydredivmidtover	b ₆	4	10,28	1.224,4	0,6553	0,637
8	Midterrabatadvej	b ₇	1	8,11	1.218,3	0,6277	0,653

Tabel 31. Variable i uheldsmodel baseret på krydsuheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler.

Krydsuheld i rundkørsler er karakteriseret ved, at de næsten alle er uheld mellem cirkulerende trafikanter og indkørende eller udkørende trafikanter. Krydsuheld er

således et udtryk for sikkerheden mellem cirkulerende og trafikken til og fra de enkelte vejgrene.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,05746	0,002979	1,3284
LnTotalind (P)	-	0,6514	0,4141	0,9002
Andelfortov (b ₁)	-	1,1414	0,7471	1,5450
Vejgrene (b ₂)	2	-1,9839	-4,7146	0,4429
	3	-3,1029	-5,4597	-1,3162
	4	-2,2595	-4,5912	-0,5113
	5	-2,1077	-4,4636	-0,3199
	6	-1,7733	-4,2040	0,1438
	7	0,0000	-	-
Helletype (b ₃)	Ingen	-1,4245	-2,3098	-0,5776
	Parallel	0,0638	-0,5331	0,6556
	Trekant	-0,3162	-0,8117	0,1789
	Trompet	0,0000	-	-
	Blandet	-0,6290	-1,1385	-0,1254
Vejcenter (b ₄)	Hovedstaden	-0,2344	-0,6200	0,1471
	Sjælland	0,1828	-0,2073	0,5713
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-1,0596	-1,7516	-0,3966
	Midt- og Vestjylland	-0,2897	-0,7359	0,1505
	Nordjylland	0,0687	-0,3815	0,5168
Bredcirk (b ₅)	Under 5,50 m	0,5645	0,1790	0,9593
	5,50-6,49 m	0,2168	-0,1258	0,5641
	6,50-7,49 m	0,0000	-	-
	7,50 m og derover	0,1788	-0,2218	0,5813
Ydredivmidtover (b ₆)	Under 1,30	-0,6877	-1,2998	-0,0812
	1,30-1,49	-0,7298	-1,1981	-0,2646
	1,50-1,69	-0,5485	-0,9684	-0,1328
	1,70-1,99	0,0000	-	-
	2,00 og derover	-0,6787	-1,1657	-0,1914
Midterrabatadvej (b ₇)	Ja	0,4946	0,1548	0,8408

Tabel 32. Parameterestimer for fuld model for krydsuheld 2004-2010 i alle rundkørsler med otte variable.

Den første variabel, der indtræder i modellen, er *LnTotalind*. Parameterestimatet for *LnTotalind* – P – varierer mellem 0,61-0,84 på de otte trin i modelleringsprocessen, hvor variabelen indgår.

Andelfortov er den anden men faktisk mest betydende variabel i modellen. Jo flere af vejene hen til rundkørslen, der har fortov, desto flere krydsuheld sker der. Det skyldes formentligt, at veje med fortov har flere fodgængere og cyklister end veje uden fortov.

Variabelen *Vejgrene* indgår i modellen. Jo flere vejgrene, der er udover tre, desto flere krydsuheld forventes der at indtræffe. Parameterestimer for rundkørsler

med to, seks og syv vejgrene svinger noget, hvilket formentligt skyldes, at der indgår relativt få rundkørsler med det antal vejgrene i modellen.

Rundkørsler med sekundærheller synes at have flere krydsuheld end rundkørsler uden sekundærheller, men det kan skyldes, at rundkørsler uden sekundærheller er små minirundkørsler i byzone. Variablen *Helletype* kunne indikere, at parallelheller resulterer i den højeste frekvens af krydsuheld efterfulgt af trompetheller og sikrest er trekantsheller. Parameterestimer for *Helletype* kan være misvisende.

Vejcenter er igen en betydende variabel. Parameterestimerne for *Vejcenter* er stabile gennem modelleringsprocessen.

Variablen *Bredcirk* peger i retning af, at rundkørsler med et 6,50-7,49 m bredt cirkulationsareal har en lavere uheldsfrekvens af krydsuheld end rundkørsler med smallere eller bredere cirkulationsareal. Variablen *Ydredivmidtover* indikerer, at uheldsfrekvensen af krydsuheld er lavest, når den indskrevne cirkeldiameter divideret med den samlede diameter af midterø og overkørselsareal er under 1,5 eller 2,0 og derover. Af de 53 rundkørsler, hvor *Ydredivmidtover* er 2,0 og derover, er 22 minirundkørsler og 31 er 1-sporede rundkørsler – alle med midterøer under 20 m i diameter og alle på nær én er beliggende, hvor hastighedsgrænsen er 50 km/t eller lavere, og de fleste har under 7.500 indkørende biler pr. døgn.

Variablen *Midterrabatadvej* indikerer, at frekvensen af krydsuheld er højere, når en eller flere vejgrene har midterrabat fra rundkørslen og mindst 100 m før.

3.5.6 Modeller for uheld i rundkørsler i byzone

Af de 1.419 uheld i årene 2004-2010 er 839 uheld sket i 202 rundkørsler i byzone. Af de 839 uheld er 25 fodgængeruheld, 326 cykeluheld, 127 knallert-mcuheld og 369 kun-biluheld. Det er forsøgt at opstille to modeller dels en model kun med variablen *LnTotalind* dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen for alle uheld i rundkørsler i byzone 2004-2010 kun med *LnTotalind* ser således ud:

$$UHT_{\text{Rundkørsler i byzone}} = 0,001922 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,8590}$$

Den totale indkørende årsdøgntrafik er statistisk signifikant og kan forklare 44,3% af den systematiske variation i uheldsforekomsten i rundkørsler i byer. Tabel 33 på næste side viser oplysninger fra modelleringsprocessen baseret på alle uheld i 2004-2010 i alle rundkørsler i byzone. I den efterfølgende tabel 34 er vist parameterestimer for den fulde model med ti variable. De ti variable kan forklare 89,0% af den systematiske variation i uheldsforekomsten. Der er ikke fundet yderligere statistisk signifikante variable.

Trin	Variabel	Navn for Estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's Indeks
0	-	a	1	-	1.026,8	1,1744	0,000
1	LnTotalind	P	1	74,50	954,3	0,6537	0,443
2	Vejgrene	b ₁	5	25,26	939,1	0,5230	0,555
3	Andelfortov	b ₂	1	18,41	922,7	0,4535	0,614
4	Helletype	b ₃	4	19,53	911,1	0,3796	0,677
5	Hastbegrlav	b ₄	4	16,26	902,9	0,3214	0,726
6	Vejcenter	b ₅	5	15,27	897,6	0,2538	0,784
7	Cykelfacilitet	b ₆	6	18,41	891,2	0,1833	0,844
8	Banestiadvej	b ₇	1	7,64	885,6	0,1608	0,863
9	Andel20til35	b ₈	1	5,01	882,5	0,1434	0,878
10	Fodfelt	b ₉	1	7,37	877,2	0,1287	0,890

Table 33. Variable i uheldsmodel baseret på alle uheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler i byzone.

Den første variabel, der indtræder i modellen, er *LnTotalind*. Parameterestimatet for *LnTotalind* – P – varierer betragteligt mellem 0,40-0,86 på de ti trin i modelleringprocessen, hvor variabelen indgår. Det er særligt variablene *Helletype*, *Hastbegrlav*, *Cykelfacilitet* og *Banestiadvej*, der reducerer *LnTotalind* betydning for uheldstætheden.

Variablen *Vejgrene* er den anden men faktisk mest betydende variabel i modellen. Jo flere vejgrene, der er udover tre, desto flere uheld forventes der at indtræffe i rundkørsler i byzone.

Gang- og cykeltrafik er repræsenteret ved variablene *Andelfortov*, *Cykelfacilitet*, *Banestiadvej* og *Fodfelt*. *Andelfortov*: Jo flere af vejene hen til rundkørslen, der har fortov, jo flere uheld sker der. *Fodfelt*: Når rundkørslen har fodgængerfelt, så sker der flere uheld. *Banestiadvej*: Når en eller flere vejgrene har cykelsti og/eller cykelbane, så sker der flere uheld i rundkørsler. Antallet af fodgænger og cyklister i rundkørslen afhænger formentligt af både *Andelfortov*, *Cykelfacilitet*, *Banestiadvej* og *Fodfelt*. *Cykelfacilitet* tyder igen på, at rundkørsler med farvede cykelbaner og –stier er mere usikre end cykelbaner og –stier uden farve.

Parameterestimater for variabelen *Helletype* er præget af, at kun flersporede og signalregulerede rundkørsler har trompetheller i byzone, mens rundkørsler uden sekundærheller alene er minirundkørsler og små 1-sporede rundkørsler med forholdsvis beskeden trafikmængde. Parameterestimater for *Helletype* kan derfor være misvisende.

Variablen *Hastbegrlav* indikerer, at uheldsfrekvensen stiger, jo højere hastighedsbegrænsningen på vejgrene er. Dog er uheldsfrekvensen lav, hvor den laveste hastighedsbegrænsning på vejgrene er 80 km/t.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	2,8386	0,2407	32,4403
LnTotalind (P)	-	0,4007	0,2141	0,5925
Vejgrene (b ₁)	2	-2,1310	-3,6891	-0,6244
	3	-3,5877	-4,8190	-2,4021
	4	-2,6969	-3,9085	-1,5291
	5	-2,4758	-3,7231	-1,2681
	6	-2,1177	-3,4147	-0,8544
	7	0,0000	-	-
Andelfortov (b ₂)	-	1,0573	0,6356	1,4867
Helletype (b ₃)	Ingen	-2,1489	-3,0812	-1,2623
	Parallel	-1,0041	-1,8308	-0,2332
	Trekant	-0,9880	-1,7985	-0,2257
	Trompet	0,0000	-	-
	Blandet	-1,1275	-1,8947	-0,4151
Hastbegravl (b ₄)	Under 50 km/t	0,0000	-	-
	50 km/t	0,3445	0,0341	0,6637
	60 km/t	0,8119	0,0491	1,5530
	70 km/t	2,1879	1,1622	3,2934
	80 km/t	0,2607	-0,8391	1,3100
Vejcenter (b ₅)	Hovedstaden	-0,4847	-0,7805	-0,1844
	Sjælland	-0,2959	-0,6032	0,0129
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-0,7353	-1,3067	-0,1988
	Midt- og Vestjylland	-0,9231	-1,3648	-0,4920
	Nordjylland	-0,3384	-0,7969	0,1032
Cykelfacilitet (b ₆)	Ingen	-1,0406	-1,8041	-0,2832
	Cykelbane	-1,4280	-2,1226	-0,7372
	Farvet cykelbane	-0,7769	-1,4557	-0,1016
	Cykelsti	-1,1248	-1,8097	-0,4515
	Farvet cykelsti	-0,8623	-1,5661	-0,1561
	Separat sti	-0,9480	-1,6637	-0,2398
	To-plan	0,0000	-	-
Banestiadvej (b ₇)	Ja	0,5240	0,1500	0,9083
Andel20til35 (b ₈)	-	0,4558	0,0888	0,8262
Fodfelt (b ₉)	Ja	0,3917	0,1095	0,6804

Tabel 34. Parameterestimer for den fulde model med ti variable for alle uheld 2004-2010 i alle rundkørsler i byzone.

Vejcenter er igen en betydende variabel. Parameterestimerne for *Vejcenter* er stabile gennem modelleringsprocessen.

Variablen *Andel20til35* indikerer, at uheldsfrekvensen er højere, når man opnår oversigt 20-35 m før rundkørslen til cirkulationsareal og tilfarten til venstre for ens vejgren, set i forhold at opnå denne oversigt tidligere eller senere ved kørsel hen mod rundkørslen. Jo større andel af vejgrene, hvor oversigten opnås 20-35 m før rundkørslen, desto højere er uheldsfrekvensen.

3.5.7 Modeller for uheld i rundkørsler i landzone

Af de 1.419 uheld i 2004-2010 er 580 uheld sket i 173 rundkørsler i landzone. Af de 580 uheld er 1 fodgængeruheld, 33 cykeluheld, 87 knallert-motorcykeluheld og 459 kun-biluheld. Det er forsøgt at opstille to modeller dels en model kun med variabelen $LnTotalind$ dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen for alle uheld i rundkørsler i landzone 2004-2010 kun med $LnTotalind$ ser således ud:

$$UHT_{\text{Rundkørsler i landzone}} = 0,0007577 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,9216}$$

Den totale indkørende årsdøgntrafik er statistisk signifikant og kan forklare 52,0% af den systematiske variation i uheldsforekomsten i rundkørsler på landet. Tabel 35 viser oplysninger fra modelleringsprocessen baseret på alle uheld i 2004-2010 i alle rundkørsler i landzone. I tabel 36 er vist parameterestimer for den fulde model med tre variable. De tre variable kan forklare 77,2% af den systematiske variation i uheldsforekomsten. Der er flere statistisk signifikante variable, men de har en ringe forklaringskraft og er vurderet ikke at forbedre modellen

Trin	Variabel	Navn for Estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's Indeks
0	-	a	1	-	815,1	0,8887	0,000
1	$LnTotalind$	P	1	68,15	749,0	0,4263	0,520
2	Vejcenter	b_1	5	37,19	721,8	0,2600	0,707
3	Hovedtype2	b_2	3	11,84	715,9	0,2023	0,772

Tabel 35. Variable i uheldsmodel baseret på alle uheld i årene 2004-2010 i alle rundkørsler i landzone.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,002330	0,0002924	0,01721
$LnTotalind$ (P)	-	0,8997	0,6924	1,1161
Vejcenter (b_1)	Hovedstaden	-0,3860	-0,8235	0,0451
	Sjælland	0,0480	-0,2876	0,3796
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-0,9675	-1,5157	-0,4422
	Midt- og Vestjylland	-0,8328	-1,2044	-0,4736
	Nordjylland	-0,3577	-0,7351	0,0141
Hovedtype2 (b_2)	Etsporlav	-0,7786	-1,2542	-0,3254
	Etsporhøj	-0,6474	-1,1253	-0,1867
	Halvandenspor	-0,2637	-1,1028	0,5957
	Tospor	0,0000	-	-

Tabel 36. Parameterestimer for den fulde model med tre variable for alle uheld 2004-2010 i alle rundkørsler i landzone.

Den første og mest betydningsfulde variabel er $LnTotalind$. Parameterestimatet for $LnTotalind$ – P – varierer mellem 0,90-1,00 på de tre trin i modelleringsprocessen, hvor variabelen indgår. $Vejcenter$ er igen en betydende variabel.

Blandt de 173 rundkørsler i landzone findes kun 1-sporede og flersporede rundkørsler. *Hovedtype2* indikerer, at uheldsfrekvensen er højere i flersporede rundkørsler end 1-sporede. Der synes ikke at være væsentlig forskel i uheldsfrekvens mellem 1-sporede rundkørsler med hhv. lave og høje midterøer. En høj midterø er 2 m eller højere på midten over cirkulationsarealets niveau. De flersporede rundkørsler med to cirkulationsspor hele vejen rundt synes at have en højere uheldsfrekvens (ca. 30% højere) end flersporede rundkørsler, hvor dele af cirkulationsarealet – rent fysisk – er 1-sporet.

3.5.8 Modeller for uheld i minirundkørsler

Af de 1.419 uheld i årene 2004-2010 er 61 uheld sket i de 24 minirundkørsler. Af de 61 uheld er 32 cykeluheld, 18 knallert-motorcykeluheld og 13 kun-biluheld. Det er forsøgt at opstille to modeller dels en model kun med variabelen $LnTotalind$ dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen for alle uheld i minirundkørsler kun med $LnTotalind$ ser således ud:

$$UHT_{\text{Minirundkørsler}} = 7,3346 \times N_{\text{total, indkørende ÅDT}}^{-0,1257}$$

Den totale indkørende årsdøgntrafik er ikke statistisk signifikant og kan kun forklare 0,1% af den systematiske variation i forekomsten af krydsuheld. Modellen med $LnTotalind$ er faktisk langt dårligere at anvende end blot at benytte et gennemsnit for uheldstæthed i minirundkørsler til at angive en forventning om uheldstæthed i en given minirundkørsel. Modellen med $LnTotalind$ bør derfor ikke benyttes.

Det er svært at få uheldsmodeller for minirundkørsler til at konvergere, da antallet af minirundkørsler og uheld heri er få. Parameterestimerer er derfor upålidelige. Der er dog tegn på, at ...

- minirundkørsler med en hastighedsbegrænsning på under 50 km/t på en eller flere vejgrene har en lavere uheldstæthed end andre minirundkørsler.
- uheldstætheden bliver større, desto større forskellen på største og mindste vinkel mellem hosliggende vejgrenes midtlinjer er.
- minirundkørsler med 3 vejgrene har en lavere uheldstæthed end minirundkørsler med 4 vejgrene.
- minirundkørsler med parallelheller har en højere uheldstæthed end andre minirundkørsler.
- minirundkørsler med fodgængerfelter og cykelstier på vejgrene har højere uheldstæthed end andre minirundkørsler.

Det vil formentligt være muligt at sige mere om sikkerheden i minirundkørsler ud fra uheldsmodeller, hvis antallet af minirundkørsler, der indgår i modellen, er ca. 100 eller flere.

3.5.9 Modeller for uheld i 1-sporede rundkørsler

I årene 2004-2010 er der sket 1.073 uheld i 329 1-sporede rundkørsler, der indgår i studiet. Af de 1.073 uheld er 21 fodgængeruheld, 288 cykeluheld, 162 knallert-motorcykeluheld og 607 kun-biluheld. Der er i det følgende opstillet en række modeller for 1-sporede rundkørsler.

Alle uheld

Der er opstillet to modeller for alle uheld i 1-sporede rundkørsler dels en model kun med variabelen $LnTotalind$ dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen kun med $LnTotalind$ ser således ud:

$$UHT_{1\text{-sporede rundkørsler, alle uheld}} = 0,004019 \times N_{\text{total, indkørende ÅDT}}^{0,7507}$$

$LnTotalind$ er statistisk signifikant og kan forklare 40,5% af den systematiske variation i uheldsforekomsten i 1-sporede rundkørsler. $LnTotalind$ er også den mest betydende variabel i den fulde model, hvor modelleringsprocessen er vist i tabel 37 og parameterestimer i tabel 38. Den fulde model har 11 variable og kan forklare 86,9% af den systematiske variation i uheldsforekomsten i 1-sporede rundkørsler. Det kan bemærkes, at variabelen *Cykelfacilitet* ikke indgår. I stedet er der en dummy-variabel for forekomst af farvet cykelbane.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's indeks
0	-	a	1	-	1.528,7	0,8164	0,000
1	$LnTotalind$	P	1	93,41	1.437,3	0,4858	0,405
2	Vejcenter	b_1	5	36,01	1.411,3	0,3721	0,544
3	Andelfortov	b_2	1	32,47	1.380,9	0,3058	0,625
4	Vejgrene	b_3	5	15,21	1.375,7	0,2658	0,674
5	Helletype	b_4	4	19,42	1.364,2	0,2403	0,706
6	Hastbegrlav	b_5	4	17,71	1.354,5	0,2075	0,746
7	Forvarslingsafstand	b_6	5	17,53	1.347,0	0,1681	0,794
8	Midterrabadvej	b_7	1	16,50	1.332,5	0,1455	0,822
9	Fodfelt	b_8	1	8,94	1.325,6	0,1219	0,851
10	Vinkeldifo60	b_9	1	4,76	1.322,8	0,1120	0,863
11	Farvetcykelbane	b_{10}	1	5,18	1.319,6	0,1069	0,869

Tabel 37. Variable i uheldsmodel baseret på alle uheld i årene 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler.

Ikke overraskende ligner modellen for alle uheld i 1-sporede rundkørsler den tilsvarende model for alle rundkørsler. Relationen til trafikmængde, $LnTotalind$, er lidt stærkere 0,70 i stedet for 0,65, hvilket muligvis skyldes, at designet varierer mindre, når kun 1-sporede rundkørsler betragtes set i forhold til alle rundkørsler. Parameterestimer for *Vejcenter*, *Vejgrene*, *Helletype*, *Hastbegrlav*, *Forvarslings-*

afstand og *Midterrabadvej* er næsten de samme i modellen for 1-sporede rundkørsler som i modellen for alle rundkørsler.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,04438	0,007849	0,2531
LnTotalind (P)	-	0,7010	0,5577	0,8463
Vejcenter (b ₁)	Hovedstaden	-0,6080	-0,8592	-0,3563
	Sjælland	-0,0199	-0,2507	0,2104
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-0,9333	-1,3062	-0,5779
	Midt- og Vestjylland	-0,7688	-1,0438	-0,4993
	Nordjylland	-0,4015	-0,6877	-0,1213
Andelfortov (b ₂)	-	0,6144	0,2927	0,9445
Vejgrene (b ₃)	2	-1,9022	-3,3299	-0,5328
	3	-3,0338	-4,1828	-1,9077
	4	-2,2914	-3,4035	-1,2042
	5	-2,2574	-3,3875	-1,1491
	6	-1,8649	-3,0725	-0,6750
	7	0,0000	-	-
	Helletype (b ₄)	Ingen	-1,3704	-1,9353
Parallel		-0,3945	-0,7755	-0,0135
Trekant		-0,2612	-0,5361	0,0141
Trompet		0,0000	-	-
Blandet		-0,5590	-0,8522	-0,2663
Hastbegravl (b ₅)	Under 50 km/t	0,0000	-	-
	50 km/t	0,2900	-0,0119	0,5998
	60 km/t	0,6331	0,1759	1,0966
	70 km/t	1,2873	0,7027	1,8678
	80 km/t	0,6283	0,2395	1,0233
	Forvarslingsafstand (b ₆)	Ingen	0,5043	0,1577
Under 100 m		0,3373	0,0609	0,6108
100-149 m		-0,0941	-0,3493	0,1548
150-199 m		0,0000	-	-
200 m og længere		0,1192	-0,1022	0,3428
Ukendt		0,2652	-0,5581	0,9870
Midterrabadvej (b ₇)	Ja	0,4315	0,2306	0,6344
Fodfelt (b ₈)	Ja	0,3491	0,1107	0,5871
Vinkeldifo60 (b ₉)	Ja	0,2835	0,0479	0,5170
Farvetcykelbane (b ₁₀)	Ja	0,2803	0,0393	0,5219

Tabel 38. Parameterestimer for fuld model for alle uheld 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler med 11 variable.

Estimatet er *Andelfortov* er noget mindre, når kun 1-sporede rundkørsler indgår end i modellen for alle rundkørsler, hvilket skyldes, at modellen for 1-sporede rundkørsler også indeholder variabelen *Fodfelt*, der angiver forekomsten af fodgængerfelt i rundkørslen. 1-sporede rundkørsler med fodgængerfelter har en højere tæthed af uheld end uden fodgængerfelter, hvilket sandsynligvis skyldes, at rundkørsler med fodgængerfelter er mere trafikeret af fodgængere og cyklister.

1-sporede rundkørsler med farvede cykelbaner har en højere uheldsfrekvens end rundkørsler med andre cykelfaciliteter. Det skyldes formentligt, at farvede cykelbaner er et uheldsskabende designelement.

1-sporede rundkørsler, hvor forskellen mellem største og mindste vinkel mellem hosliggende vejgrens midtlinjer er over 60 grader har en højere uheldsfrekvens end rundkørsler, hvor denne forskel er mindre.

Cykeluheld

Der er opstillet to modeller for cykeluheld i 1-sporede rundkørsler dels en model kun med variabelen *LnTotalind* dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen kun med *LnTotalind* ser således ud:

$$UHT_{1\text{-sporede rundkørsler, cykeluheld}} = 0,01599 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,4533}$$

LnTotalind er statistisk signifikant, men kan kun forklare 5,5% af den systematiske variation i forekomsten af cykeluheld i 1-sporede rundkørsler. *LnTotalind* er da også den mindst betydende variabel i den fulde model, hvor modelleringsprocessen er vist i tabel 39 og parameterestimater i tabel 40. Den fulde model har syv variable og kan forklare 77,9% af den systematiske variation i forekomsten af cykeluheld i 1-sporede rundkørsler.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's indeks
0	-	a	1	-	800,0	3,5694	0,000
1	Andelfortov	b ₁	1	79,91	722,1	1,6457	0,539
2	Cykelfacilitet	b ₂	6	37,91	696,2	1,2953	0,637
3	LnTotalind	P	1	11,78	686,4	1,1966	0,665
4	Højhastbegr	b ₃	1	11,71	676,7	1,0835	0,696
5	Cykelbane2	b ₄	1	7,40	671,3	0,9650	0,730
6	Helletype	b ₅	4	10,70	668,6	0,8715	0,756
7	Udsmykket	b ₆	1	7,50	663,1	0,7881	0,779

Tabel 39. Variable i uheldsmodel baseret på cykeluheld i årene 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler.

Modellen for cykeluheld i 1-sporede rundkørsler ligner slet ikke den tilsvarende model for alle rundkørsler. Relationen til trafikmængde, *LnTotalind*, er relativ stabil men svinger mellem 0,41-0,57. Det er især variabelen *Helletype*, der får betydningen af *LnTotalind* til at falde, da *Helletype* korrelerer kraftigt med trafikmængden. Parameterestimater for *Helletype* forekommer ikke at udvise den sande betydning af sekundærheller.

Andelfortov er den første variabel i modellen, men betyder mindre for tætheden af cykeluheld end *Cykelfacilitet*, der er den mest betydende variabel. Jo flere af vejene hen til rundkørslen, der har fortov, desto flere cykeluheld sker der. Det skyldes

formentligt, at veje med fortov har flere cyklister end veje uden fortov. Typen af *Cykelfacilitet* hænger højest sandsynligt også sammen med antallet af cyklister i rundkørslen. Variablen indikerer, at farvede faciliteter har højere uheldstæthed end tilsvarende faciliteter uden farve. *Cykelbaneo2* viser, at en rundkørsel med en cykelbane, der er 2 m eller bredere, har en højere tæthed af cykeluheld end rundkørsler med smallere cykelbaner.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,2506	0,007284	7,7601
Andelfortov (b ₁)	-	1,8551	1,1399	2,6002
Cykelfacilitet (b ₂)	Ingen	-1,5268	-2,7526	-0,3056
	Cykelbane	-1,3000	-2,4553	-0,1057
	Farvet cykelbane	-1,1707	-2,3952	0,1019
	Cykelsti	-0,5951	-1,7199	0,5715
	Farvet cykelsti	-0,2749	-1,4191	0,9193
	Separat sti	-2,8923	-4,9161	-1,2862
	To-plan	0,0000	-	-
LnTotalind (P)	-	0,4121	0,0969	0,7427
Højhastbegr (b ₃)	-	-0,0329	-0,0556	-0,0118
Cykelbaneo2 (b ₄)	Ja	0,8128	0,2811	1,3486
Helletype (b ₅)	Ingen	-1,9412	-3,1545	-0,7403
	Parallel	-0,5187	-1,5680	0,5582
	Trekant	-0,7393	-1,6214	0,1779
	Trompet	0,0000	-	-
	Blandet	-1,0996	-2,0397	-0,1416
Udsmykket (b ₆)	Ja	0,7371	0,2112	1,2816

Tabel 40. Parameterestimer for fuld model for cykeluheld 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler med syv variable.

Højhastbegr er den højeste hastighedsbegrænsning på vejgrenene 100 m fra rundkørsler og betragtes i modellen som en kontinuer variabel. Tætheden af cykeluheld i 1-sporede rundkørsler falder, jo højere hastighedsbegrænsningen er. Tætheden er således ca. 2,7 gange højere ved 50 km/t set i forhold til ved 80 km/t.

1-sporede rundkørsler, som er *Udsmykket* med skulpturer, har en højere tæthed af cykeluheld end rundkørsler uden skulpturer. Hvorvidt det er skulpturer, der giver anledning til flere cykeluheld, eller der er flere cyklister i rundkørsler med skulpturer, er uvist.

Kun-biluheld

Der er opstillet to modeller for kun-biluheld i 1-sporede rundkørsler dels en model kun med variabelen *LnTotalind* dels en model hvor alle variable kan indgå. Modellen kun med *LnTotalind* ser således ud:

$$UHT_{1\text{-sporede rundkørsler, kun-biluheld}} = 0,002081 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,7596}$$

LnTotalind er statistisk signifikant og kan forklare 39% af den systematiske variation i forekomsten af kun-biluheld i 1-sporede rundkørsler. *LnTotalind* er også den mest betydende variabel i den fulde model, hvor modelleringsprocessen er vist i tabel 41 og parameterestimater i tabel 42. Den fulde model har fem variable og kan forklare 63,6% af den systematiske variation i forekomsten af kun-biluheld i 1-sporede rundkørsler.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's indeks
0	-	a	1	-	1.212,8	0,8991	0,000
1	LnTotalind	P	1	69,47	1.145,4	0,5485	0,390
2	Helletype	b ₁	4	20,32	1.133,0	0,4859	0,460
3	Vejcenter	b ₂	5	22,96	1.120,1	0,3888	0,568
4	Midterrabatadvej	b ₃	1	6,81	1.115,3	0,3743	0,584
5	Forvarslingafstand	b ₄	5	14,85	1.110,4	0,3277	0,636

Tabel 41. Variable i uheldsmodel baseret på kun-biluheld i årene 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
- (a)	-	0,006214	0,001100	0,03307
LnTotalind (P)	-	0,6621	0,4750	0,8563
Helletype (b ₁)	Ingen	-1,4691	-2,3147	-0,7044
	Parallel	-0,4691	-0,9810	0,0387
	Trekant	-0,4664	-0,8229	-0,1152
	Trompet	0,0000	-	-
	Blandet	-0,8083	-1,1933	-0,4299
Vejcenter (b ₂)	Hovedstaden	-0,2981	-0,6519	0,0517
	Sjælland	0,3355	0,0102	0,6611
	Syddanmark	0,0000	-	-
	Østjylland	-0,5413	-1,0346	-0,0609
	Midt- og Vestjylland	-0,6245	-0,9996	-0,2584
	Nordjylland	0,1541	-0,2163	0,5245
Midterrabatadvej (b ₃)	Ja	0,4376	0,1526	0,7262
Forvarslingsafstand (b ₄)	Ingen	0,6274	0,1559	1,0962
	Under 100 m	0,2715	-0,1099	0,6534
	100-149 m	0,2526	-0,0848	0,5890
	150-199 m	0,0000	-	-
	200 m og længere	0,5074	0,2075	0,8102
	Ukendt	-0,4323	-1,9414	0,7537

Tabel 42. Parameterestimater for fuld model for kun-biluheld 2004-2010 i 1-sporede rundkørsler med syv variable.

Modellen for kun-biluheld i 1-sporede rundkørsler ligner lidt den tilsvarende model for alle rundkørsler. Relationen til trafikmængde, *LnTotalind*, er relativt stabil og svinger kun mellem 0,66-0,76. Parameterestimater for *Helletype* og *Vejcenter* er næsten de samme som i modellen for kun-biluheld i alle rundkørsler.

Midterrabadvej indikerer, at rundkørsler med vejgrene med midterrabat har en højere frekvens af kun-biluheld end i andre 1-sporede rundkørsler. *Forvarslingsafstand* indikerer, at frekvensen af kun-biluheld er lavest, hvor der i gennemsnit forefindes forvarslings og/eller vejvisningstavler på vejgrene 150-200 m før rundkørslen.

3.5.10 Modeller for uheld i flersporede rundkørsler

I årene 2004-2010 er der sket 229 uheld i de 20 flersporede rundkørsler. Af de 229 uheld er 3 fodgængeruheld, 30 cykeluheld, 30 knallert-motorcykeluheld og 167 kun-biluheld. Det er forsøgt at opstille to modeller dels en model kun med variabelen *LnTotalind* dels en model hvor alle variable kan indgå. Grundet det lave antal flersporede rundkørsler er de opstillede modeller forholdsvis upålidelige. Modellen for alle uheld i flersporede rundkørsler kun med *LnTotalind* er:

$$UHT_{\text{Flersporede rundkørsler, alle uheld}} = 0,0005424 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{1,0245}$$

Den totale indkørende årsdøgntrafik er statistisk signifikant og kan forklare 25,2% af den systematiske variation i forekomsten af uheld i flersporede rundkørsler. Det ser dog ikke ud til, at *LnTotalind* er den vigtigste variabel. Tabel 43 viser opgørelser fra modelleringsprocessen baseret på alle uheld 2004-2010 i flersporede rundkørsler. I tabel 44 er vist parameterestimer for den fulde model med to variable, der kan forklare 94,0% af den systematiske variation i forekomsten af uheld i flersporede rundkørsler. Det er værd at bemærke, at variabelen *LnTotalind* ikke indgår i modellen.

Trin	Variabel	Navn for estimat	Frihedsgrader	Type 1, χ^2 -værdi	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's Indeks
0	-	A	1	-	138,5	0,4413	0,000
1	Vejgrene	b ₁	3	12,41	132,1	0,1907	0,568
2	Cykelstiadvej	b ₂	1	16,56	117,5	0,0264	0,940

Tabel 43. Variable i uheldsmodel baseret på alle uheld i årene 2004-2010 i flersporede rundkørsler.

Variabel	Kategori	Estimat	95% konfidensinterval	
			Nedre	Øvre
-(a)	-	7,3720	3,6350	13,8447
Vejgrene (b ₁)	3	-0,9527	-1,7323	-0,1836
	4	-1,3897	-1,8173	-0,9669
	5	-0,8096	-1,3371	-0,2828
	6	0,0000	-	-
Cykelstiadvej (b ₂)	Ja	1,5200	0,8675	2,2490

Tabel 44. Parameterestimer for fuld model for alle uheld 2004-2010 i flersporede rundkørsler med to variable.

Uheldsmodellen for alle uheld i flersporede rundkørsler indeholder variabelen *Vejgrene* og *Cykelstiadvej*, der angiver om en eller flere veje hen til rundkørslen har

enkelt- eller dobbeltrettede cykelstier ca. 100 m fra rundkørslen. Det ses, at flersporede rundkørsler med fire vejgrene har lavest uheldstæthed, og den er ca. fire gange ($e^{-1,3897} = 0,25$) lavere end i rundkørsler med seks vejgrene, som har den højeste uheldstæthed. Flersporede rundkørsler med cykelstier på vejgrene har en betydeligt større uheldstæthed end rundkørsler uden sådanne cykelstier. Det skyldes, at flersporede rundkørsler uden cyklistier (to-plan eller forbudt adgang for cyklistier) har en lavere uheldstæthed end flersporede rundkørsler med cykelbane, cykelsti eller separat sti. Uheldstætheden peger i retning af, at rundkørsler med to cirkulationsspor hele vejen rundt har en højere uheldstæthed end rundkørsler kun delvist med to cirkulationsspor.

3.5 Sammenfattende bemærkninger

De mange udarbejdede uheldsmodeller og modelleringsprocesserne har vist, at modeltype 1 oftest er modeltype 2 overlegen. I tilfælde, hvor der ønskes beregnet et forventet antal uheld for en rundkørsel i Danmark og der kun haves oplysninger om mængden af biltrafik, anbefales derfor at gøre brug af modeltype 1 ved de følgende uheldsmodeller:

Alle typer af rundkørsler:

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld}} = 0,001909 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,8423}, \quad k = 0,5931$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, personskadeuheld}} = 0,010072 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,4855}, \quad k = 1,0312$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, materielskadeuheld}} = 0,0009011 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,8509}, \quad k = 0,7890$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, ekstrauheld}} = 0,00001169 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{1,2584}, \quad k = 0,6923$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, person- og materielskadeuheld}} = 0,003901 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,7277}, \quad k = 0,7431$$

Rundkørsler i hhv. by- og landzone:

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld, rundkørsler i byzone}} = 0,001922 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,8590}, \quad k = 0,6537$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld, rundkørsler i landzone}} = 0,0007577 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,9216}, \quad k = 0,4263$$

Forskellige typer af rundkørsler:

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld, 1-sporede rundkørsler}} = 0,004019 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,7507}, \quad k = 0,4858$$

$$UHT_{\text{år 2004-2010, alle uheld, flersporede rundkørsler}} = 0,0005424 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{1,0245}, \quad k = 0,3301$$

Modellerne ovenfor kan anvendes til at beregne en forventet uheldstæthed for perioden 2004-2010, altså en syvårig periode. Såfremt der ønskes beregnet en uheldstæthed for en anden periode må man derfor dividere med syv for at få

uheldstæthed for et år, og evt. derefter gange med fx fem for at få tætheden for en femårig periode.

For eksisterende rundkørsler med en kendt uheldstæthed kan uheldsmodellerne anvendes til at belyse, om den kendte uheldstæthed er større eller mindre end den forventede uheldstæthed fx ved udpegning af sorte pletter. Her anbefales at bruge Empirical Bayes, hvor spredningsparameteren, k , indgår. Den metode tager højde for den tilfældige variation i uheldsforekomsten. Empirical Bayes er beskrevet i rapporten *Uheldsmodeller for veje i åbent land* (Jensen, 2011).

Det anbefales ikke at anvende de udarbejdede modeller for personskader. I stedet kan modeller for personskadeuheld anvendes. Med et forventet personskadeuheld kan der forventes 1,088 personskade, heraf 0,014 dræbt, 0,502 alvorlig skade og 0,572 let skade.

Det kan ikke anbefales at opgøre et forventet antal cykeluheld alene med baggrund i biltrafikmængden. Det skyldes, at tal for biltrafikmængden ikke kan forklare en væsentlig del af den systematiske variation i forekomsten af cykeluheld. Da der ikke findes tal for mængden af cykeltrafik i rundkørslerne er den næstbedste løsning at gøre brug af oplysninger om rundkørslers design for på denne måde at opgøre et forventet antal cykeluheld.

I modelleringsprocesserne med oplysninger om rundkørslers design har der været to gennemgående træk. Mængden af cykeltrafik synes at være vigtig, men denne haves der ikke oplysninger om. Proxy-variable for cykeltrafikken fx *Andelfortov* og *Cykelfacilitet* er derfor udtryk for en sammenblanding af en udeladt variabel (cykeltrafikmængden) og en egentlig sikkerhedsmæssig betydning af gang- og cykelfaciliteter. Sådanne variable er ikke kausale og beskriver ikke en årsag-virkningssammenhæng. Det er derfor ikke muligt at belyse gang- og cykelfaciliteters betydning for sikkerheden med de data, der er til rådighed.

Et andet gennemgående træk er, at biltrafikmængden samvarierer med flere andre uafhængige variable. I gennemsnit er der fx 3.212 indkørende biler pr. døgn i rundkørsler uden sekundærheller, mens der er 11.654 med parallelheller, 7.967 med trekantsheller og 9.348 med trompetheller. Som følge heraf kan parameterestimater for både biltrafikmængde og samvarierende variable blive misvisende. Det er fx hastighedsbegrænsning, rundkørselstype, helletype, cykelfacilitet og forekomst af midterrabat, der udviser stor samvariation med biltrafikmængden, mens fx *Vejcenter* og *Vejgrene* ikke udviser nævneværdig samvariation. Betydningen af samvariation for parameterestimater kunne være minimeret ved enten selektiv udvælgelse af observationer (rundkørsler) eller vægtning af observationer for derigennem at opnå et mere ortogonalt datasæt, så fx biltrafikmængde var uafhængig af helletype. En sådan ortogonaliseringsproces er dog vurderet uhensigtsmæssig i dette tilfælde på grund af det relativt beskedne datagrundlag.

Parameterestimer for uafhængige variable, som ikke er præget af samvariation og udeladte variable (cykeltrafikmængden), kan indikere kausale sammenhænge. Det gælder variablene *Vejcenter*, *Vejgrene* og *Forvarslingafstand* samt delvist *Cirkulationsafm*, *Bredcirk*, *Andel20til35* og *Vinkeldifo60*. *Vejcenter* indikerer, at uheldsfrekvensen varierer mellem vejcenterområder, hvilket kan skyldes, at risikoen eller uheldsregistreringspraksis varierer mellem områderne. *Vejgrene* indikerer, at tætheden af uheld med fodgængere, cyklister, knallertkørere eller motorcyklister stiger, jo flere vejgrene rundkørslen har. *Forvarslingafstand* indikerer, at forvarsling og vejvisningstavler 100-200 m fra rundkørslen reducerer uheldsfrekvensen. *Cirkulationsafm* tyder på, at kantafmærkning ved midterøen reducerer frekvensen af bag-/frontuheld enten som følge af tilstedeværelsen af et overkørselsareal eller selve afmærkningen. *Bredcirk* tyder på, at rundkørsler med et ca. 7 m bredt cirkulationsareal har en lavere frekvens af krydsuheld. *Andel20til35* tyder på, at uheldsfrekvensen i rundkørsler i byzone er højere, når man opnår oversigt 20-35 m før vigelinjen ved rundkørslen til cirkulationsareal og tilfarten til venstre for ens vejgren, set i forhold at opnå oversigten tidligere eller senere. *Vinkeldifo60* tyder på, at rundkørsler med en forskel mellem største og mindste vinkel mellem vejgrene på mere end 60 grader har en større uheldsfrekvens end rundkørsler med mindre forskel på vinkler mellem vejgrene.

4. Konklusion

Rapporten dokumenterer, at det er muligt at udvikle pålidelige uheldsmodeller for rundkørsler i Danmark. De udviklede modeller er negativ binomialt fordelte med en konstant spredningsparameter, k , og hovedsageligt af modeltype 1:

$$UHT = a \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^P$$

$$UHT = a \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^P \times e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

UHT er uheldstætheden, N er den indkørende biltrafik til rundkørslen pr. døgn, x_i er uafhængige variable, der beskriver rundkørselsdesignet, mens a , P og b_i er konstanter, der estimeres.

Nedenfor er vist den udviklede uheldsmodel for alle uheld i alle rundkørsler. Med alle uheld menes samtlige politiregistrerede personskade-, materielskade- og ekstraheld, der er sket i rundkørslen.

$$UHT_{\text{\AA r 2004-2010, alle uheld}} = 0,001909 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,8423}, k = 0,5931$$

Der er udarbejdet modeller for forskellige uheldsarter, uheldstyper, rundkørsler i by- og landzone samt rundkørselstyper kun med den indkørende biltrafikmængde som uafhængig variabel.

Uheldsmodeller, hvor der indgår uafhængige variable for rundkørselsdesignet, er opstillet for alle uheld, personskadeuheld, cykeluheld, kun-biluheld, enuehald, bag-/front-uheld, krydsuheld samt rundkørsler i hhv. by- og landzone, 1-sporede og flersporede rundkørsler.

Parameterestimer for en række uafhængige variable for rundkørselsdesignet kan ikke indikere kausale årsag-virkningssammenhænge, fordi der ikke forefindes oplysninger om den indkørende cykeltrafikmængde samt nogle af de uafhængige variable korrelerer kraftigt med biltrafikmængden. Det er ikke muligt pålideligt at belyse betydningen for uheldsfrekvensen eller tætheden af cykeluheld af fx type af rundkørsel og sekundærhelle, hastighedsbegrænsning, cykelfacilitet og forekomst af midterrabat på vejgrene.

Parameterestimer for få uafhængige variabel er ikke præget af samvariation og udeladte variable (cykeltrafikmængden). Disse variable indikerer eller tyder på:

- Uheldsfrekvensen varierer kraftigt mellem vejcenterområder.
- Tætheden af uheld med fodgængere, cyklister, knallertkørere eller motorcyklister stiger, jo flere vejgrene rundkørslen har.

- Kantafmærkning ved midterøen reducerer frekvensen af bag-/frontuheld.
- Rundkørsler med et ca. 7 m bredt cirkulationsareal har en lavere frekvens af krydsuheld.
- Uheldsfrekvensen i rundkørsler i byzone er højere, når oversigten til cirkulationsarealet og tilfarten til venstre for ens vejgren opnås 20-35 m før vigelinjen ved rundkørslen.
- Rundkørsler med en forskel mellem største og mindste vinkel mellem vejgrene på mere end 60 grader har en større uheldsfrekvens end rundkørsler med mindre forskel på vinkler mellem vejgrene.

Uheldsmodeller, hvor der indgår uafhængige variable for rundkørselsdesignet, har typisk kunnet forklare omkring 80% af den systematiske variation i forekomsten af uheld. Uheldsmodeller, hvor kun biltrafikmængde indgår, har typisk kunnet forklare omkring 40% af den systematiske variation.

Referencer

Jensen, S. U. (2011): *Uheldsmodeller for veje i åbent land*. Trafitec.

Jensen, S. U. (2012): *Sikkerhedseffekter af rundkørsler – Før-efter uheldsevaluering af ombygninger af kryds til 332 rundkørsler med fokus på uheld med cyklister*. Trafitec.

Jensen, S. U. og P. B. Madsen (2012): *Rundkørsler, sikkerhed og cyklister - Litteraturstudie af sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler og uheldsmodeller for rundkørsler*. Trafitec.

Vejdirektoratet (2006): *Trafiktællinger – Planlægning, udførelse og efterbehandling – Vejledning*. Rapport 315.

Bilag 1. Uhelds-/personskadefrekvenser

Total indkørende ÅDT	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	Alle
122-2.499	0,07	0,11	-	-	0,10
2.500-4.999	0,05	0,07	-	-	0,06
5.000-7.499	0,18	0,04	0,11	-	0,05
7.500-9.999	-	0,03	0,00	-	0,03
10.000-14.999	0,00	0,03	0,02	-	0,03
15.000-19.999	-	0,04	0,05	-	0,04
20.000-37.833	-	0,01	0,04	0,02	0,02
I alt	0,09	0,04	0,03	0,02	0,04

Table 1.1. Personskadeuheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010.

Total indkørende ÅDT	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	Alle
122-2.499	0,35	0,09	-	-	0,11
2.500-4.999	0,05	0,13	-	-	0,12
5.000-7.499	0,16	0,10	0,00	-	0,10
7.500-9.999	-	0,08	0,00	-	0,08
10.000-14.999	0,00	0,09	0,11	-	0,09
15.000-19.999	-	0,09	0,27	-	0,12
20.000-37.833	-	0,05	0,10	0,12	0,09
I alt	0,10	0,09	0,13	0,12	0,10

Table 1.2. Materielskadeuheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010.

Total indkørende ÅDT	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	Alle
122-2.499	0,14	0,06	-	-	0,07
2.500-4.999	0,03	0,05	-	-	0,04
5.000-7.499	0,02	0,04	0,21	-	0,04
7.500-9.999	-	0,03	0,09	-	0,04
10.000-14.999	0,00	0,06	0,19	-	0,07
15.000-19.999	-	0,04	0,09	-	0,05
20.000-37.833	-	0,05	0,07	0,17	0,08
I alt	0,03	0,05	0,12	0,17	0,06

Table 1.3. Ekstrauheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010.

Total indkørende ÅDT	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	Alle
122-2.499	0,00	0,06	-	-	0,05
2.500-4.999	0,01	0,04	-	-	0,03
5.000-7.499	0,08	0,02	0,05	-	0,03
7.500-9.999	-	0,01	0,00	-	0,01
10.000-14.999	0,00	0,01	0,00	-	0,01
15.000-19.999	-	0,02	0,04	-	0,03
20.000-37.833	-	0,02	0,02	0,02	0,02
I alt	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabel 1.4. Dræbte/alvorlige skader pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010.

Total indkørende ÅDT	Type af rundkørsel				
	Mini	1-sporet	Flersporet	Signal	Alle
122-2.499	0,07	0,06	-	-	0,06
2.500-4.999	0,03	0,03	-	-	0,03
5.000-7.499	0,13	0,02	0,05	-	0,03
7.500-9.999	-	0,02	0,00	-	0,02
10.000-14.999	0,00	0,02	0,02	-	0,02
15.000-19.999	-	0,02	0,01	-	0,02
20.000-37.833	-	0,00	0,01	0,01	0,01
I alt	0,06	0,02	0,01	0,01	0,02

Tabel 1.5. Lette skader pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010.

Bilag 2. Materielskade- og ekstraueheld

Uheldsart		Materielskadeueheld		Ekstraueheld	
Modeltype		0	1	0	1
Estimat	a	1,93	0,00090	1,10	0,000012
	P	-	0,85	-	1,26
	k	1,31	0,79	1,81	0,69
95% konfidens-interval	a	1,68-2,21	0,00018-0,0043	0,93-1,30	0,0000014-0,00091
	P	-	0,68-1,03	-	1,03-1,49
	k	1,03-1,65	0,59-1,04	1,36-2,36	0,45-1,02
Sandsynlighed (p-værdi)	a	<0,0001	<0,0001	0,2688	<0,0001
	P	-	<0,0001	-	<0,0001
AIC		1.408,1	1.321,1	1.077,1	958,5
Elvik's indeks		-	0,40	-	0,62

Tabel 2.1. Negativ binomialfordelte uheldsmodeller baseret på 375 rundkørsler, uheldsdata 2004-2010 og trafikdata 2009.

Uheldsart		Materielskadeueheld			Ekstraueheld		
Modeltype		0	1	2	0	1	2
Estimat	a	1,93	0,0010	0,0055	1,11	0,000012	0,000018
	P	-	0,84	-	-	1,26	-
	P ₁	-	-	0,30	-	-	1,08
	P ₂	-	-	0,44	-	-	0,21
	k	1,30	0,79	0,71	1,80	0,69	0,69
95% konfidens-interval	a	1,68-2,22	0,00020-0,0049	0,0011-0,027	0,94-1,31	0,0000014-0,000095	0,0000018-0,000017
	P	-	0,66-1,02	-	-	1,03-1,49	-
	P ₁	-	-	0,06-0,54	-	-	0,76-1,40
	P ₂	-	-	0,29-0,58	-	-	0,044-0,37
	k	1,03-1,64	0,59-1,05	0,52-0,95	1,36-2,36	0,45-1,02	0,44-1,01
Sandsynlighed (p-værdi)	a	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2408	<0,0001	<0,0001
	P	-	<0,0001	-	-	<0,0001	-
	P ₁	-	-	0,0143	-	-	<0,0001
	P ₂	-	-	<0,0001	-	-	0,0125
AIC		1.386,3	1.302,6	1.287,1	1.063,2	946,4	947,5
Elvik's indeks		-	0,39	0,45	-	0,62	0,62

Tabel 2.2. Negativ binomialfordelte uheldsmodeller baseret på 369 rundkørsler med mindst 3 tilfarter, uheldsdata 2004-2010 og trafikdata 2009.