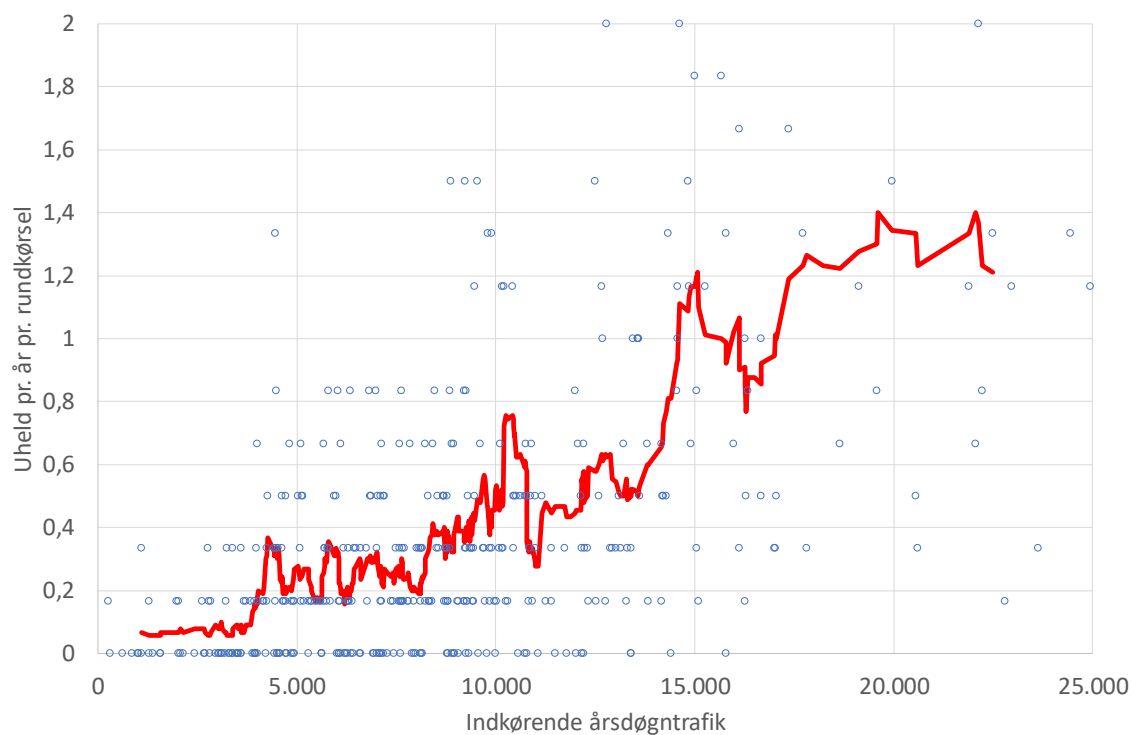


Uheldsmodeller, sikkerhedsfaktorer og værktøjer for landevejsnettet

Kryds og strækninger i det åbne land



Søren Underlien Jensen

Oktober 2017

<p>Titel: Uheldsmodeller, sikkerhedsfaktorer og værktøjer for landevejsnettet – kryds og strækninger i det åbne land</p> <p>Forfatter(e): Søren Underlien Jensen</p> <p>Publiceringsdato: Oktober 2017</p> <p>Sprog: Dansk</p> <p>Antal sider: 155</p> <p>Rekvirent/finansiel kilde: Vejdirektoratet</p> <p>Projekt: Nye uheldsmodeller</p> <p>Kvalitetssikring: Poul Greibe</p> <p>Emneord: Landeveje, rundkørsler, signalregulerede kryds, vigepligtsregulerede kryds, uheldsmodeller, sikkerhedsfaktorer</p> <p>Resumé:</p> <p>Rapporten beskriver uheldsmodeller for landevejsnettet. Med grundmodeller for signalregulerede kryds, rundkørsler, vigepligtsregulerede kryds og strækninger kan antallet af personskade-, materiel-skade- og ekstrauheld samt antallet af dræbte, alvorlige og lette skader beregnes for specifikke varianter af fire kryds- og strækningstyper. Modellerne kræver oplysninger om trafikmængde og strækningens længde for, at beregninger kan udføres.</p> <p>Der er opstillet sikkerhedsfaktorer for forskellige ændringer af udformning og regulering af kryds- og strækningstyper. Ved kombineret brug af grundmodeller og sikkerhedsfaktorer kan antallet af uheld og personskader estimeres for mange af de eksisterende udformninger og reguleringer af kryds, rundkørsler og strækninger i det åbne land.</p> <p>Der er desuden opstillet basismodeller for de fire kryds- og strækningstyper, som er baseret på alle eksisterende udformninger og reguleringer af disse kryds- og strækningstyper. Basismodellerne kan fx anvendes til udpegning af sorte pletter på landevejsnettet.</p>	<p>Title: Accident prediction models, accident modification factors and tools for rural road network – junctions and segments in rural areas</p> <p>Author(s): Søren Underlien Jensen</p> <p>Report date: October 2017</p> <p>Language: Danish</p> <p>No. of pages: 155</p> <p>Client/financial source: Road Directorate</p> <p>Project: New accident models</p> <p>Quality management: Poul Greibe</p> <p>Key words: Rural roads, roundabouts, signalised junctions, give-way junctions, accident models, accident modification factors</p> <p>Abstract:</p> <p>The report describes accident prediction models for the rural road network. Estimated safety prediction functions for signalised junctions, roundabouts, give-way junctions and segments can be used to calculate numbers of injury and property-damage-only accidents and numbers of fatalities, severe and slight injuries for specified variants of the four types of junctions and segments. The safety prediction functions need AADT and segment length as input to complete calculations.</p> <p>Accident modification factors are estimated for different changes of design and traffic regulation of the various types of junctions and segments. By combined use of safety prediction functions and accident modification factors the numbers of accidents and injuries may be calculated for most of the existing designs and regulations of the Danish rural road network.</p> <p>“Basic accident prediction models” have also been estimated for the four types of junctions and segments, based on all existing designs and traffic regulations of these sites. Basic accident prediction models may be used for black spot identification on rural roads.</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>

Forord

Landevejsnettet udgør det største sikkerhedsproblem i vejtrafikken i Danmark. I 2016 skete ca. 27 % af ulykkerne i vejtrafikken på veje i det åbne land, der ikke er motorveje. De 27 % er ikke et større problem, da landevejsnettet står for knap halvdelen af de kørte km i Danmark. Men ulykkerne på landeveje er alvorlige, og står for ca. 56 % af de dræbte og ca. 37 % af de tilskadede i vejtrafikken.

Vejdirektoratet har givet Trafitec i opdrag at udvikle operationelle værktøjer, der kan beskrive trafiksikkerheden ved alternative vej- og krydstyper i forbindelse med anlæg af nye veje og større ombygninger af eksisterende veje. Fokus er på veje i det åbne land. Opgaven er delt i tre hhv. motorvejsnettet, strækninger af landeveje samt kryds. En tidligere rapport fra 2015 har behandlet motorvejsnettet. Nærværende rapport omhandler strækninger og kryds på landevejsnettet inklusive rampekryds ved motorveje.

Til opgaven er knyttet en følgegruppe, der har til formål at give konstruktiv kritik af de udviklede rapporter og operationelle værktøjer. Følgegruppen er sammensat af følgende deltagere:

- Kenneth Kjemtrup, Vejdirektoratet
- Stig Hemdorff, Vejdirektoratet
- Tove Hels, Rigspolitiet
- Anders Gedde Petersen, Næstved Kommune
- Poul Greibe, Trafitec

Rapportens forfatter vil gerne benytte lejligheden til at takke følgegruppen for god og konstruktiv kritik.

Indhold

Forord	3
Sammenfatning	7
1. Indledning.....	13
2. Modelstrategi og datagrundlag	15
2.1 Modelstrategi	15
2.2 Datagrundlag.....	17
2.2.1 Vej- og trafikdata	17
2.2.2 Afgrænsning af kryds, rundkørsler og strækninger	22
2.2.3 Uheld og personskader	26
3. Modeludvikling	31
3.1 Signalregulerede kryds	31
3.1.1 Basismodeller	37
3.1.2 Faktormodeller.....	41
3.1.3 Grundmodeller	45
3.2 Rundkørsler.....	49
3.2.1 Basismodeller	54
3.2.2 Faktormodeller.....	57
3.2.3 Grundmodeller	61
3.3 Vigepligtsregulerede kryds	65
3.3.1 Basismodeller	70
3.3.2 Faktormodeller.....	73
3.3.3 Grundmodeller	76
3.4 Sammenligning af grundmodeller for tre krydstyper	80
3.5 Strækninger	84
3.5.1 Basismodeller	93
3.5.2 Faktormodeller.....	96
3.5.3 Grundmodeller	103
4. Sikkerhedsfaktorer	107
4.1 Signalregulerede kryds	107
4.1.1 Ensrettet trafik og svingforbud	108
4.1.2 Svingspor, midter- og delehelle	109
4.1.3 Svingpil.....	110
4.1.4 Cykelfacilitet.....	111
4.1.5 Hastighedsbegrænsning	111
4.2 Rundkørsler.....	113
4.2.1 Antal vejgrene, hovedtype og shunt (tilfartskørespor)	114
4.2.2 Sekundærhelle.....	115

4.2.3 Midterø diameter og højde.....	116
4.2.4 Bredde af overkørsels- og cirkulationsareal	117
4.2.5 Cykelfacilitet.....	118
4.2.6 Belysning	118
4.2.7 Hastighedsbegrænsning	119
4.3 Vigepligtsregulerede kryds	120
4.3.1 Type af vigepligt.....	120
4.3.2 Ensrettet trafik og svingforbud	121
4.3.3 Svingspor og heller	121
4.3.4 Cykelfacilitet.....	122
4.3.5 Belysning	123
4.3.6 Hastighedsbegrænsning	123
4.4 Strækninger	124
4.4.1 Kurvatur	124
4.4.2 Stigningsforhold	125
4.4.3 Midterrabat	126
4.4.4 Kørespor	127
4.4.5 Nødspor og kantbaner.....	128
4.4.6 Yderrabatter	129
4.4.7 Vejbelysning	129
4.4.8 Adgangsbegrænsning, trafikarter.....	130
4.4.9 Adgangsbegrænsning, sideveje	131
4.4.10 Hastighedsbegrænsning	131
5. IT-værktøjer for landevejsnettet.....	133
5.1 Grundmodeller	133
5.2 Sikkerhedsfaktorer	136
5.3 Vejledning til IT-værktøjer.....	138
Referencer	143
Bilag 1. Grundmodeller	145
B1.1 Signalregulerede kryds.....	146
B1.2 Rundkørsler	148
B1.3 Vigepligtsregulerede kryds	150
B1.4 Strækninger	154

Sammenfatning

Vejdirektoratet har givet Trafitec i opdrag at udvikle operationelle værktøjer, der kan beskrive trafikikkerheden ved alternative vej- og krydstyper i forbindelse med anlæg af nye veje og større ombygninger af eksisterende veje. Fokus er på veje i åbent land. Opgaven er delt i tre hhv. motorvejsnettet, landevejsstrækninger og kryds. Nærværende rapport omhandler landevejsstrækninger og kryds, altså landevejsnettet inklusive motortrafikveje og rampekryds ved motorveje.

Arbejdet med landevejsnettet har bestået af tre delopgaver. Første opgave var at opdele landevejsnettet i enheder og beskrive disse enheder med hensyn til bl.a. udformning og regulering. Sådanne enheder er fx rundkørsler og strækninger. En anden opgave var at udvikle uheldsmodeller for velspecificerede varianter af enhederne fx et signalreguleret kryds med 3 vejben, dobbeltrettet trafik og midterheller på vejben, 3 svingspor, ingen svingpile, uden svingforbud, ingen cykelfacilitet, belysning og 70 km/t hastighedsbegrænsning. En uheldsmodel for sådan en velspecificeret variant er i nærværende rapport benævnt *grundmodel*. Den tredje og sidste opgave var at opstille *sikkerhedsfaktorer*, der angiver, hvordan sikkerheden forandres, hvis den velspecificerede variant, som grundmodellen repræsenterer, får anden udformning eller regulering. Eksempelvis hvis et signalreguleret kryds får 3-lys pil (bundet venstresving) i stedet for ingen svingpile.

Enheder

Landevejsnettet er opdelt i fire hovedtyper (i parentes; primære undertyper):

- **Signalregulerede kryds** (3 ben, 4 ben)
- **Rundkørsler**
- **Vigepligtsregulerede kryds** (3 ben, 4 ben)
- **Strækninger**

Enhederne eller kryds- og strækningstyperne er beskrevet i afsnit 2.2. I dette afsnit er der klare definitioner for afgrænsningen af disse kryds og strækninger. For et kryds indgår de 25 meter vej nærmest krydspunktet, som er skæringen mellem to vejenes stationeringslinjer. En rundkørsel har mere end et krydspunkt. For rundkørsler indgår cirkulationsarealet og de 25 meter vej nærmest krydspunkter i rundkørslen. Det betyder, at en rundkørsel har en større fysisk udbredelse end et kryds. I strækninger indgår ikke definerede kryds og rundkørsler, og heller ikke fx jernbaneoverkørsler og flettestrækninger. Der henvises til afsnit 2.2 for flere detaljer om definitioner.

For enhederne er en række oplysninger indsamlet og registreret; uheld og personskader, trafikmængder, tværprofil, linjeføring, længdeprofil, vejudstyr, afmærkning og regulering.

Det har ikke været muligt at opstille uheldsmodeller for bl.a. jernbaneoverkørsler, forsatte kryds, ”kødben” (særlig afart af rundkørsel), sideanlæg, strækninger med ensrettet trafik og flettestrækninger. Baggrunden herfor er mangel på data eller for få data. Disse typer af kryds og strækninger er derfor ikke behandlet som enheder.

Grundmodeller

Grundmodeller er opstillet for specifikke varianter af signalregulerede T-kryds (3 vejben), signalregulerede F-kryds (4 vejben), rundkørsler (4 vejgrene), vigepligtsregulerede T-kryds, vigepligtsregulerede F-kryds samt strækninger. For kryds og rundkørsler gælder grundmodeller for varianter med følgende udformning, udstyr og regulering:

Udformning, udstyr og regulering	Signal-reguleret T-kryds	Signal-reguleret F-kryds	Rundkørsel	Vigepligts-reguleret T-kryds	Vigepligts-reguleret F-kryds
Antal vejben / vejgrene	3	4	4	3	4
Antal tilfartskørespor	-	-	4	-	-
Midterø diameter	-	-	30 meter	-	-
Midterø højde	-	-	0-1,9 meter	-	-
Bredde af overkørselsareal	-	-	2,0 meter	-	-
Antal cirkulationsspor	-	-	1	-	-
Bredde af cirkulationsareal	-	-	6,5 meter	-	-
Midterheller	Ja, alle ben	Ja, alle ben	-	-	-
Primærheller	-	-	-	Ingen	Ingen
Sekundærheller	-	-	Trekant/ trompet	Ingen	Ingen
Venstresvingsspor pr. kryds	2	4	-	0	0
Højresvingsspor pr. kryds	1	2	-	0	0
Deleheller – shunter	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Cykelfacilitet	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Fodgængerfelter	-	-	Ingen	Ingen	Ingen
Vej- og krydsbelysning	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
Type af vigepligt	Stop	Stop	Ubetinget	Ubetinget	Ubetinget
Svingforbud	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Hastighedsbegrænsning	70 km/t	70 km/t	80 km/t	80 km/t	80 km/t
Venstresvingspile	Nej	Nej	-	-	-
Højresvingspile	Nej	Nej	-	-	-
Dobbeltrettet trafik	Ja, alle ben	Ja, alle ben	Ja, alle grene	Ja, alle ben	Ja, alle ben

Grundmodeller gælder specificerede kryds og rundkørsler. Note: - = irrelevant.

Grundmodeller for signal- og vigepligtsregulerede kryds har følgende funktionsudtryk:

$$UHT = a \cdot N_{\text{pri}}^{p_1} \cdot N_{\text{sek}}^{p_2} \quad (1)$$

hvor UHT er tæthed af uheld eller personskader pr. kryds pr. år, a , p_1 og p_2 er estimerede konstanter samt N_{pri} og N_{sek} er årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje.

For rundkørsler ser funktionsudtrykket lidt anderledes ud:

$$UHT = a \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{p_1} \quad (2)$$

hvor UHT er tæthed af uheld eller personskader pr. rundkørsel pr. år, a og p_1 er estimerede konstanter, N_{pri} og N_{sek} er den samlede indkørende årsdøgntrafik på alle vejgrene.

For strækninger gælder grundmodeller for en variant med følgende udformning, udstyr og regulering:

- Kurvatur på 10 graders sving pr. km
- Maksimalt stigningsforhold på 2 %
- Ingen midterrabat
- 2 kørespor á 3,5 meters bredde
- Kantbaner á 0,5 meters bredde
- Yderrabatter á 2,0 meters bredde
- Ingen fortov
- Ingen vejbelysning
- Cykling er tilladt
- Ingen sideveje
- 80 km/t hastighedsbegrænsning

Grundmodeller for strækninger har følgende funktionsudtryk:

$$UHT = a \cdot N^p \quad (3)$$

hvor UHT er tæthed af uheld eller personskader pr. km pr. år, a og p er estimerede konstanter samt N er årsdøgntrafik på strækningen.

I kapitel 3 er de grundmodeller for kryds, rundkørsler og strækninger, der anbefales at benytte, markeret med gråt. Her er de estimerede konstanter (a - p -værdier) beskrevet. Grundmodellerne er yderligere beskrevet i bilag 1. Grundmodellerne kan estimere et forventet antal uheld og personskader for hver variant af kryds, rundkørsler og strækninger. Der findes dog ikke grundmodeller for hver uheldsart og skadesgrad for kryds og rundkørsler. På baggrund af faktorer kan estimerede uheld og personskader fra grundmodeller for kryds og rundkørsler omregnes til

antal uheld og personskader for enkelte uhedsarter og skadesgrader. Disse faktorer er beskrevet i afsnit 5.1. Der findes grundmodeller for strækninger for hver uhedsart og skadesgrad, så her er sådanne faktorer unødvendige. Beregnede antal uheld og personskader pr. år gælder for perioden 2011-2016. Der er ikke estimeret årsfaktorer, så resultater kan ikke opgøres for ét bestemt år.

Grundmodeller og de nævnte faktorer indgår i IT-værktøjer, der alene med oplysninger om kryds- og strækningstype, årsdøgntrafik og strækningsslængde kan beregne antallet af uheld og personskader fordelt på uhedsart og skadesgrad. De estimerede uheld og personskader omregnes desuden i IT-værktøjerne til uhedsomkostninger ved brug af enhedspriser for personrelaterede og materielle omkostninger. Der er benyttet enhedspriser opgjort i 2017 prisniveau.

Sikkerhedsfaktorer

Der er opstillet 34 sikkerhedsfaktorer, der er knyttet til og kan bruges i relation til grundmodellerne. Sikkerhedsfaktorerne er knyttet til følgende designforhold og grundmodeller:

Sikkerhedsfaktor / Type af design	Signal-reguleret T-kryds	Signal-reguleret F-kryds	Rundkørsel	Vigepligts-reguleret T-kryds	Vigepligts-reguleret F-kryds	Strækning
Ensrettet trafik	X	X		X	X	
Antal svingspor	X	X		X	X	
Venstresvingespil	X	X				
Cykelfacilitet	X	X	X	X	X	
Hastighedsbegrænsning	X	X	X	X	X	X
Antal tilfartskørespør			X			
Sekundærhelle			X	X	X	
Midterø diameter			X			
Midterø højde			X			
Bredde af overkørselsareal			X			
Bredde af cirkulationsareal			X			
Vej- og krydsbelysning			X	X	X	X
Type af vigepligt				X	X	
Kurvatur						X
Stigningsforhold						X
Midterrabat						X
Bredde af kørespør						X
Bredde af kantbane/nødspør						X
Bredde af yderrabat						X
Cykelforbud						X
Sideveje						X

Foreslåede sikkerhedsfaktorer for kryds- og strækningstyper.

I kapitel 4 er de foreslåede sikkerhedsfaktorer beskrevet detaljeret. En sikkerhedsfaktor beskriver konsekvenser for trafikikkerheden, som en ændring af det specifikke design, som grundmodellen er baseret på, medfører. Ved at anvende grundmodeller i kombination med sikkerhedsfaktorer kan et forventet antal uheld og personskader beregnes for en stor andel af det eksisterende landevejsnet med den variation i udformning og regulering, der findes. De kan også benyttes til at beregne forventede antal uheld og personskader for strækninger og kryds på landevejsnettet, der skal ombygges eller anlægges.

Det har været forsøgt at opstille yderligere sikkerhedsfaktorer for fx fodgængerfelter, signalregulering af rundkørsler, rumleriller, sikkerhedszoner og faste genstande. Det har ikke været muligt at opstille yderligere sikkerhedsfaktorer, da sikkerhedseffekter relateret til nogle af disse tiltag er for usikre, mens der for andre tiltag ikke foreligger fyldestgørende oplysninger om forholdene i de kryds og på de strækninger, der indgår i grundmodeller.

De foreslåede sikkerhedsfaktorer er indlejret i IT-værktøjer, så man ved valg af et andet design af et kryds eller en strækning automatisk får beregnet antallet af uheld og personskader for det anderledes design.

Øvrige resultater

For kryds, rundkørsler og strækninger, hvor der er udviklet grundmodeller, er der også udviklet basis- og faktormodeller. **Basismodeller** beskriver sammenhænge mellem uhelds- og personskadetæthed på den ene side og trafikmængde på den anden side, og er baseret på fx rundkørsler med vidt forskellig udformning og regulering. Basismodeller kan benyttes til udpeging af sorte pletter.

Faktormodeller er baseret på de samme data som basismodeller, men derudover indgår variable for kryds og strækningers design og regulering. Faktormodeller er udviklet for at erfare, hvilke forhold der påvirker uhelds- og personskadetætheder. Det skal pointeres, at parameterestimer fra faktormodeller ikke er kausale årsags-virkningssammenhænge, og derfor må betragtes med forsigtighed. Af de mange resultater, de estimerede uheldsmodeller har frembragt, skal følgende resultater fremhæves:

Ensrettet trafik: Uheldsmodeller viser tydeligt og konsistent, at signal- og vigepligtsregulerede kryds med ensrettet trafik på et eller flere vejben har en bedre sikkerhed end andre kryds. Resultaterne viser, at der sker ca. 51 procent færre personskadeuheld, ca. 31 procent færre materielskadeuheld og ca. 12 procent færre ekstra-uheld i kryds med ensrettet trafik end sammenlignelige kryds.

Venstresvingpile: Sikkerheden i signalregulerede kryds med bundet venstresving er bedre end i kryds uden venstresvingpile viser uheldsmodellerne. Effekten af

bundet venstresving synes større i T-kryds end i F-kryds. Det harmonerer med resultater fra før-efter uheldsevalueringer i Danmark og andre lande.

Midterø højde: 1-sporede rundkørsler med høje midterøer (2 meter eller højere på midten i forhold til cirkulationsareal) er sikre end 1-sporede rundkørsler med lave midterøer. Uheldsmodeller estimerer, at høje midterøer er 20-25 % sikrere end lave midterøer. Det harmonerer med andre undersøgelser.

Belysning: Uheldsmodellerne viser, at uhelds- og skadesfrekvenser i rundkørsler uden belysning er 3-4 gange højere end i sammenlignelige rundkørsler med belysning. Det harmonerer med udenlandske undersøgelser.

Sekundærheller: Uheldsmodeller viser tydeligt og konsistent, at etablering af sekundærheller i vigepligtsregulerede kryds uden primærheller medfører en mindre forværring af sikkerheden både i T- og F-kryds. Det harmonerer med andre undersøgelser af T-kryds, men står i kontrast til andre undersøgelser af F-kryds.

Kurvatur: Uheldsfrekvensen stiger med ca. 3 %, når kurvaturen øges med 10 grader pr. km. Nærmest lige veje med en kurvatur på 0-9 grader pr. km har en 8-9 % højere uheldsfrekvens end veje med en kurvatur på 10-29 grader pr. km. Kurvaturen har omtrent samme effekt på personskader og uheld. Effekterne harmonerer med tidligere studier af vejes linjeføring.

Stigningsforhold: Effekten af det maksimale stigningsforhold på en strækning er en stigning i uheld på 3-4 % ved øgning af stigningsforholdet med 1 %. Effekten af det maksimale stigningsforhold er større for personskader og personskadeuheld end for materielskade- og ekstraueheld. Resultater harmonerer med tidligere studier af vejes længdeprofil.

Midterrabat: Strækninger med midterrabat har 12 % færre uheld og 39 % færre personskader end sammenlignelige strækninger uden midterrabat, mens strækninger med delvis midteradskillelse har 5 % færre uheld og 15 % færre personskader end strækninger uden midterrabat. De effekter er lidt højere end i tidligere studier.

Køresporsbredde: Uheldsmodeller viser, at en øgning af køresporsbredden med 0,25 meter reducerer antallet af uheld og personskader med ca. 6-16 %. Det er en lidt højere effekt end i flere andre studier. Det findes desuden, at der eksisterer en optimal køresporsbredde på omkring 3,75-3,85 meter. Øgning af bredden af kørespør ud over den optimale bredde medfører en forværring af sikkerheden.

1. Indledning

Vejdirektoratet har givet Trafitec i opdrag at udarbejde uheldsmodeller, der kan benyttes ved valg af vej- og krydstype i forbindelse med anlæg af nye veje og kryds samt større ombygninger af eksisterende veje og kryds. Fokus er på veje i det åbne land. Opgaven er delt i tre hhv. motorvejsnettet, strækninger af landeveje samt kryds.

Nærværende rapport omhandler **LANDEVEJSNETTET**.

I landevejsnettet indgår veje og kryds i det åbne land dog ikke motorvejsnettet. Det vil sige, at motortrafikveje, rampekryds og almindelige landeveje indgår. Der indgår rundkørsler, signalregulerede og vigepligtsregulerede kryds. Strækninger med enkeltrettet trafik samt jernbaneoverkørsler er udeladt, da der er for få af disse til at opstille uheldsmodeller herfor. Strækninger med enkeltrettet trafik er oftest ramper.

For at kunne anvende en uheldsmodel til valg af vej- og krydstype er det centralt, at modellen kan beregne et forventet antal uheld for en velspecificeret variant af veje eller kryds. For landevejsnettet kunne en sådan variant fx være en strækning med 2 kørespor, belagt bredde på 8 meter, uden vejbelysning, uden cykelfacilitet, med 80 km/t hastighedsbegrænsning, osv.

En uheldsmodel for en velspecificeret variant er her benævnt **GRUNDMODEL**.

I kombination med oplysninger om sikkerhedseffekter af diverse designelementer og reguleringer kan en grundmodel anvendes til at beregne et forventet antal uheld for flere varianter af veje og kryds. Oplysninger om sikkerhedseffekter kunne fx være, hvad der sker med antallet af uheld og personskader, hvis der etableres vejbelysning på en strækning, mens alle andre forhold er ens.

En oplysning om sikkerhedseffekt er her benævnt **SIKKERHEDSFAKTOR**.

I nærværende rapport er udarbejdet flere grundmodeller og sikkerhedsfaktorer for landevejsnettet. De kan benyttes til at udarbejde ganske præcise opgørelser af forventede uheld og personskader for en række varianter af de fleste dele af landevejsnettet.

Udover grundmodeller og sikkerhedsfaktorer er der udarbejdet basis- og faktor-modeller.

Basismodeller beskriver sammenhænge mellem uhelds- og personskadetæthed på den ene side og trafikmængde på den anden side, og er baseret på fx rundkørsler med forskelligt design og regulering. Basismodellen kan ikke bruges til at beregne

et forventet antal uheld for en velspecificeret variant. Basismodeller er primært udviklet for at sammenligne grund- og basismodeller, fx parameterestimer og forklaringskraft. Basismodeller kan tillige benyttes til udpegning af sorte pletter.

Faktormodeller er baseret på de samme data som basismodeller, men derudover indgår uafhængige variable for strækningens/krydsets design og regulering til at estimere uhelds- og personskadetætheder. Faktormodeller er udviklet især for at erfare, hvilke forhold der påvirker uhelds- og personskadetætheder. Sådanne forhold må man nødvendigvis tage højde for eller bør indgå i grundmodeller. Derudover indgår nogle parameterestimer fra faktormodeller til at estimere sikkerhedsfaktorer. Det er dog vigtigt at pointere, at parameterestimer fra faktormodeller ikke er kausale årsags-virkningssammenhænge, og derfor må betragtes med en vis forsigtighed.

2. Modelstrategi og datagrundlag

Data om veje, trafik og uheld er indsamlet for landevejsnettet og primært baseret på vejman.dk. Det er hovedsageligt det overordnede vejnet udenfor byzone og eksklusiv motorvejsnettet, der indgår i datamaterialet. Derudover er en database om rundkørsler i 70 af landets 98 kommuner benyttet. Der er også gjort brug af trafiktal fra Landstrafikmodellen i tilfælde, hvor der ikke foreligger tal fra tællinger. Grundet udbredt manglende opdatering/ajourføring samt mange fejl (bl.a. flere systematiske fejl) i vejman.dk om udformning af veje og kryds er der foretaget kvalitetssikring af data. Desuden er nogle få nye vejdata registreret ved en kombineret brug af oplysninger fra CVF (den Centrale Vej- og stiFortegnelse), Google Maps og Streetview.

Før de indsamlede data præsenteres, er modelstrategien for arbejdet gennemgået.

2.1 Modelstrategi

Den valgte modelstrategi er i stor udstrækning baseret på, hvilke stræknings- og krydstyper der i praksis kan opstilles pålidelige uheldsmodeller for. Nedenfor ses en almindelig uheldsmodel for strækninger:

$$UHT = a \cdot N^p$$

hvor UHT er uheldstæthed (uheld pr. km pr. år), a og p er estimerede konstanter og N er årsdøgntrafik på strækningen.

For at kunne opstille en pålidelig uheldsmodel er det nødvendigt at have et relativt stort antal strækninger og stort antal uheld for at kunne estimere konstanterne a og p med en rimelig nøjagtighed. Det er samtidig vigtigt, at der er en stor variation i årsdøgntrafik mellem strækninger for at estimere p med god nøjagtighed. Endelig må strækningerne ikke være for korte, da der ellers vil være et meget stort antal strækninger med nul uheld, og derved en beskedent varians i uheldstæthed.

Uheldsforekomsten på strækninger og i kryds er forbundet med hhv. tilfældig og systematisk variation. Ved at lade årsdøgntrafikken indgå i en uheldsmodel for strækninger, så forklares en større del af den systematiske variation. Omfanget af uforklaret systematisk variation vil bl.a. afhænge af, hvor forskellige strækninger er med hensyn til tværprofil og tracé. Indgår fx både kurvede og lige strækninger eller strækninger med og uden midterrabat i samme strækningstype, så vil der være mere systematisk variation end hvis der kun indgik lige strækninger uden midterrabat. Omvendt har man mulighed for at lade oplysninger om kurvatur og midterrabat indgå i en model for at forklare noget af den systematiske variation.

Sammenhængen mellem trafik og uheld vil blive mere pålideligt estimeret, jo mindre fx tværprofil og tracé varierer mellem strækninger.

På denne baggrund er det i første omgang valgt at operere med brede stræknings- og krydstyper. Følgende typer af strækninger og kryds indgår:

- Strækninger med dobbeltrettet trafik inklusive eventuelle sideanlæg
- Rundkørsler inklusive eventuelle shunter
- Signalregulerede kryds inklusive eventuelle shunter
- Vigepligtsregulerede kryds inklusive eventuelle shunter

Strækninger kunne fx opdeles efter antal kørespor, forekomst af midterrabat eller midtlinje eller hastighedsbegrænsning. Der kan dog næppe opstilles grundmodeller for strækninger med mere end to kørespor eller med midterrabat. Derfor er det valgt at lade samtlige strækninger med dobbeltrettet trafik indgå i én type for senere om nødvendigt at frasortere strækninger med fx 3-4 kørespor ved opstilling af grundmodeller.

Hvis der er sideanlæg (rastepladser) langs en strækning, så indgår de (med trafik og uheld) i selve strækningen. Det gør de for ikke at skævvride data, idet mange strækninger har parkeringsanlæg, som ikke er registreret i vejman.dk. Egentlige parkeringspladser (registreret i vejman.dk) som fx samkørselspladser nær motorveje indgår ikke i en strækning.

Ved nogle rundkørsler er der shunter, så man kan undgå at køre ind i cirkulationsarealet, hvis man skal til højre. Trafik på en shunt og uheld med køretøjer, der har benyttet en shunt henføres til den nærliggende rundkørsel. På samme måde henføres trafik og uheld på shunter ved signalregulerede og vigepligtsregulerede kryds til disse kryds.

I første omgang er rundkørsler, signalregulerede og vigepligtsregulerede kryds ikke opdelt efter antal vejgrene eller vejben. Det vil sige, at vigepligtsregulerede med tre vejben (T-kryds) indgår i samme type som vigepligtsregulerede firevejskryds (F-kryds). Ved estimering af uheldsmodeller vil en krydstype evt. blive opdelt i undertyper efter antal vejgrene / vejben, hvis det viser sig, at variabelen for antal vejgrene / vejben er af stor betydning for modeludtrykket.

Med udgangspunkt i, at der er for få uheld og/eller for få enheder til at opstille pålidelige uheldsmodeller, er følgende typer af strækninger og kryds fravalgt:

- Strækninger med enkeltrettet trafik fx ramper
- Flettestrækninger i relation til ramper
- Jernbaneoverkørsler

Antallet af uheld pr. år på strækninger med enkeltrettet trafik, der ikke er del af motorvejsnettet, i det åbne land er beskedent. Derfor er eksempelvis ramper med

enkeltrettet trafik i toplanskryds udeladt. Sådanne toplanskryds med ramper med enkeltrettet trafik har også ofte flettestrækninger ved fra- og tilkørsler. De forholdsvist få uheld pr. år på flettestrækninger har medført, at disse også er udeladt. Flettestrækninger i forbindelse med shunter ved rundkørsler, signalregulerede og vigepligtsregulerede kryds betragtes ikke som en særskilt strækning. I stedet henføres trafik og uheld på en shunt til fx rundkørslen, mens strækningen fra rundkørselens cirkulationsareal forbi shunten og videre til næste kryds anses for at være én strækning.

Antallet af jernbaneoverkørsler i det åbne land med kendt årsdøgntrafik på vejen er ganske beskedent. Samtidig er årsdøgntrafik på jernbaner ukendt (ej oplyst i vejman.dk). Derfor er jernbaneoverkørsler udeladt.

2.2 Datagrundlag

Oplysninger om strækningers og kryds' udformning og regulering i vejman.dk er i nogen udstrækning fejlbehæftet ofte på grund af manglede opdatering/ajourføring. Af den grund har det været nødvendigt at kvalitetssikre data, så en uheldsmodel for fx signalregulerede kryds faktisk er baseret på kryds, som er signalreguleret og har været signalreguleret i hele perioden, som uheldsmodellen er gældende for. Denne kvalitetssikring er i høj grad baseret på luftfotos og Google Streetview. Ud fra relevante muligheder for at kvalitetssikre er det kun muligt at garantere data af høj kvalitet for årene 2011-2016. Datagrundlaget udgøres således af strækninger og kryds, som – så vidt vides – har haft samme udformning og regulering i årene 2011-2016. Politiregistrerede uheld og personskader fra årene 2011-2016 indgår. Der er gjort brug af trafiktællinger fra disse år, men hvor sådanne trafiktællinger ikke forefindes er benyttet trafiktællinger fra før 2011 alternativt trafiktal fra den landsdækkende trafikmodel.

2.2.1 Vej- og trafikdata

Alle signalregulerede kryds og rundkørsler i åbent land, hvorom der foreligger data i vejman.dk og/eller database om rundkørsler oprettet i forbindelse med et cykelpuljeprojekt, er gennemgået. De signalregulerede kryds og rundkørsler, hvor der foreligger trafiktal for alle vejben / vejgrene, og hvor udformningen af kryds og rundkørsler – så vidt vides – har været uændret i 2011-2016, indgår i modelarbejdet. Omfanget af krydstællinger (opdeling på trafikstrømme) er stærkt begrænset, og derfor indgår trafiktal (evt. retningsopdelt) for hvert vejben / vejgren / shunt.

For *signalregulerede kryds* er følgende data indsamlet:

- Antal vejben
- Vejbestyrelse, vejnummer, vejdel og kilometrering for alle vejben og shunter

- Årsdøgntrafik for hvert vejben
- Oplysning om evt. enkeltrettet trafik i vejben
- Heller, kørespor/svingbaner, cykelfacilitet, fodgængerfelt, svingforbud og svingpile for hvert vejben
- Hastighedsbegrænsning ca. 100 m fra stoplinje for hvert vejben
- Angivelse om kryds er et rampekryds ved motorvej eller del af toplanskryds
- Oplysning om beliggenhed – kommune og politikreds

Det har været et ønske at få oplysninger om driftsform, signalgruppeplaner (bl.a. faseopdeling, mellemtider, omløbstider, osv.), samordning og signaludstyr. Men der findes desværre ikke et relevant register herfor. Desuden blev det udeladt at registre oplysninger om vinkel mellem vejben, bredde af kørespor, længde af helle og svingbaner samt forekomst af busstoppesteder. Der er vejbelysning ved alle signalanlæg.

Der er i alt fundet 366 signalregulerede kryds i det åbne land, heraf indgår i første omgang 221 i modelarbejdet. 145 signalregulerede kryds udgår, dels pga. manglende trafikdata, dels er nogen signalreguleret efter 1. januar 2011, og dels er der foretaget større ombygninger i nogle få kryds i årene 2011-2016.

For **rundkørsler** er følgende oplysninger indsamlet:

- Antal vejgrene
- Vejbestyrelse, vejnummer, vejdel og kilometrering for cirkulation, vejgrene og shunter
- Årsdøgntrafik for hver vejgren
- Oplysning om evt. enkeltrettet trafik i vejgren
- Diameter, form og højde på midterø
- Bredde af overkørselsareal mod midterø
- Bredde af cirkulationsareal og afmærkning af cirkulationsspor
- Diameter for ydre begrænsning og afstand mellem vejgrenes centerlinjer ved ydre begrænsningslinje
- Cykelfacilitet og fodgængerfelt i rundkørsel
- Type af helle i hver vejgren
- Forekomst af vejbelysning ved rundkørsel
- Hastighedsbegrænsning ca. 100 m fra vigelinje for hver vejgren
- Angivelse om rundkørsel er et rampekryds ved motorvej eller del af toplanskryds
- Oplysning om beliggenhed – kommune og politikreds

For hovedparten af rundkørslerne foreligger der yderligere oplysninger, der stammer fra den nævnte rundkørselsdatabase. Disse yderligere oplysninger inkluderer beskrivelse af beplantning og bygværker på midterø, vinkel mellem vejgrene, bredde af cirkulerende cykelfacilitet, forsætning af hver vejgren, beregnet cirkulationshastighed, afmærkning på hver vejgren bl.a. længdeafmærkning, forvarslings- og orienteringsdiagramtavler samt bredde af til- og frafartsspor.

Der er fundet 597 rundkørsler i det åbne land, heraf indgår i første omgang 404 i modelarbejdet. 193 rundkørsler udgår dels pga. manglende trafikdata, dels er nogen rundkørsler etableret efter 1. januar 2011 og dels er der foretaget større ombygninger i nogle få rundkørsler i årene 2011-2016.

Antallet af vejgrene i en rundkørsel er opgjort ved, at 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 (dobbeltrættet vej).

Alle vigepligtsregulerede kryds i åbent land med trafikdata for alle vejben i vejman.dk er i gennemgået. De kryds, hvor udformningen – så vidt vides – har været uændret i 2011-2016, indgår i modelarbejdet. Igen er omfanget af krydstællinger stærkt begrænset, og derfor indgår trafiktal (evt. retningsopdelt) for hvert vejben / shunt.

For *vigepligtsregulerede kryds* er følgende data indsamlet:

- Antal vejben
- Type af vigepligt (ingen, højre, ubetinget eller stop) for hvert vejben
- Vejbestyrelse, vejnummer, vejdel og kilometrer for alle vejben og shunter
- Årsdøgntrafik for hvert vejben
- Oplysning om evt. enkelttrættet trafik i vejben
- Heller, kørespor/svingbaner, cykelfacilitet, fodgængerfelt og svingforbud for hvert vejben
- Forekomst af vejbelysning ved kryds
- Hastighedsbegrænsning ca. 100 m fra krydspunkt for hvert vejben
- Angivelse om kryds er et rampekryds ved motorvej eller del af toplanskryds
- Oplysning om beliggenhed – kommune og politikreds

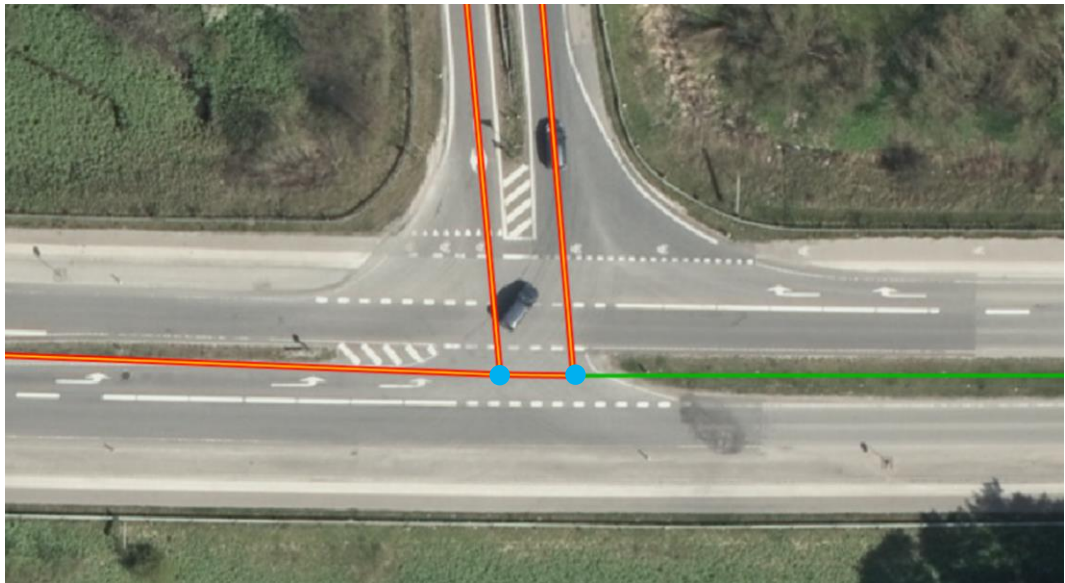
Det er udeladt at registre oplysninger om vinkel mellem vejben, bredde af kørespor, længde af heller og svingbaner samt forekomst af busstoppesteder ved de vigepligtsregulerede kryds.

Der indgår i første omgang i alt 2.907 vigepligtsregulerede kryds i modelarbejdet.

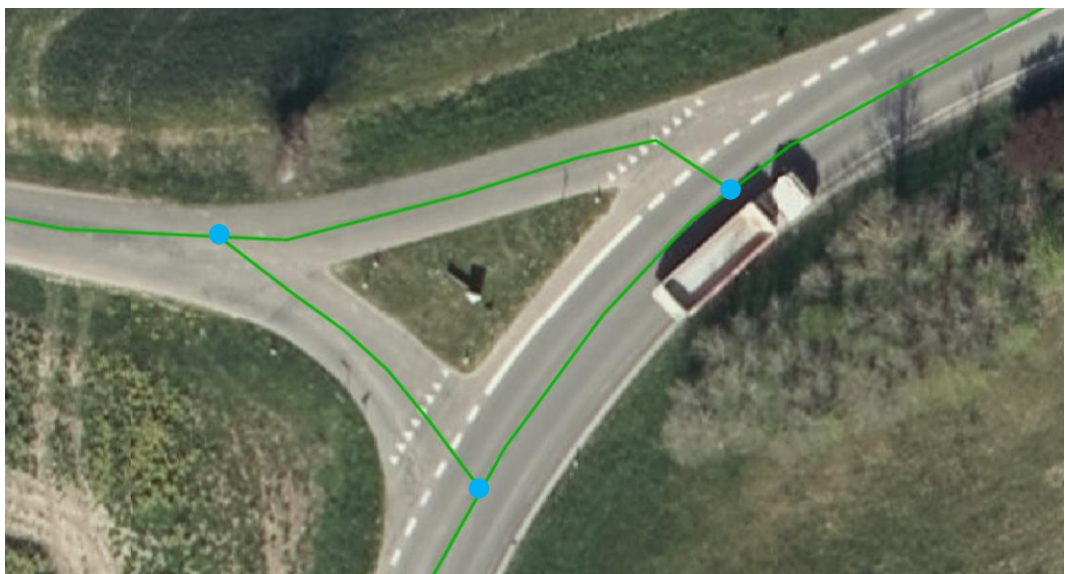
En del af krydsene og rundkørslerne ligger nær byzone og har en byzonetavle på et eller flere vejben / vejgrene meget tæt på krydset / rundkørslen. Uanset afstanden til byzonetavlen indgår krydset / rundkørslen i modelarbejdet. Det betyder som følge af definitionen for kryds og rundkørslers udbredelse (se afsnit 2.2.2), at dele af krydset / rundkørslen kan være beliggende i byzone.

For kryds og rundkørsler er der systematiske fejl i registreringen af rampekryds i vejman.dk. På figur 1 på næste side ses et vigepligtsreguleret rampekryds med tre vejben (T-kryds) nær Rønnede ved Sydmotorvejen (TSA 37). Krydset i figur 1 er registreret som to T-kryds i vejman.dk – et T-kryds for hver rampe – og krydset

har således to krydspunkter, som er markeret i figuren. I nærværende arbejde er krydset i figur 1 registreret som ét T-kryds, og krydset har samme udbredelse som andre vigepligtsregulerede T-kryds, så der ”opereres” i princippet med et krydspunkt midt mellem de to krydspunkter, der er vist i figur 1. En del andre rampekryds, der ligner T-krydset i figur 1, er registret som ét firevejskryds (F-kryds) i vejman.dk, men altså registreret som ét T-kryds i nærværende arbejde.



Figur 1. Eksempel på rampekryds ved motorvej, hvor to ramper (øverst i billedet) udgør ét sekundært vejben i T-krydset. Med blå er markeret de to krydspunkter, som er defineret i vejman.dk.



Figur 2. Eksempel på område med vigepligtsregulerede kryds, hvor der er dobbeltrettet trafik på alle sider er en helle. Med blå er markeret de tre krydspunkter, som er defineret i vejman.dk.

En kuriositet på vejnettet er et område med vigepligtsregulerede kryds, hvor der er dobbeltrettet trafik på alle sider af en helle, se eksempel i figur 2. Det er meget forskelligt, hvordan et sådant område med kryds er afmærket med tavler, højtænder, mv. I vejman.dk kan et sådant område med kryds være defineret som 1, 2 eller 3 kryds – eksemplet i figur 2 er defineret som 3 kryds. Sådanne kryds indgår ikke i modelarbejdet.

Det er søgt at få så mange strækninger til at indgå i modelarbejdet som muligt. Der skulle for strækningerne dog gerne på forhånd foreligge pålidelige oplysninger om trafik, tværprofil, tracé, hastighedsbegrænsning og vejbelysning. For mange veje med oplyst trafiktal i vejman.dk findes der ikke pålidelige registrerede vejoplysninger. Derfor er mange strækninger, som det umiddelbart skulle være muligt at lade indgå i en uheldsmodel, udeladt. Kun strækninger med dobbeltrettet trafik indgår. Veje er i første omgang opdelt i strækninger ved følgende steder:

- Rundkørsler
- Signalregulerede kryds
- Definerede vigepligtsregulerede kryds (der indgår i modelarbejdet)
- Vigepligtsregulerede kryds (indgår ikke i modelarbejdet) men hvor 1) trafiktal på vej ændrer sig markant fra før til efter kryds, og/eller 2) kryds har kanalisering (midterheller og/eller svingbaner), og/eller 3) vej "ender" i vigepligtsreguleret kryds (dvs. vej er sekundærvej i kryds)
- Jernbaneoverkørsler
- Byzonetavler
- Flettestrækninger (som ikke er del af shunter ved kryds og rundkørsler)
- Ophør af vej ("blind" vej fx ved færgeoverfart)
- Ændring af vejnummer (ofte ved kommunegrænse eller tidligere amtsgrænse)

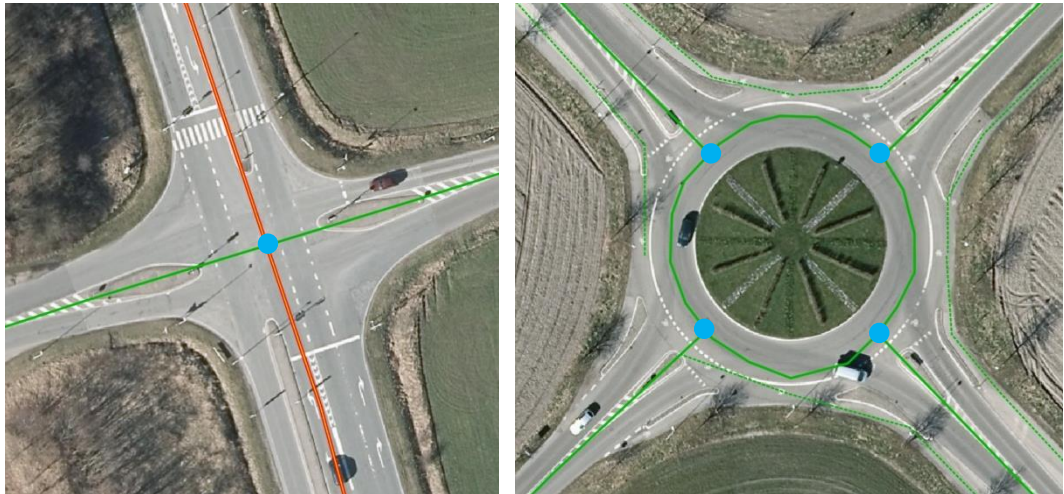
For **strækninger** er følgende data indsamlet:

- Vejbestyrelse, vejnummer, vejdel og kilometrer for de to ender
- Årsdøgntrafik
- Oplysninger om "kryds" i de to ender
- Oplysninger om ind-/udkørsler og sideveje, der er defineret i vejman.dk, langs strækningen
- Tværprofiloplysninger for strækningen
- Tracéoplysninger for strækningen
- Forekomst af vejbelysning på strækningen
- Hastighedsbegrænsning på strækningen
- Om strækning er motortrafikvej
- Om strækning har forbud mod cykling
- Oplysning om beliggenhed – kommune og politikreds

Der er i første omgang (før hensyntagen til krydsudbredelsen, se evt. afsnit 2.2.2) defineret i alt 3.693 strækninger, som har en samlet længde på 4.042 km.

2.2.2 Afgrænsning af kryds, rundkørsler og strækninger

De fleste kryds er i vejman.dk defineret ud fra ét krydspunkt, se evt. figur 3. Til krydspunktet er knyttet vejnummer, vejdel og kilometrering for hvert vejben fx vejnr 11 del 0 kmt 89/503. Krydspunktet optager altså 1 meter i kilometreringen. Strækningen mellem to kryds har så en længde, der er differencen i kilometrering for de to krydspunkter minus 1 meter.

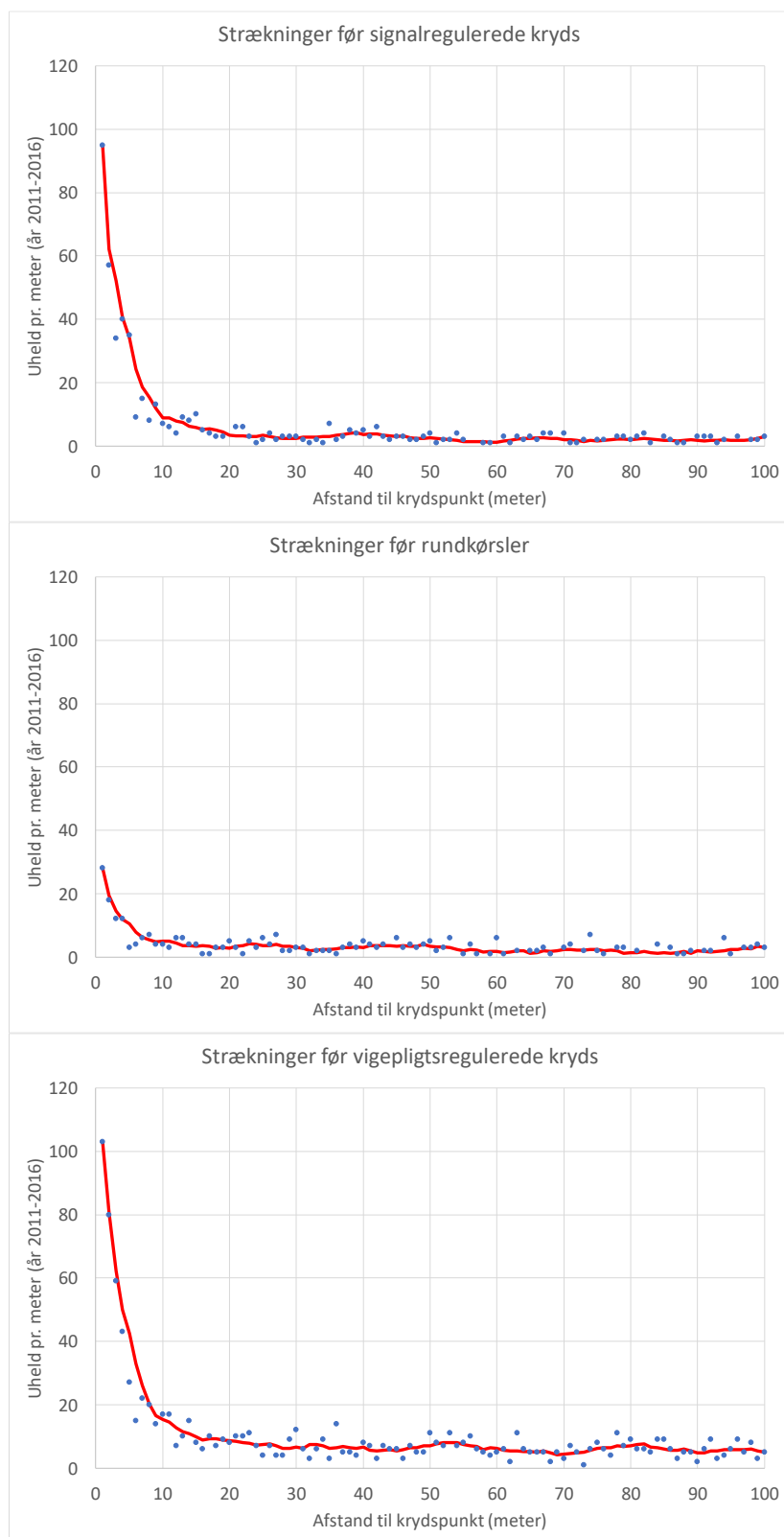


Figur 3. Krydspunkter (markeret med blå) i hhv. signalreguleret kryds (et punkt) og rundkørsel (fire punkter).

De fleste rundkørsler er i vejman.dk defineret som en cirkel med et krydspunkt for hver vejgren, se evt. figur 3. Til cirklen er knyttet vejnummer og vejdel(e) samt start- og slut-kilometreringer. For hver vejgren er knyttet en kilometrering (som er en anden vejdel end cirklen og evt. andet vejnummer). Derved optager krydspunktet igen 1 meter i vejens kilometrering, og længden for strækningen før en rundkørsel beregnes på samme måde som mellem to kryds.

Det er hensigten, at politiregistrerede uheld, der er sket i et kryds, stedsfæstes til krydspunktet. Og det er hensigten, at uheld i en rundkørsel stedsfæstes til dennes definerede cirkel og oftest krydspunkterne herpå. Men det vides, at mange uheld i eller nær kryds/rundkørsler ikke stedsfæstes i krydspunkter.

For at uheldsmodeller for strækninger kan blive pålidelige, er det nødvendigt, at modellen er uafhængig af strækningslængde og krydstype i strækningens ender. Derfor er det særdeles hensigtsmæssigt, at uheld og trafik på en kort del af strækningen nær krydspunkter indgår i uheldsmodeller for kryds og rundkørsler, og udelades fra strækningen.



Figur 4. Uheldstæthed nær rundkørsler, signal- og vigepligtsregulerede kryds i det åbne land på strækninger, der er 200 meter eller længere. De røde streger er bevægelige gennemsnit.

Det er følgelig undersøgt, hvor lange stykker af strækninger nær krydspunkter det vil være hensigtsmæssigt at overflytte fra strækning til kryds/rundkørsel. I figur 4 på forrige side er vist uheldstæthed pr. meter for strækninger nær krydspunkter for hhv. rundkørsler, signal- og vigepligtsregulerede kryds. De strækninger, som figur 4 er baseret på, er mindst 200 meter lange og har dobbeltrettet trafik.

Af figur 4 ses, at der er en højere uheldstæthed nær krydspunkter end længere væk fra krydspunkter. Figuren viser også, at uheldstætheden varierer meter for meter. Det er analyseret, om der er større systematisk variation i uheldstætheden i relation til afstanden til krydspunkter ved at sammenholde middelværdi og varians over hhv. 10, 25 og 50 meter bevægende sig op til 500 m fra krydspunkter. Ud fra de analyser kan det siges, at der er et systematisk fald i uheldstætheden de første 15-25 meter fra krydspunkter, hvorefter uheldstætheden må siges at være overvejende præget af tilfældig variation.

For at finde, hvor lange stykker af strækninger nær krydspunkter det er hensigtsmæssigt at overflytte fra strækning til kryds/rundkørsel, så er data også analyseret på andre måder. I tabel 1 ses uheldstætheden i intervaller á 25 meter fra krydspunkter. Tabellen er baseret på strækninger, der er mindst 600 meter lange.

Afstand til krydspunkt	Signalregulerede kryds	Rundkørsler	Vigepligtsregulerede kryds	Alle kryds
1-25 meter	190	101	380	671
26-50 meter	37	58	108	203
51-75 meter	27	40	105	172
76-100 meter	25	34	105	164
101-125 meter	27	31	111	169
126-150 meter	26	38	116	180
151-175 meter	27	24	94	145
176-200 meter	19	27	104	150
201-225 meter	33	26	96	155
226-250 meter	23	17	89	129
251-275 meter	19	21	75	115
276-300 meter	29	34	86	149

Tabel 1. Uheldstæthed i intervaller af 25 meter nær rundkørsler, signal- og vigepligtsregulerede kryds i det åbne land på strækninger, der er mindst 600 meter lange.

Af tabel 1 ses, at uheldstætheden, der er baseret på uheld i årene 2011-2016, er klart højere de 25 meter nærmest krydspunkter end længere væk fra krydspunkter. Det ses også, at uheldstætheden 26-50 meter fra krydspunkter er noget højere end længere væk især ved rundkørsler. Ses på alle kryds, så er der en lidt højere uheldstæthed 26-150 meter fra krydspunkter end 151-300 meter fra krydspunkter. Den lidt højere uheldstæthed kan fx skyldes helleanlæg samt flere U-vendinger, decelerationer og accelerationer end længere væk fra krydspunkter.

Krydsudbredelse	Længde på strækning			
	100 meter	200 meter	400 meter	700 meter
Krydspunkt	100	68	52	44
Krydspunkt + 10 meter	50	43	39	36
Krydspunkt + 25 meter	42	40	38	34
Krydspunkt + 50 meter	38	39	35	33
Krydspunkt + 100 meter	41	36	33	31
Krydspunkt + 150 meter	34	31	32	30

Tabel 2. Indeksret uheldstæthed pr. 100 meter for strækning af forskellig længde med kryds i begge ender, og hvor krydsenes udbredelse er forskellig.

Til at opstille tabel 2 er benyttet strækninger, der er mindst 1 km lange. Tabellen viser klart, at hvis en strækning går fra krydspunkt til krydspunkt (øverste række), så vil uheldstætheden afhænge kraftigt af strækningslængden. Hvis de 10 meter nærmest krydspunktet indgår i krydset og ikke i strækningen (næstøverste række), så afhænger uheldstætheden langt mindre af strækningslængden. Sammenhængen mellem uheldstæthed og strækningslængde er omtrent den samme om de 25, 50, 100 eller 150 meter nærmest krydspunktet indgår i krydset og ikke i strækningen.

Med baggrund i analyserne er det besluttet at lade de 25 meter vej nærmest krydspunktet indgå i kryds/rundkørsler og ikke i strækninger. Derved bliver krydsenes udbredelse større og strækningerne bliver kortere. For strækninger med andet end rundkørsler, signal- eller vigepligtsreguleret kryds i en eller begge ender foretages følgende:

- **Jernbaneoverkørsler:** De 25 meter vej nærmest krydspunktet mellem vej og jernbane udgår fra strækningen (på samme måde som ved fx signalregulerede kryds).
- **Byzonetavler eller ændring af vejnummer:** Strækninger, som slutter ved en byzonetavle eller hvor vejnummeret ændres, ændres ikke. Altså kan en strækning forløbe helt hen til fx byzonetavle.
- **Ophør af vej:** Her menes ikke ved kryds, hvor strækningen er sekundærvej, men hvor vejen ender ”blindt” – hvilket oftest er ved færgeoverfart. De 100 meter vej nærmest den blinde ende af strækningen udgår, da denne del ofte er del af et ”parkeringsareal”.
- **Flettestrækninger:** De 200 meter vej nærmest flettestrækningers kilepunkt (ved rampeanlæg, ikke ved shunter ved kryds og rundkørsler) udgår fra strækninger. Det skyldes, at der er (se evt. rapporten ”Uheldsmodeller, sikkerhedsfaktorer og værktøjer for motorvejsnettet”) en forhøjet uheldstæthed nær kilepunkter.

Efter disse ændringer af strækningers endepunkter frasorteres strækninger, der er kortere end 25 meter. Det gøres for at undgå voldsom varians i uheldstætheden.

En del vigepligtsregulerede kryds ligger mindre end 50 meter fra hinanden, og kunne oprettes under en ny krydstype ”forsatte kryds”. Men der er sket for få uheld i ”forsatte kryds” til, at der opstilles pålidelige uheldsmodeller for denne krydstype. Derfor udgår 144 vigepligtsregulerede kryds og 1 signalreguleret kryds. I tabel 3 er vist centrale oplysninger om de kryds og rundkørsler i det åbne land, der indgår i modelarbejdet. Det kan bl.a. ses, at der indgår 404 rundkørsler i modelarbejdet med mellem 262 og 24.947 indkørende biler pr. døgn.

		Signalregulerede kryds	Rundkørsler	Vigepligtsregulerede kryds
Antal fordelt efter antal vejben / vejgrene	2	-	2	-
	3	74	86	2.276
	4	146	270	487
	5	-	41	-
	6	-	5	-
	I alt	220	404	2.763
Mindste antal indkørende		3.457	262	15
Største antal indkørende		37.136	24.947	22.877

Tabel 3. Antal kryds og rundkørsler i modelarbejdet fordelt efter antal vejben og vejgrene. Mindste og største antal indkørende (årsdøgntrafik – biler pr. døgn) for hver krydstype.

		Strækninger
Antal strækninger fordelt efter længde	25-199 meter	598
	200-499 meter	726
	500-999 meter	862
	1.000-1.999 meter	787
	2.000-12.457 meter	548
	I alt	3.521
Samlet strækningsslængde (km)		3.842
Mindste antal biler pr. døgn		9
Største antal biler pr. døgn		31.726

Tabel 4. Antal strækninger i modelarbejdet fordelt efter længde. Mindste og største antal biler pr. døgn (årsdøgntrafik).

Som følge af omdefinering af strækninger er 172 strækninger er udgået. I tabel 4 er antallet af strækninger i modelarbejdet opgjort efter strækningernes længde. I alt indgår 3.521 strækninger med en samlet længde på 3.842 km.

2.2.3 Uheld og personskader

For årene 2011-2016 er der udtrukket politiregistrerede uheld og personskader for de 3.387 kryds og 3.521 strækninger, der indgår i modelarbejdet. I det følgende er

givet nogle overordnede oplysninger om uhelds- og personskadeforekomsten for årene 2011-2016.

Type	Uheld			
	Personskade- uheld	Materielskade- uheld	Ekstrauheld	Alle uheld
Signalregulerede kryds	132	624	272	1.028
Rundkørsler	136	484	408	1.028
Vigepligtsregulerede kryds	508	1.203	403	2.114
Strækninger	1.463	2.140	2.405	6.008
I alt	2.239	4.451	3.488	10.178

Tabel 5. Antal politiregistrerede uheld i årene 2011-2016 fordelt efter uheldsart for de 220 signalregulerede kryds, 404 rundkørsler, 2.763 vigepligtsregulerede kryds og 3.521 strækninger, der indgår i modelarbejdet.

Type	Personskader			
	Dræbte	Alvorlige ska- der	Lette skader	Alle personska- der
Signalregulerede kryds	7	80	79	166
Rundkørsler	6	85	71	162
Vigepligtsregulerede kryds	31	316	347	694
Strækninger	181	978	917	2.076
I alt	225	1.459	1.414	3.098

Tabel 6. Antal politirapporterede personskader i årene 2011-2016 fordelt efter skadesgrad for de 220 signalregulerede kryds, 404 rundkørsler, 2.763 vigepligtsregulerede kryds og 3.521 strækninger, der indgår i modelarbejdet.

Af tabel 5 ses, at der i alt indgår 10.178 uheld i modelarbejdet. En større andel af de registrerede uheld er personskadeuheld i vigepligtsregulerede kryds (24 %) og på strækninger (24 %) set i forhold til i signalregulerede kryds (13 %) og i rundkørsler (13 %). De rimeligt store antal uheld for hver krydstype og strækninger skulle muliggøre opstilling af pålidelige uheldsmodeller.

Samlet set indgår 3.098 personskader i modelarbejdet, se tabel 6. For rundkørsler og signalregulerede kryds kan der formentligt kun opstilles modeller for det samlede antal personskader, mens der for strækninger muligvis kan opstilles modeller for hhv. dræbte, alvorlige og lette skader.

De 10.178 uheld og 3.098 personskader udgør hhv. 26 og 31 % af samtlige politiregistrerede uheld og personskader på alle slags veje og i alle slags kryds i det åbne land i perioden 2011-2016.

Type	Uheld pr. år					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Signalregulerede kryds	147	175	156	162	178	210
Rundkørsler	148	157	171	171	185	196
Vigepligtsregulerede kryds	311	336	357	357	370	383
Strækninger	977	958	1.000	972	1.017	1.084
I alt	1.583	1.626	1.684	1.662	1.750	1.873

Tabel 7. Antal politiregistrerede uheld fordelt efter år for de 220 signalregulerede kryds, 404 rundkørsler, 2.763 vigepligtsregulerede kryds og 3.521 strækninger, der indgår i modelarbejdet.

Type	Personskader pr. år					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Signalregulerede kryds	31	34	24	29	18	30
Rundkørsler	30	29	24	23	32	24
Vigepligtsregulerede kryds	118	131	149	88	118	90
Strækninger	385	394	356	334	288	319
I alt	564	588	553	474	456	463

Tabel 8. Antal politirapporterede personskader fordelt efter år for de 220 signalregulerede kryds, 404 rundkørsler, 2.763 vigepligtsregulerede kryds og 3.521 strækninger, der indgår i modelarbejdet.

I tabel 7 og 8 er vist udviklinger i uheld og personskader for kryds og strækninger, der indgår i modelarbejdet. Tallene viser en stigende udvikling i uheld på mellem 1,9 og 5,4 % pr. år og en faldende udvikling i personskader på 2,5-6,3 % pr. år. Disse udviklinger ses også på det øvrige vejnet i det åbne land. Der er en kraftig stigning i ekstrauheld på 7,8 % pr. år, en stigning i materielskadeuheld på 2,9 % pr. år og et fald i personskadeuheld på 3,8 % pr. år.

I tabel 9 og 10 på næste side er opgjort uhelds- og personskadetætheder samt uhelds- og personskadefrekvenser for kryds og strækninger i modelarbejdet. Af tabellerne ses, at der er stor variation i antallet af uheld og personskader mellem kryds og mellem strækninger. Eksempelvis varierer antallet af uheld i rundkørsler fra 0 til 23 med et gennemsnit på 2,5 og en varians på 10,7.

Den del af variansen, der ligger ud over gennemsnittet (fx $10,7 - 2,5 = 8,2$ for rundkørsler), udgør den systematiske variation i uheldsforekomsten, mens den tilfældige variation i uheldsforekomsten udgøres af gennemsnitsværdien (fx 2,5 for rundkørsler). Rundt regnet udgør den systematiske variation omkring 50-75 % af den samlede variation i uheldsforekomsten. Det indikerer, at mulighederne for at opstille uheldsmodeller, der indeholder uafhængige variable, der kan forklare den systematiske variation, er gode.

Uheldsfrekvensen pr. mio. indkørende er noget lavere i vigepligtsregulerede kryds i forhold til rundkørsler og signalregulerede kryds. Skadesfrekvensen er derimod

næsten ens for de tre krydstyper. På grund af definitionerne kører et indkørende køretøj i de definerede rundkørsler en lidt længere afstand end et indkørende køretøj i signal- og vigepligtsregulerede kryds.

		Signalregulerede kryds	Rundkørsler	Vigepligtsregulerede kryds
Uheld pr. kryds	Minimum	0	0	0
	Maximum	21	23	15
	Gennemsnit	4,7	2,5	0,8
	Varians	14,0	10,7	1,8
Kryds med 0 uheld – antal og andel		18 8 %	104 26 %	1692 61 %
Personskader pr. kryds	Minimum	0	0	0
	Maximum	6	10	9
	Gennemsnit	0,8	0,4	0,3
	Varians	1,4	0,9	0,6
Kryds med 0 personskader – antal og andel		132 60 %	305 75 %	2362 85 %
Uheldsfrekvens (uheld pr. mio. indkørende)		0,136	0,130	0,074
Skadesfrekvens (personskader pr. mio. indkørende)		0,022	0,021	0,024

Tabel 9. Uhelds- og personskadetæthed samt uhelds- og skadesfrekvens i årene 2011-2016 for de 220 signalregulerede kryds, 404 rundkørsler og 2.763 vigepligtsregulerede kryds, der indgår i modelarbejdet.

		Strækninger
Uheld pr. strækning	Minimum	0
	Maximum	20
	Gennemsnit	1,7
	Varians	6,5
Strækninger med 0 uheld – antal og (andel)		1493 (42 %)
Personskader pr. strækning	Minimum	0
	Maximum	18
	Gennemsnit	0,6
	Varians	2,1
Strækninger med 0 personskader – antal og (andel)		2597 (74 %)
Uheldsfrekvens (uheld pr. mio. kørte km)		0,114
Skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km)		0,039

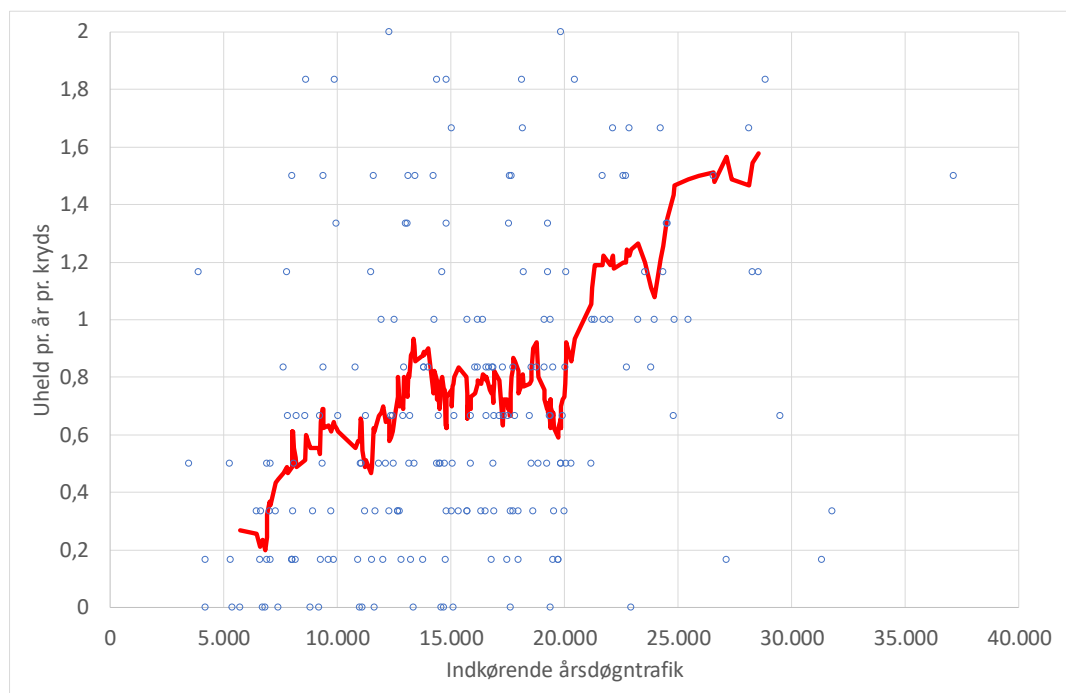
Tabel 10. Uhelds- og personskadetæthed samt uhelds- og skadesfrekvens i årene 2011-2016 for de 3.521 strækninger, der indgår i modelarbejdet.

3. Modeludvikling

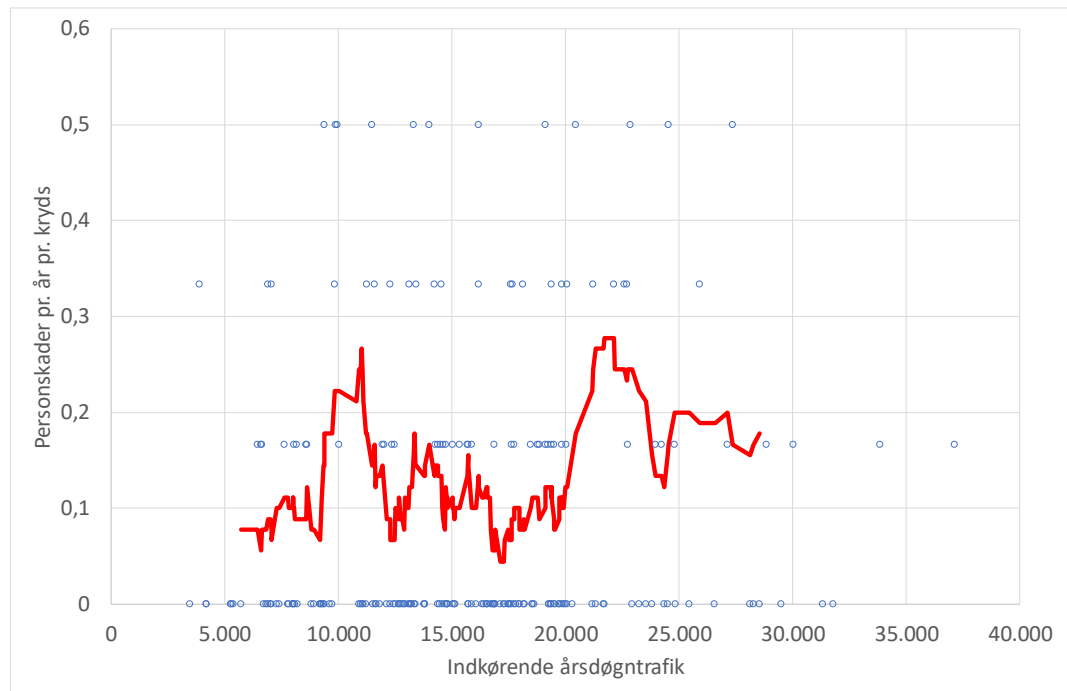
I kapitlet er udarbejdet basis-, faktor- og grundmodeller for signalregulerede kryds, rundkørsler, vigepligtsregulerede kryds og strækninger i det åbne land.

3.1 Signalregulerede kryds

I alt indgår 220 signalregulerede kryds i det åbne land. I disse kryds har politiet registreret 1.028 uheld og 166 personskader i årene 2011-2016. I figur 5 og 6 er hhv. uhelds- og personskadetætheden afbilledet i forhold til trafikmængden. Der synes at være en tæt, retlinjet relation mellem antallet af uheld og trafikmængden, hvor en fordobling af den indkørende trafik ser ud til at medføre ca. en fordobling af uheldstallet. Relationen mellem antallet af personskader og trafikmængden er svagere, og en fordobling i trafikmængden ser ud til kun at give ca. 1,25 gange flere personskader.



Figur 5. Uheldstæthed og trafikmængde for 220 signalregulerede kryds i åbent land. Den røde linje er et bevægeligt gennemsnit for 15 observationer.



Figur 6. Personskadetæthed og trafikmængde for 220 signalregulerede kryds i åbent land. Den røde linje er et bevægeligt gennemsnit for 15 observationer.

	Antal vejben		Rampekryds?		Del af toplanskryds?	
	3	4	Ja	Nej	Ja	Nej
Antal kryds	74	146	43	177	50	170
Indkørende ÅDT, gns.	14.876	16.138	15.985	15.647	16.153	15.584
Uheld	240	788	167	861	184	844
Personskader	33	133	24	142	23	143
Uhedsfrekvens	0,100	0,153	0,111	0,142	0,104	0,145
Skadesfrekvens	0,014	0,026	0,016	0,023	0,013	0,025

Tabel 11. Signalregulerede kryds opdelt efter 1) antal vejben, 2) om krydset er rampekryds og 3) om krydset er del af toplanskryds. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

74 af de 220 signalregulerede kryds har 3 vejben (T-kryds), mens resten har 4 vejben (F-kryds), se tabel 11. Her kan det også ses, at uheds- og skadesfrekvenser er lavere i T- kryds end i F-kryds. I T-kryds er den indkørende årsdøgntrafik (ÅDT) på primær- og sekundærvej på hhv. 12.448 og 2.428 i gennemsnit, mens den i F-kryds er på hhv. 12.046 og 4.092.

I nærværende rapport er et rampekryds defineret, som værende et kryds med vejben, der er en del af motorvejsnettet – oftest fra- og tilkørselsramper. Af tabel 11 ses, at uheds- og skadesfrekvenser er lavere i signalregulerede rampekryds end i andre signalregulerede kryds i det åbne land.

De fleste rampekryds er også en del af et toplanskryds. Et kryds er en del af et toplanskryds, når et vejben forbinder en vej fra det nedre plan ved en nærliggende bro til en vej fra det øvre plan ved broen. Af tabel 11 ses, at signalregulerede kryds, der er del af et toplanskryds, har lavere uhelds- og skadefrekvenser end andre signalregulerede kryds i det åbne land.

	Ensrettet vej?		Svingforbud?		Midterheller?	
	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej
Antal kryds	41	179	49	171	163	57
Indkørende ÅDT, gns.	15.930	15.664	16.757	15.415	16.299	14.038
Uheld	144	884	193	835	822	206
Personskader	16	150	19	147	128	38
Uheldsfrekvens	0,101	0,144	0,107	0,145	0,141	0,118
Skadesfrekvens	0,011	0,024	0,011	0,025	0,022	0,022

Tabel 12. Signalregulerede kryds opdelt efter 1) om et eller flere vejben har ensrettet trafik, 2) om der afmærket sving- eller u-vending-forbud og 3) om der er midterheller i alle vejben med dobbeltrettet trafik. Uhelds- og skadefrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Af tabel 12 ses, at signalregulerede kryds med et eller flere vejben med ensrettet trafik har lavere uhelds- og skadefrekvenser end signalregulerede kryds, hvor alle vejben har dobbeltrettet trafik. I kryds med vejben med ensrettet trafik er der ofte afmærket svingforbud. Kryds med svingforbud og/eller forbud mod u-vending har lavere uhelds- og skadefrekvenser end kryds uden sådanne afmærkede forbud. Det er relativt sjældent, at der i kryds med bundet venstresving (3-lys pilsignal) er afmærket et forbud mod u-vending.

Af tabel 12 ses også, at signalregulerede kryds med midterheller på alle vejben med dobbeltrettet trafik har højere uheldsfrekvens end kryds, hvor et eller flere vejben med dobbeltrettet trafik ikke har midterheller.

	Spør ind i kryds pr. vejben			Spør ud af kryds pr. vejben		
	1-1,75	2-2,75	3-4	0,67-1	1,25-1,5	1,67-2,25
Antal kryds	80	113	27	143	54	23
Indkørende ÅDT, gns.	13.298	15.729	22.804	13.703	19.449	19.442
Uheld	253	568	207	550	344	134
Personskader	40	96	30	81	64	21
Uheldsfrekvens	0,109	0,146	0,154	0,128	0,150	0,137
Skadesfrekvens	0,017	0,025	0,022	0,019	0,028	0,021

Tabel 13. Signalregulerede kryds opdelt efter 1) antal kørespor ind i krydset pr. vejben og 2) antal kørespor ud af krydset pr. vejben. Uhelds- og skadefrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Af tabel 13 ses det tydeligt, at antallet af afmærkede kørespor ind i krydset pr. vejben er kraftigt korreleret med den indkørende trafikmængde. Uheldsfrekvensen

stiger, jo flere indkørende kørespor der i gennemsnit er pr. vejben. Ser man på antallet af kørespor ud af krydset, så synes der ikke at være nogen sammenhæng mellem antal udkørende kørespor og uhelds- og skadesfrekvenser.

	Antal svingspor pr. vejben			
	0,0-0,5	0,6-1,0	1,1-1,5	1,6-2,3
Antal kryds	29	96	68	27
Indkørende ÅDT, gns.	12.506	14.667	15.845	22.547
Uheld	96	386	334	212
Personskader	12	70	55	29
Uheldsfrekvens	0,121	0,125	0,142	0,159
Skadesfrekvens	0,015	0,023	0,023	0,022

Tabel 14. Signalregulerede kryds opdelt efter antal svingspor pr. vejben. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motor-køretøjer.

Med svingspor menes her et kørespor ind i krydset, hvor motorkøretøjer kun må svinge til højre eller til venstre. Der er således afmærket svingpile mod højre eller mod venstre i køresporets belægning. Antallet af svingspor pr. vejben varierer mellem 0 og 2,25 i de 220 signalregulerede kryds. Der er en klar tendens til, at jo flere svingspor der er, desto højere er uheldsfrekvensen, se tabel 14. Der findes ikke tal for antallet af højre- og venstresvingende i krydsene.

	Cykelfacilitet på vejben				Fodgængerfelt	
	Dobbelt	Enkelt	Bane	Ingen	Ja	Nej
Antal kryds	28	133	18	41	113	107
Indkørende ÅDT, gns.	15.142	16.565	13.046	14.513	16.131	15.272
Uheld	132	645	104	147	619	409
Personskader	24	90	23	29	118	48
Uheldsfrekvens	0,142	0,134	0,202	0,113	0,155	0,114
Skadesfrekvens	0,026	0,019	0,045	0,022	0,030	0,013

Tabel 15. Signalregulerede kryds opdelt efter 1) typen af cykelfacilitet på vejben og 2) om der afmærket fodgængerfelt. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Signalregulerede kryds, hvor der er dobbeltrettet cykelsti på et eller flere vejben, har en højere uhelds- og skadesfrekvens end kryds uden facilitet for cyklister på alle vejben, se tabel 15. Signalregulerede kryds med enkeltrettet cykelsti på et eller flere vejben (uden dobbeltrettet cykelsti på vejben) har omtrent samme uhelds- og skadesfrekvens som kryds med vejben uden cykelfacilitet. Kryds med kant- eller cykelbane på et eller flere vejben (uden cykelsti på vejben) har omtrent dobbelt så store uhelds- og skadesfrekvenser end kryds med vejben uden cykelfacilitet. Der findes ikke tal for antallet af cyklister i krydsene.

Signalregulerede kryds i det åbne land med et eller flere fodgængerfelter har langt større uhelds- og skadesfrekvenser end kryds uden fodgængerfelter. Der findes ikke tal for antallet af fodgængere i krydsene.

	Ved venstresvingsbane			Ved højresvingsbane		
	Delehelle	Slips	Ingen	Delehelle	Slips	Ingen
Antal kryds	117	13	90	39	0	181
Indkørende ÅDT, gns.	17.452	14.755	13.592	17.367	-	15.357
Uheld	567	71	390	176	-	852
Personskader	85	15	66	27	-	139
Uheldsfrekvens	0,127	0,169	0,146	0,119	-	0,140
Skadesfrekvens	0,019	0,036	0,025	0,018	-	0,023

Tabel 16. Signalregulerede kryds opdelt efter, om der ved hhv. venstresvingsbane og højresvingsbane er kantstensbegrænset delehelle, slips eller ingen helle. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Tabel 16 viser, at kryds med en eller flere tilfarter med delehelle mellem venstresvingsbane og andre kørespor i tilfarten har lavere uhelds- og skadesfrekvens end kryds, hvor der findes slips eller ingenting ved venstresvingsbanen. Det er måske overraskende, at over halvdelen af krydsene har en eller flere deleheller. Tabel 16 viser også, at kryds med delehelle ved højresvingsbane har en lavere uhelds- og skadesfrekvens end kryds uden sådan helle ved højresvingsbanen. Tre gange så mange kryds har delehelle ved venstresvingsbane end ved højresvingsbane.

	Regulering for venstresving			Regulering for højresving		
	Ingen pil	1-lys pil	3-lys pil	Ingen pil	1-lys pil	3-lys pil
Antal kryds	80	19	121	114	70	36
Indkørende ÅDT, gns.	13.724	15.256	17.101	14.409	17.082	17.185
Uheld	372	99	557	521	356	151
Personskader	68	13	85	103	42	21
Uheldsfrekvens	0,155	0,156	0,123	0,145	0,136	0,111
Skadesfrekvens	0,028	0,020	0,019	0,029	0,016	0,015

Tabel 17. Signalregulerede kryds opdelt efter 1) regulering for venstresvingende og 2) regulering for højresvingende. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Kryds med 3-lys venstresvingspil (bundet venstresving) i en eller flere tilfarter har lavere uhelds- og skadesfrekvens end kryds uden venstresvingspile, se tabel 17. Kryds med 1-lys venstresvingspil men uden bundet venstresving har ca. samme uheldsfrekvens som kryds uden venstresvingspile og ca. samme skadesfrekvens som kryds med bundet venstresving. Uhelds- og skadesfrekvens også lavest, hvor der er bundet højresving, mens frekvenserne er højest, hvor der ingen pile er for de højresvingende. Hvis krydset har højresvingspile, forefindes der oftest også venstresvingspile.

	Gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejbenene (km/t)			
	55-60	61-70	71-80	81-105
Antal kryds	45	79	56	40
Indkørende ÅDT, gns.	18.626	15.591	13.434	15.871
Uheld	312	363	210	143
Personskader	47	62	37	20
Uhedsfrekvens	0,170	0,135	0,127	0,103
Skadesfrekvens	0,026	0,023	0,022	0,014

Tabel 18. Signalregulerede kryds opdelt efter gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejbenene ca. 100 meter fra krydspunktet. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Uheds- og skadesfrekvenser bliver lavere, jo højere hastighedsbegrænsningen i gennemsnit er på vejbenene, se tabel 18. Der er i 38 af 40 tilfælde tale om rampekryds, når hastighedsbegrænsningen er over 80 km/t. Af de 45 kryds med en lav hastighedsbegrænsning (55-60 km/t) har 37 fodgængerfelter. Det indikerer, at der stor korrelation mellem de variable (faktorer), der eventuelt kan forklare, hvorfor trafiksikkerheden varierer mellem krydsene.

	Politikreds				
	Nordjyllands	Østjyllands	Midt- og Vestjyllands	Sydøstjyllands	Syd- og Sønderjyllands
Antal kryds	9	28	28	43	20
Indkørende ÅDT, gns.	12.827	16.860	16.190	16.599	13.289
Uheld	33	118	156	202	80
Personskader	14	25	38	22	18
Uhedsfrekvens	0,131	0,114	0,157	0,129	0,137
Skadesfrekvens	0,055	0,024	0,038	0,014	0,031

	Politikreds				
	Fyns	Sydsjælland og Lolland-Falsters	Midt- og Vestsjællands	Nordsjællands	Københavns Vestegns
Antal kryds	12	8	28	37	7
Indkørende ÅDT, gns.	15.304	10.538	14.535	16.914	19.407
Uheld	80	36	112	166	45
Personskader	11	2	11	20	5
Uhedsfrekvens	0,199	0,195	0,126	0,121	0,151
Skadesfrekvens	0,027	0,011	0,012	0,015	0,017

Tabel 19. Signalregulerede kryds opdelt efter politikreds. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Uhedsfrekvenser varierer mindre mellem politikredse end skadesfrekvenser, se tabel 19. Uhedsfrekvenser er særlig høje i Fyns, Sydsjælland og Lolland-Falsters

politikredse, mens skadesfrekvenser er særlig høje i Nordjyllands, Midt- og Vestjyllands samt Syd- og Sønderjyllands politikredse.

I signalregulerede kryds er primærvejen defineret som de to vejben, der har størst trafikmængde. Sekundærvejen er det ene eller to vejben med mindst trafikmængde. I tabel 20 er de signalregulerede kryds opdelt efter andelen af ind- og udkørende trafik i krydset, der kører på sekundærvejen.

	Andel af ind- og udkørende trafik på sekundærvejen				
	1,7-9,9 %	10,0-19,9 %	20,0-29,9 %	30,0-39,9 %	40,0-46,6 %
Antal kryds	26	68	69	42	15
Indkørende ÅDT, gns.	15.615	15.539	16.067	16.248	13.552
Uheld	71	305	312	247	93
Personskader	18	60	37	36	15
Uhedsfrekvens	0,080	0,132	0,129	0,165	0,209
Skadesfrekvens	0,020	0,026	0,015	0,024	0,034

Tabel 20. Signalregulerede kryds opdelt efter andel af ind- og udkørende trafik på sekundærvejen. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Af tabel 20 ses, at fordelingen af trafik på primær- og sekundærvej ser ud til at påvirke især uhedsfrekvenser. Desto større en andel af krydsets trafik, der kører på sekundærvejen, desto højere er uhedsfrekvenser.

3.1.1 Basismodeller

De første modeller, der udvikles, er basismodeller. Her indgår alle 220 signalregulerede kryds. Årsfaktorer kan beskrive udviklingen i trafiksikkerheden i krydsene fra år til år. Der udvikles kun modeller uden årsfaktorer, fordi der ikke haves tal for trafikmængde på vejben for hvert år i perioden 2011-2016. Modeller udvikles med antal år som offset variabel, hvilket vil sige, at den modellerede uheldstæthed (UHT) er uheld pr. år pr. kryds.

Basismodeller er estimeret med negativ binomial (Poisson-gamma) fordeling ved teknikken maximum-likelihood. Der er kun estimeret modeller med en konstant spredningsparameter, k . Spredningsparameteren angiver mængden af uforklaret systematisk variation. Når k er nul, så er der kun tilfældig variation tilbage, da modellen forklarer al systematisk variation. Når k er under 0,3, nærmer modellen sig en Poisson fordeling, og det kan overvejes at estimere modellen med denne fordeling i stedet.

Variierende spredningsparameter kan være interessant, når antallet af uheld eller personskader til estimering af modeller er over 1.000, og når k er over 0,3 i en model med konstant spredningsparameter. I nærværende tilfælde er der 1.028

uheld til rådighed for modellerne, men det er undladt at estimere modeller med varierende spredningsparameter.

Modellernes forklaringskraft udtrykkes ved Elvik's indeks. Dette indeks beregnes ved at sammenstille spredningsparameteren for modellen, k_{model} , med spredningsparameteren for de oprindelige data, $k_{oprindelig}$ ("model" kun med middelværdi dvs. en konstant):

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

I de 220 signalregulerede kryds har politiet registreret 132 personskadeuheld, 624 materielskadeuheld og 272 ekstrauehld samt 7 dræbte, 80 alvorlige skader og 79 lette skader. Der udvikles basismodeller for hver uheldsart samt kombinationer af person- og materielskadeuheld, materielskade- og ekstrauehld samt alle uheld. Der udvikles ikke basismodeller for hver skadesgrad kun for alle personskader.

Tabel 11 viste, at uhelds- og skadesfrekvenser er højere i F-kryds end i T-kryds. En forklaring på det kan dog være, at en større andel af trafikken i F-kryds kører på sekundærvejen set i forhold til i T-kryds. Tabel 20 viste, at jo større en andel af krydsets trafik, der kører på sekundærvejen, desto højere uheldsfrekvens. Der udvikles basismodeller for hhv. T-kryds og F-kryds samt alle kryds.

Den estimerede uheldstæthed bør aldrig kunne blive nul eller negativ i en uheldsmodel, hvis trafikanter er eksponeret. Der er benyttet forskellige funktionsudtryk for uheldsmodeller for signalregulerede kryds. I Danmark og flere andre lande er det mest benyttede funktionsudtryk følgende:

$$UHT = a \cdot N_{pri}^{p_1} \cdot N_{sek}^{p_2} \quad (1)$$

hvor N_{pri} og N_{sek} er årssøgtrafik på hhv. primær- og sekundærvej, mens a , p_1 og p_2 er estimerede konstanter. I praksis opgøres årssøgtrafikken på fx sekundærvejen i et F-kryds som: $(\text{Trafik}_{vejben 3} + \text{Trafik}_{vejben 4}) / 2$, mens den på sekundærvejen i et T-kryds opgøres som: $\text{Trafik}_{vejben 3} / 2$. Der skelnes således ikke mellem ind- og udkørende trafik.

Erfaringer viser, at funktionsudtrykket i formel 1 fungerer fint ved almindelige og høje trafikmængder på primær- og sekundærveje, mens funktionsudtryk 1 oftest underestimerer uheldstætheden ved meget lave trafikmængder på sekundærveje. Det skyldes, at selv med næsten ingen trafik på sekundærvejen vil der ske uheld i signalanlægget, fordi krydset har en udbredelse og noget af trafikken på primærvejen standses i hvert signalomløb. Derfor har man forsøgt sig med flere andre funktionsudtryk. I nærværende afsnit forsøges opstillet basismodeller med følgende alternative funktionsudtryk:

$$\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} \cdot N_{\text{sek}})^{p_1} \quad (2)$$

$$\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{p_1} \quad (3)$$

$$\text{UHT} = a \cdot N_{\text{pri}}^{p_1} \cdot e^{b_1 \cdot N_{\text{sek}}} \quad (4)$$

$$\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{p_1} \cdot e^{b_1 \cdot N_{\text{sek}}} \quad (5)$$

$$\text{UHT} = a \cdot N_{\text{pri}}^{p_1} \cdot e^{(b_1 \cdot \frac{N_{\text{sek}}}{N_{\text{pri}}})} \quad (6)$$

$$\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{p_1} \cdot e^{(b_1 \cdot \frac{N_{\text{sek}}}{N_{\text{pri}}})} \quad (7)$$

$$\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{p_1} \cdot e^{(b_1 \cdot N_{\text{sek}} + b_2 \cdot \frac{N_{\text{sek}}}{N_{\text{pri}}})} \quad (8)$$

$$\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{p_1} \cdot e^{(b_1 \cdot \frac{N_{\text{sek}}}{N_{\text{pri}}} + b_2 \cdot (\frac{N_{\text{sek}}}{N_{\text{pri}}})^2)} \quad (9)$$

hvor N_{pri} og N_{sek} er årsdøgntrafik på hhv. primær- og sekundærvej, mens a , b_1 , b_2 , p_1 og p_2 er estimerede konstanter. En fordel ved funktionsudtryk 3-9 er, at UHT kan være større end nul selv om N_{sek} er nul.

Det er ikke forsøgt at opstille additive funktionsudtryk, da sådanne næppe leder til mere pålidelige uheldsmodeller i nærværende tilfælde. Et additiv funktionsudtryk kunne fx se således ud: $\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} \cdot N_{\text{sek}})^{p_1} + b \cdot N_{\text{pri}}^{p_2} + c \cdot N_{\text{sek}}^{p_3}$. En sådan model kan opstilles på to måder enten baseret på alle uheld i en gruppe, hvor alle konstanter estimeres samtidigt, eller uheldene inddeles i fx tre grupper (fx tværkollisioner, uheld kun med trafikanter på primærvej samt uheld kun med trafikanter på sekundærvej), hvor der estimeres tre modeller der til sidst liggес sammen. Den første måde har ulempen, at et led i funktionsudtrykket kan være negativt, mens den anden måde giver forholdsvis usikre bestemte led i modellen, da de er baseret på færre uheld.

I tabel 21 på næste side er vist de estimerede konstanter, spredningsparametre og Elvik's indekser for de 9 funktionsudtryk baseret på alle 1.028 uheld i de 220 signalregulerede kryds. Nogle konstanter er ikke statistiske signifikante i funktionsudtryk 8 og 9. Tabellen viser tillige, at funktionsudtryk 1 har laveste spredningsparameter, k , og forklarer mest af den systematiske variation i uheldsforekomsten. Det anbefales derfor at benytte funktionsudtryk 1. Der er dog ikke større forskelle i modellernes forklaringskraft (Elvik's indeks), og som alternativ kan eksempelvis benyttes udtryk 2 eller 7. Elvik's indeks viser, at trafiktal i de signalregulerede kryds kun forklarer op til 38 % af den systematiske uheldsforekomst.

Funktionsudtryk	Estimerede konstanter					Spredningsparameter	Elvik's indeks
	a	p ₁	p ₂	b ₁	b ₂		
1	0,0007474	0,3065	0,5042	-	-	0,2730	0,38
2	0,0004278	0,4301	-	-	-	0,2756	0,38
3	0,0004214	0,7797	-	-	-	0,3215	0,28
4	0,02081	0,3343	-	0,0001	-	0,2953	0,33
5	0,005617	0,4720	-	0,0001	-	0,2892	0,35
6	0,0001753	0,8351	-	1,7266	-	0,2781	0,37
7	0,0001650	0,8383	-	1,1193	-	0,2769	0,38
8	0,00007531	0,9218	-	-0,0000	1,3220	0,2762	0,38
9	0,0001492	0,8305	-	2,3047	-1,5059	0,2738	0,38

Tabel 21. Basismodeller med 9 forskellige funktionsudtryk baseret på alle 1.028 uheld i 220 signalregulerede kryds i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Der er opstillet tilsvarende modeller som i tabel 21, men baseret på hhv. personskadeuheld, materielskadeuheld og ekstra uheld. Disse modeller viser det samme, nemlig at funktionsudtryk 1 giver den laveste spredningsparameter. Igen anbefales at benytte udtryk 1.

Ved brug af funktionsudtryk 1 er det testet, om variabelen "antal vejben" korrelerer med uheldstætheden. Det gør den signifikant. Tilføjelse af variabelen øger Elvik's indeks med ca. 0,05, altså øges forklaringskraften med 5 %. Ved de samme trafikmængder på primær- og sekundærveje sker der 1,41 gange så mange uheld i kryds med 4 vejben (F-kryds) end i et kryds med 3 vejben (T-kryds), når man ser på alle uheld. Sammenhænge afhænger af alvorligheden af uheldet. Således sker der 2,21 gange så mange personskadeuheld i F-kryds i forhold til T-kryds, mens der kun sker 1,65 gange så mange materielskadeuheld og 0,81 gange så mange ekstra uheld. Så der sker faktisk flere ekstra uheld i et T-kryds end i et F-kryds alt andet lige. Uheld er således mere alvorlige i F-kryds. Det er dog ikke hensigtsmæssigt at bruge en uheldsmodel for signalregulerede kryds, hvor "antal vejben" indgår som variabel, fordi p-værdierne er meget forskellige for T- og F-kryds.

I tabel 22 og 23 på næste side er vist endelige basismodeller for signalregulerede kryds med hhv. 3 og 4 vejben. Modeller for personskadeuheld og personskader er ringe bestemt, bl.a. er konstanter ikke signifikante og spredningsparametre er tvivlsomme for T-kryds, og det anbefales ikke at gøre brug af de modeller. De estimerede konstanter er mest pålidelige i modeller for alle uheld.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter			Spredningsparameter	Elvik's indeks
		a	p ₁	p ₂		
Personskadeuheld	27	0,003771	0,6040	-0,3830	-	-
Materielskadeuheld	126	0,0000009390	0,9346	0,4901	0,6455	0,35
Ekstrauheld	87	0,00000006819	0,8135	0,9202	0,3660	0,62
Person- og materielskadeuheld	153	0,00001708	0,8269	0,2747	0,4616	0,29
Materielskade- og ekstrauheld	213	0,0000004267	0,9293	0,6635	0,4740	0,47
Alle uheld	240	0,000005103	0,8314	0,4813	0,3470	0,45
Personskader	33	0,008293	0,6809	-0,5580	-	-

Tabel 22. Basismodeller for 74 signalregulerede T-kryds i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter			Spredningsparameter	Elvik's indeks
		a	p ₁	p ₂		
Personskadeuheld	105	0,005902	0,3840	-0,0697	0,3741	0,10
Materielskadeuheld	498	0,002666	0,2198	0,4021	0,2469	0,28
Ekstrauheld	185	0,00002172	0,5310	0,5087	0,2684	0,50
Person- og materielskadeuheld	603	0,004963	0,2593	0,3057	0,2877	0,20
Materielskade- og ekstrauheld	683	0,001433	0,2935	0,4315	0,1916	0,38
Alle uheld	788	0,002655	0,3136	0,3518	0,2220	0,30
Personskader	133	0,007057	0,3042	0,0286	1,1429	0,03

Tabel 23. Basismodeller for 146 signalregulerede F-kryds i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Af tabel 22 og 23 kan erfares, at p-værdier er lavere i F-kryds end i T-kryds, mens a-værdier er højere i F-kryds end i T-kryds. Det betyder, at de signalregulerede T-kryds er langt sikrere ved lave trafikmængder end F-kryds, mens T- og F-kryds er omtrent lige sikre ved meget høje trafikmængder. Eksempelvis er der med 5.000 og 1.000 i årsdøgntrafik på hhv. primær- og sekundærvej en beregnet uheldstæthed (alle uheld) på 0,17 og 0,44 i hhv. T- og F-kryds. Med 20.000 og 5.000 i årsdøgntrafik på primær- og sekundærvej er den beregnede uheldstæthed 1,16 og 1,19 i hhv. T- og F-kryds. Erstatte ét signalreguleret F-kryds med to signalregulerede T-kryds (forsatte T-kryds), så tyder tabel 22 og 23 på, at antallet af uheld (alle uheld) falder, når primærvejens årsdøgntrafik er mindre end ca. 10.000.

3.1.2 Faktormodeller

I afsnittet udvikles faktormodeller med sammenhænge mellem på den ene side uheldstæthed og på den anden side årsdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver de signalregulerede kryds. De faktormodeller, der udvikles, har følgende formeludtryk:

$$UHT = a \cdot N_{\text{pri}}^{p_1} \cdot N_{\text{sek}}^{p_2} \cdot e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

hvor a , p_1 og p_2 er estimerede konstanter, N_{pri} og N_{sek} er årsdøgntrafik på primær- og sekundærvej samt b_i er estimerede konstanter for faktorerne (variablene) x_i . Det ses, at en del af funktionsudtrykket svarer til de anbefalede basismodeller, og der blot er tilføjet leddet med b_i og x_i . Det er dog ikke altid, at N_{pri} og N_{sek} indgår i faktormodellen.

Der udvikles modeller for hhv. T- og F-kryds. Der udvikles ikke modeller for hhv. personskaueheld, personskader og de enkelte skadesgrader.

I processen med at opstille modeller identificeres potentielle faktorer x_i ved, at de skal hænge signifikant ($p \leq 0,05$) sammen med uheldstæthed. Blandt potentielle faktorer x_i vælges den faktor, der reducerer Akaike's Information Criterion (AIC) mest. Hvis to faktorer reducerer AIC nogenlunde lige meget (op til ± 3), så vælges den faktor, der optræder mest logisk. Hvis der ikke er faktorer, der reducerer AIC med mere end 4-7, så kan modeludviklingen stoppes.

Faktorerne x_i repræsenterer forskellige forhold ved de signalregulerede kryds. En faktor kan være repræsenteret på flere måder. Eksempelvis er den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning på vejben beskrevet dels som en kontinuer variabel dels som en kategorivariabel, der inddeler hastighedsbegrænsningen i de intervaller, der er opgivet i tabel 18.

Faktorer (de uafhængige variable x_i i modellerne) kan ikke betragtes som kausale, altså som årsags-virkningssammenhænge. Det skyldes primært to forhold. For det første kan faktoren korrelere med udeladte variable, der ikke optræder i modellen. Det kan være, at de udeladte variable indgår i den sande årsagsvirkningssammenhæng evt. sammen med faktoren. Faktoren er i sådanne tilfælde helt eller delvist en proxy-variabel, altså erstatter den andre evt. ukendte variable. Særligt vigtige udeladte variable i nærværende tilfælde er signaldokumentation, fodgænger- og cykeltrafik samt biltrafik fordelt på trafikstrømme (krydstællinger). For det andet kan multikollinearitet betyde, at en eller flere konstanter fejlestimeres. Multikollinearitet kan indtræffe, hvis den afhængige variabel, uheldstæthed, er upræcist registreret eller fejlbehæftet. Det må siges at være tilfældet, da politiet ikke registrerer alle uheld.

Tabel 24 på næste side viser faktorer, der har indgået i modeludviklingsprocessen. Fem af de 18 faktorer indgår i de udarbejdede faktormodeller for signalregulerede kryds. De fem signifikante faktorer i faktormodellerne er årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje, forekomst af ensrettede vejben og fodgængerfelter samt den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning på vejbenene. En række andre faktorer har været signifikante gennem modeludviklingsprocessen, men indgår ikke i faktormodellerne.

Variabel / faktor	3-benede kryds (T-kryds)					4-benede kryds (F-kryds)				
	Materielskadeuheld	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeuheld	Materielskade- og ekstrauheld	Alle uheld	Materielskadeuheld	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeuheld	Materielskade- og ekstrauheld	Alle uheld
Årsdøgntrafik, primærvej	1	X	1	2	2	X	2	X	3	3
Årsdøgntrafik, sekundærvej	3	1	X	1	1	1	1	2	1	1
Rampekryds						X		X	X	X
Del af toplanskryds						X		X	X	X
Ensrettet trafik på vejben						2		1	2	2
Svingforbud						X		X	X	X
Midterheller						X		X	X	X
Kørespor ind i kryds	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kørespor ud af kryds	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Svingspor		X		X	X	X	X	X	X	X
Cykelfacilitet		X					X			
Fodgængerfelt		X				3		3	X	X
Delehelle venstresvingsbane							X			
Delehelle højresvingsbane								X		
Regulering venstresving										
Regulering højresving						X	X	X		
Hastighedsbegrænsning	2		2	3	3	X		X	X	X
Politikreds	X		X		X		X		X	

Tabel 24. Undersøgte variable for faktormodeller for signalregulerede kryds. Tal angiver på hvilket trin i modeludviklingsprocessen, at faktoren har indtrådt i den endelige model. "X" angiver, at faktoren har været signifikant, men ikke indgår i den udarbejdede model.

Nedenfor er vist faktormodeller for alle uheld for signalregulerede T- og F-kryds:

$$\text{T-kryds: UHT} = 0,00003152 \cdot N_{\text{pri}}^{0,8679} \cdot N_{\text{sek}}^{0,4749} \cdot e^{-0,0306 \cdot \text{HAST}}$$

$$\text{F-kryds: UHT} = 0,002769 \cdot N_{\text{pri}}^{0,3455} \cdot N_{\text{sek}}^{0,3254} \cdot e^{\text{ENSRET}},$$

hvor N_{pri} og N_{sek} er årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje, HAST er gennemsnitlig hastighedsgrænse på vejben (ca. 100 meter fra krydspunkt) og ENSRET er $-0,5751$, hvis et eller flere vejben har ensrettet trafik, ellers 0. Faktormodeller for alle uheld for T- og F-kryds har spredningsparametre på hhv. 0,2577 og 0,1723, og Elvik's indeks er hhv. 0,59 og 0,46 (forklaringskraft på 59 % og 46 %).

Sammenholdes faktormodeller for alle uheld med basismodeller for alle uheld i tabel 22 og 23 ses, at p-værdier er ret ens. Tilføjelsen af faktorerne HAST og ENSRET påvirker ikke p-værdierne nævneværdigt. Faktormodellen for T-kryds viser, at uheldstæthed falder, jo højere den gennemsnitlige hastighedsgrænse er på vejbenene. Faktormodellen for F-kryds viser, at kryds med vejben med ensrettet trafik har lavere uheldstæthed end kryds, hvor samtlige vejben har dobbeltrettet trafik.

Med baggrund i modeludviklingsprocessen, de endelige faktormodeller mv. kan følgende siges om faktorerne i tabel 24:

Årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje: Trafik på både primær- og sekundærveje korrelerer signifikant med uheldstæthed. De estimerede p-værdier i faktormodeller er næsten lig p-værdier de viste basismodeller i tabel 22 og 23.

Rampekryds, del af toplanskryds, ensrettet vejben, svingforbud: Rampekryds og toplanskryds har oftest vejben med ensrettet trafik og svingforbud afmærket. De udarbejdede faktormodeller viser, at vejben med ensrettet trafik har betydning for uheldsfrekvensen i F-kryds, men ikke i T-kryds. Modeludviklingsprocessen tyder på, at uheldsfrekvensen ikke påvirkes af, om F-krydset er rampekryds eller ej, men alene om der er ensrettede vejben i krydset. Ligeså kan siges om toplanskryds og svingforbud. I F-kryds med vejben med ensrettet trafik er uheldsfrekvensen ca. 40-50 % lavere end i F-kryds, hvor alle vejben har dobbeltrettet trafik.

Midterheller: Faktoren, der beskriver, om vejben med dobbeltrettet trafik har en midterhelle, indgår ikke i faktormodellerne. Der er en tendens til, at kryds med midterhelle i alle vejben med dobbeltrettet trafik har 15-20 % højere uheldsfrekvens end i kryds med vejben uden midterhelle. Det gælder både T- og F-kryds.

Køre- og svingspor: Antallet af kørespor ind og ud af krydset samt antallet af svingspor korrelerer ofte signifikant med uheldstæthed, før der indgår tal om årsdøgntrafik i faktormodellen. Når årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje indgår i modellen, så forsvinder korrelationen mellem uheldsfrekvens og antallet af køre- og svingspor næsten helt. Baggrunden herfor er sammenhænge mellem trafikmængde og antal køre- og svingspor. Selv med variable for årsdøgntrafik i faktormodeller for T- og F-kryds er der svage tendenser til, at flere køre- og svingspor giver højere uheldsfrekvenser.

Cykelfacilitet: Faktoren cykelfacilitet indgår ikke i faktormodellerne. Der er en svag tendens til, at kryds med cykelfacilitet på et eller flere vejben har en højere uheldsfrekvens end kryds uden cykelfacilitet på vejben.

Fodgængerfelt: Selvom faktoren fodgængerfelt indgår i to af faktormodellerne for F-kryds, ser forekomsten af fodgængerfelt ikke ud til at påvirke den samlede uheldsfrekvens nævneværdigt. I F-kryds med fodgængerfelter synes der at ske ca.

25 % flere uheld end i kryds uden fodgængerfelter, mens der i T-kryds synes at ske ca. 5 % færre uheld, når der er fodgængerfelter.

Deleheller ved svingbaner, regulering af svingende trafik: Disse faktorer har kun få gange været signifikante i modeludviklingsprocessen og indgår ikke i faktor-modeller. Der er svage tendenser til, at kryds med venstresvingpile (1 eller 3) og kryds med delehelle ved venstresvingbaner har en ca. 5-25 % lavere uheldsfrekvens end kryds uden disse elementer både i T- og F-kryds. Der er en svag tendens til, at kryds med bundet højresving (3-lys pilsignal) og delehelle ved højresvingbaner har en ca. 10-25 % højere uheldsfrekvens end kryds uden disse elementer i både T- og F-kryds.

Hastighedsbegrænsning: Der er nogen korrelation mellem hastighedsbegrænsning og forekomsten af vejben med ensrettet trafik. Kryds med vejben med ensrettet trafik har oftest en høj gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejbenene, fordi nogle vejben er motorvejsramper. Når der tages højde for, om der er vejben med ensrettet trafik i krydset, så falder uheldsfrekvensen med ca. 3,3 % for hver gang den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning stiger med 1 km/t i T-kryds, mens uheldsfrekvensen tilsvarende stiger med ca. 1,0 % i F-kryds. Tages der ikke højde for ensrettet trafik i vejben, så falder uheldsfrekvensen med ca. 3,0 % i T-kryds og falder ca. 1,3 % i F-kryds for hver gang den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning stiger med 1 km/t. Effekter af hastighedsbegrænsning er her tvivlsomme, da hastighedsbegrænsning korrelerer med en række andre forhold.

Politikreds: Det ser ud til, at uheldsfrekvensen er forskellig i de signalregulerede kryds i politikredsene. Men antallet af kryds og uheld i hver politikreds er beskedent, og derfor indgår denne faktor ikke i modellerne.

3.1.3 Grundmodeller

For signalregulerede kryds er der i det følgende udarbejdet grundmodeller. Disse modeller er baseret på kryds, der har følgende udformning og regulering:

- Har ikke vejben med ensrettet trafik
- Har ikke svingforbud
- Har midterheller i alle vejben

Der findes 47 T-kryds og 78 F-kryds med den udformning og regulering. Der er i disse T-kryds registreret 165 uheld og 20 personskader i årene 2011-2016, mens der i samme periode er registret 494 uheld og 91 personskader i F-krydsene. Den totale indkørende årsdøgntrafik varierer mellem 5.702 og 28.260 i T-krydsene samt mellem 3.457 og 33.857 i F-krydsene.

Foruden årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje varierer nogle faktorer fortsat. Faktorerne rampekryds, toplanskryds, antal kørespor, fodgængerfelt og delehelle

antages at være ubetydelige for sikkerheden i signalregulerede kryds og udelades af arbejdet med grundmodeller. Andre faktorer kan være vigtige for sikkerheden. Det gælder antal svingspor, cykelfacilitet, regulering af venstre- og højresving, hastighedsbegrænsning og politikreds. Disse faktorer varierer fortsat for at opnå, at grundmodellerne er baseret på flere kryds og uheld.

Om de varierende faktorer kan nævnes: Der er i gennemsnit 0,6 venstresvingspor og 0,5 højresvingspor pr. tilfart i T-kryds, mens der er 0,9 venstresvingspor og 0,4 højresvingspor pr. tilfart i F-kryds. Der er 10 T-kryds uden cykelfaciliteter, mens de resterende 37 T-kryds har diverse cykelfaciliteter. Der er 11 F-kryds uden cykelfaciliteter, mens de resterende 68 har diverse cykelfaciliteter. 33 T-kryds har bundet venstresving, mens 3 har 1-lys venstresvingsspil og 11 har ingen venstresvingspile. 42 F-kryds har bundet venstresving, mens 7 har 1-lys venstresvingsspil og 29 har ingen venstresvingspile. 11 T-kryds har bundet højresving, mens 20 har 1-lys højresvingsspil og 16 har ingen højresvingspile. 2 F-kryds har bundet højresving, mens 28 har 1-lys højresvingsspil og 48 har ingen højresvingspile. Bundet højresving forefindes kun, hvis der er bundet venstresving. Den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning på vejbenene er 70 km/t i T-kryds og 68 km/t i F-kryds.

Udgangspunktet for grundmodeller er at lade de førnævnte faktorer indgå i modellerne på den mest hensigtsmæssige måde for derefter at sætte faktorer til bestemte værdier. Modelleringen viste, at faktoren politikreds er meget kraftigt korreleret med årsdøgntrafikken og påvirker modellens p-værdier voldsomt. Derfor er politikreds udeladt som faktor i grundmodeller.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter			Spredningsparameter k	Elvik's indeks R_k^2
		a	p ₁	p ₂		
Personskadeuheld	18	-	-	-	-	-
Materielskadeuheld	90	0,000003908	0,9094	0,4243	0,2325	0,76
Ekstrauheld	57	-	-	-	-	-
Person- og materielskadeuheld	108	0,00004015	0,8424	0,2176	0,2827	0,61
Materielskade- og ekstrauheld	147	0,000004084	0,8167	0,5476	0,1195	0,86
Alle uheld	165	0,00002631	0,7749	0,3732	0,1050	0,82
Dræbte	1	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	9	-	-	-	-	-
Lette skader	10	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	10	-	-	-	-	-
Alle personskader	20	-	-	-	-	-

Tabel 25. Grundmodeller for signalregulerede T-kryds med dobbeltrettet trafik og midterheller på alle vejben, uden svingforbud, 0,6667 venstresvingspor pr. tilfart, 0,3333 højresvingspor pr. tilfart, ingen svingpile, ingen cykelfaciliteter, med vej- eller krydsbelysning samt 70 km/t hastighedsbegrænsning. Baseret på 47 T-kryds. Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

I tabel 25 er vist grundmodellerne for signalregulerede T-kryds. Modellerne for personskade- og ekstrauehld og personskader konvergerer ikke og er ikke vist. I modeller for alle uehld og materielskade- og ekstrauehld er samtlige estimerede konstanter statistisk signifikante. Det anbefales at benytte modellen for alle uehld i tabel 25 med grå baggrund til estimering af uehld og personskader i signalregulerede T-kryds. Denne model forklarer 82 % af den systematiske variation i uehldsforekomsten. I bilag 1 er vist yderligere oplysninger om grundmodellerne i tabel 25.

Type af uehld eller personskade	Antal uehld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter			Spredningsparameter k	Elvik's indeks R_k^2
		a	p ₁	p ₂		
Personskadeuehld	72	-	-	-	-	-
Materielskadeuehld	319	0,002175	0,4247	0,2381	0,1791	0,39
Ekstrauehld	103	0,002487	0,1896	0,2470	0,0817	0,79
Person- og materielskadeuehld	391	0,002633	0,4577	0,1900	0,1797	0,37
Materielskade- og ekstrauehld	422	0,003747	0,3683	0,2462	0,1422	0,45
Alle uehld	494	0,003995	0,4078	0,2069	0,1582	0,39
Dræbte	2	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	46	-	-	-	-	-
Lette skader	43	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	48	-	-	-	-	-
Alle personskader	91	-	-	-	-	-

Tabel 26. Grundmodeller for signalregulerede F-kryds med dobbeltrettet trafik og midterheller på alle vejben, uden svingforbud, 1,0 venstresvingsspor pr. tilfart, 0,5 højresvingsspor pr. tilfart, ingen svingpile, ingen cykelfaciliteter, med vej- eller krydsbelysning samt 70 km/t hastighedsbegrænsning. Baseret på 78 F-kryds. Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

I tabel 26 er vist grundmodellerne for signalregulerede F-kryds. Modellerne for personskadeuehld og personskader konvergerer ikke og er ikke vist. I modellen for alle uehld er a- og p₁-værdier statistisk signifikante. Modellerne i tabel 26 har ikke signifikante p₂-værdier. Det anbefales at benytte modellen for alle uehld, der er vist med grå baggrund, til at estimere antallet af uehld og personskader i signalregulerede F-kryds. Modellen forklarer 39 % af den systematiske variation i uehldsforekomsten. I bilag 1 er vist yderligere oplysninger om grundmodellerne i tabel 26.

Spredningsparametrene, k, er små i både tabel 25 og 26, hvilket betyder, at der kun er beskedne omfang af uforklaret systematisk variation i uehldsforekomsten.

I bilag 1 er foruden a- og p-værdier beskrevet relationer mellem uehldstætheden og faktorerne hastighedsbegrænsning, venstre- og højresvingpile, antal svingspor og cykelfacilitet. Disse faktorer indgår i grundmodeller, men er sat til bestemte værdier i de beskrevne grundmodeller i tabel 25 og 26. Ud fra bilag 1 er der i tabel

27 angivet, hvordan disse faktorer er estimeret til at påvirke antallet af uheld i signalregulerede T- og F-kryds.

Faktor	Ændring	T-kryds	F-kryds
Hastighedsbegrænsning	Fra 70 km/t til 80 km/t	-39 %	+1 %
	Fra 70 km/t til 60 km/t	+64 %	-1 %
Venstresvingpile	Fra ingen til 1-lys pil	-28 %	-2 %
	Fra ingen til bundet venstresving	-37 %	-3 %
Venstresvingsspor pr. kryds	Et venstresvingsspor færre	-19 %	-3 %
Højresvingpile	Fra ingen til 1-lys pil	-8 %	-5 %
	Fra ingen til bundet højresving	+36 %	+65 %
Højresvingsspor pr. kryds	Et højresvingsspor færre	+13 %	+9 %
Cykelfacilitet	Fra ingen til kant- eller cykelbaner	-77 %	+67 %
	Fra ingen til enkeltrettede cykelstier	+18 %	-2 %
	Fra ingen til dobbeltrettede cykelstier	+29 %	+6 %

Tabel 27. Estimerede effekter på alle uheld af ændringer i 6 faktorer i signalregulerede T- og F-kryds baseret på udarbejdede grundmodeller. Note: Kursiverede effekter er signifikante (95%-niveau).

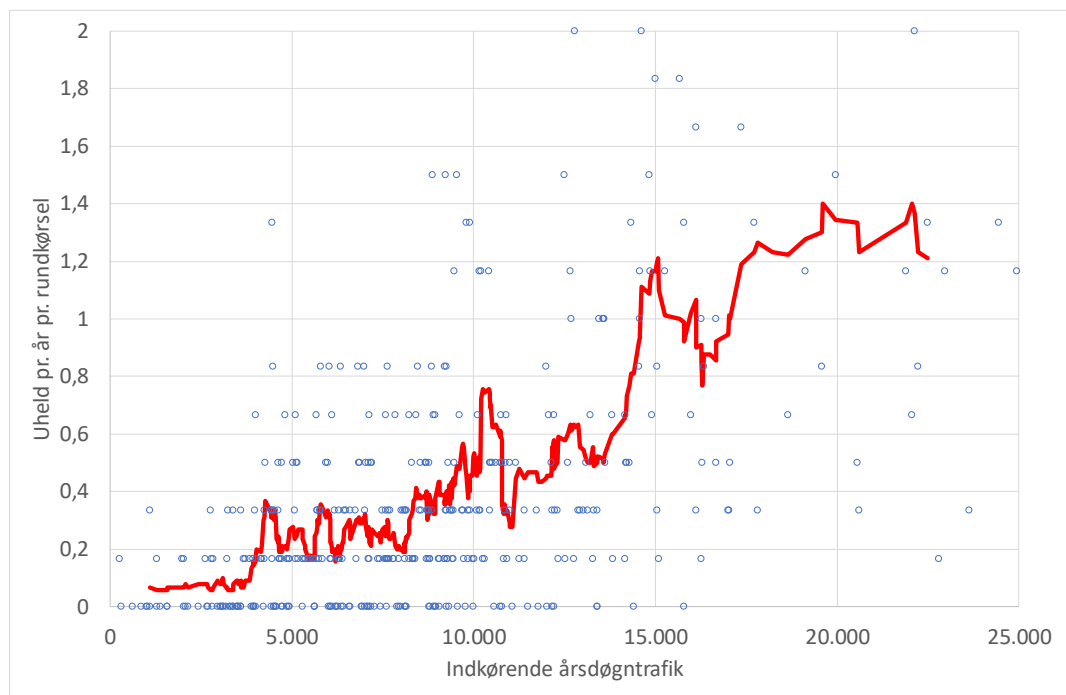
Generelt er de estimerede effekter i tabel 27 i T-kryds forholdsvis store, mens de er små i F-kryds. Tabel 27 skal forstås, således at ændring af hastighedsbegrænsning på krydsets vejben fra 70 til 80 km/t ser ud til at reducere antallet af uheld med 39 % i T-kryds men at øge antallet af uheld med 1 % i F-kryds. Det er ikke logisk, at effekterne er så forskellige i T- og F-kryds. Effekter af hastighedsbegrænsning er her tvivlsomme, da hastighedsbegrænsning korrelerer med en række andre forhold.

Uheldsfrekvensen er 2-37 % lavere i kryds med venstresvingpile end i de signalregulerede kryds uden venstresvingpile. Fjernelse af venstresvingsspor giver et fald i antallet af uheld. Fjernelse af højresvingsspor giver en stigning i antallet af uheld. Endelig indikerer tabel 27, at kryds med 1-lys højresvingpile har en 5-8 % lavere uheldsfrekvens end signalregulerede kryds uden højresvingpile, mens kryds med bundet højresving har en 36-65 % højere uheldsfrekvens. Der findes relativt få kryds med bundet højresving. De fire faktorer om svingpile og svingsspor er stærkt korreleret. Samtidig indgår der ikke tal for svingtrafik. Effekter for de fire faktorer er ikke pålidelige og ikke signifikante.

Der findes kun få kryds med kant- eller cykelbaner, og derfor er effekter herfor meget upålidelige. Uheldsfrekvensen er 6-29 % højere i kryds med dobbeltrettede cykelstier end i signalregulerede kryds uden cykelfaciliteter. Uheldsfrekvensen er mellem 2 % lavere og 18 % højere i kryds med enkeltrettede cykelstier end i signalregulerede kryds uden cykelfaciliteter. Effekterne af cykelfaciliteter er ikke signifikante. Disse tal skal ses i lyset af, at kun ca. 11 % af personskaderne i de signalregulerede kryds i det åbne land er blandt fodgængere, cyklister og knallertkørere.

3.2 Rundkørsler

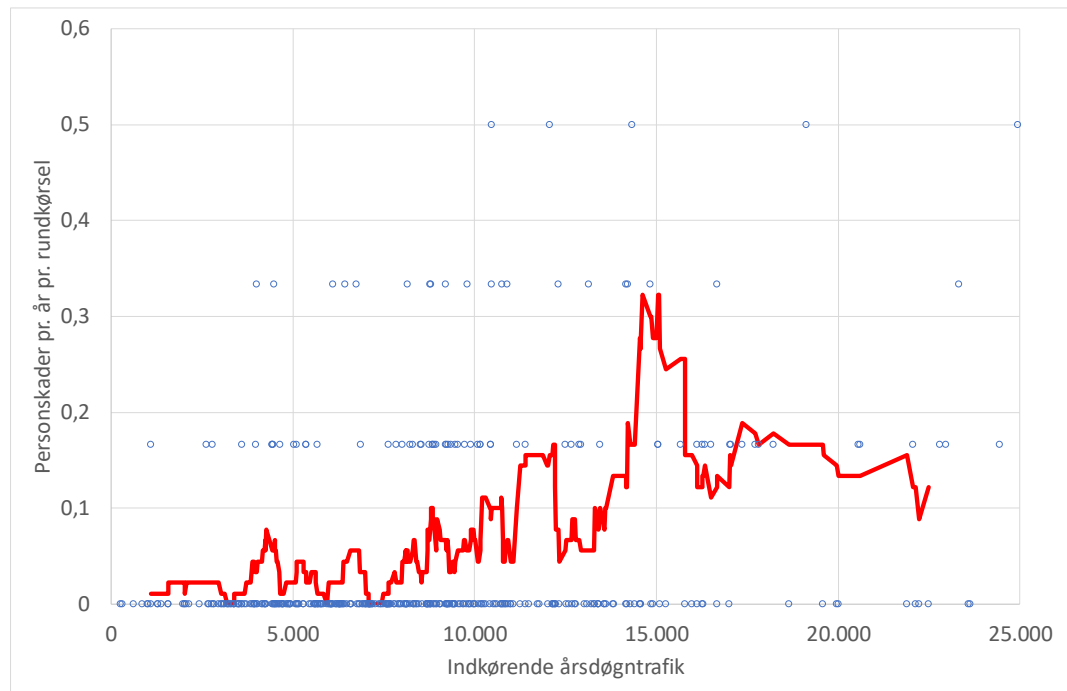
I alt indgår 404 rundkørsler i det åbne land. I rundkørslerne har politiet registreret 1.028 uheld og 162 personskader i årene 2011-2016. I figur 7 og 8 er hhv. uhelds- og personskadetætheden afbilledet i forhold til trafikmængden. Der synes at være en tæt, retlinjet relation mellem trafikmængden på den ene side og antallet af hhv. uheld og personskader på den anden side, hvor en fordobling af den indkørende trafik ser ud til at medføre ca. en fordobling af antallet af uheld og personskader.



Figur 7. Uheldstæthed og trafikmængde for 404 rundkørsler i åbent land. Den røde linje er et bevægeligt gennemsnit for 15 observationer.

	Type		Rampekryds?		Del af toplanskryds?	
	1-sporet	Flersporet	Ja	Nej	Ja	Nej
Antal kryds	371	33	71	333	83	321
Indkørende ÅDT, gns.	8.310	15.756	9.434	8.808	8.721	8.969
Uheld	788	240	198	830	189	839
Personskader	139	23	31	131	23	139
Uheldsfrekvens	0,117	0,211	0,135	0,129	0,119	0,133
Skadesfrekvens	0,021	0,020	0,021	0,020	0,015	0,022

Tabel 28. Rundkørsler opdelt efter 1) type; 1-sporet eller flersporet cirkulation, 2) om rundkørslen er rampekryds og 3) om rundkørslen er del af toplanskryds. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.



Figur 8. Personskadetæthed og trafikmængde for 404 rundkørsler i åbent land. Den røde linje er et bevægeligt gennemsnit for 15 observationer.

Uhedsfrekvensen er lavere i en rundkørsel med kun et cirkulationsspor hele vejen rundt i rundkørslen i forhold til rundkørsler med flersporet cirkulation, se tabel 28. Derimod er skadesfrekvensen omtrent ens i 1-sporede og flersporede rundkørsler.

Rundkørsler, der er del af toplanskryds, har lidt lavere uheds- og skadesfrekvenser end andre rundkørsler i det åbne land, se tabel 28. Omvendt synes rundkørsler, der er defineret som rampekryds (med vejgrene, der er del af motorvejsnettet), at have lidt højere uheds- og skadesfrekvenser end andre rundkørsler. Kun 3 af de 71 rundkørsler, som er rampekryds, er ikke del af toplanskryds. De 3 rundkørsler ligger for enden af Hirtshalsmotorvejen, Herningmotorvejen og Esbjergmotorvejen, og her er uheds- og skadesfrekvenser meget høje.

	Antal vejgrene					Antal shunter	
	2	3	4	5	6	Ingen	1-3
Antal kryds	2	86	270	41	5	384	20
Indkørende ÅDT, gns.	2.406	8.160	8.911	10.645	10.779	8.553	15.929
Uheld	1	176	678	155	18	915	113
Personskader	0	24	130	6	2	149	13
Uhedsfrekvens	0,095	0,115	0,129	0,162	0,153	0,127	0,162
Skadesfrekvens	0,000	0,016	0,025	0,006	0,017	0,021	0,019

Tabel 29. Rundkørsler opdelt efter 1) antal vejgrene og 2) antal shunter. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motor-køretøjer.

Af tabel 29 ses, at uheldsfrekvenser synes stigende, jo flere vejgrene rundkørslen har. Omvendt ser det ud til, at skadesfrekvensen ikke påvirkes af antallet af vejgrene. Der er dog ret få rundkørsler med 2 og 6 vejgrene. Det skal nævnes, at ser man alene på 1-sporede rundkørsler, så synes antallet af vejgrene ikke at påvirke uheldsfrekvensen. Det er i flersporede rundkørsler, at uhelds- og skadesfrekvenser påvirkes af antallet af vejgrene. Rundkørsler med en eller flere shunter har højere uheldsfrekvens men lavere skadesfrekvens end rundkørsler uden shunter.

	Form af midterø		Højde af midterø (meter)			
	Oval	Rund	0,1-0,9	1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-10,0
Antal kryds	5	399	95	125	102	82
Indkørende ÅDT, gns.	16.197	8.827	8.771	8.810	8.844	9.345
Uheld	26	1.002	231	370	204	223
Personskader	5	157	39	51	40	32
Uheldsfrekvens	0,147	0,130	0,127	0,153	0,103	0,133
Skadesfrekvens	0,028	0,020	0,021	0,021	0,020	0,019

Tabel 30. Rundkørsler opdelt efter 1) form af midterø og 2) højde af midterø på midten – koteforskel i forhold til cirkulationsareal. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Der er nogle få rundkørsler i det åbne land med ovale midterøer. Disse ser ud til at have højere uhelds- og skadesfrekvenser end rundkørsler med runde midterøer, se tabel 30. Højden på midterøen ser ikke umiddelbart ud til at påvirke sikkerheden i rundkørsler i det åbne land.

	Diameter af midterø inklusiv evt. overkørselsareal (meter)						
	12-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-49,9	50-157
Antal kryds	17	21	41	157	75	57	36
Indkørende ÅDT, gns.	6.342	6.635	7.920	8.335	8.698	9.405	14.833
Uheld	36	27	76	346	163	178	202
Personskader	4	9	14	64	26	13	32
Uheldsfrekvens	0,152	0,088	0,107	0,121	0,114	0,152	0,173
Skadesfrekvens	0,017	0,029	0,020	0,022	0,018	0,011	0,027

Tabel 31. Rundkørsler opdelt efter diameter på midterø inklusiv evt. overkørselsareal. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Tabel 31 viser, at uheldsfrekvenser er forholdsvis lave, når diameteren af midterø inklusiv evt. overkørselsareal er mellem 20 og 40 meter. Det gør sig gældende både blandt 1-sporede og flersporede rundkørsler. Derimod ser det ikke ud til, at skadesfrekvenser påvirkes nævneværdigt af denne diameter. Det skal påpeges, at den gennemsnitlige tilbagelagte afstand pr. indkørende motorkøretøj stiger med en stigende diameter.

	Bredde af overkørselsareal ind mod midterø (meter)				
	0,0	0,5-1,4	1,5-2,4	2,5-3,4	3,5-7,0
Antal kryds	65	49	134	113	43
Indkørende ÅDT, gns.	9.520	10.296	8.566	8.397	8.905
Uheld	228	174	309	224	93
Personskader	22	36	47	30	27
Uheldsfrekvens	0,168	0,157	0,123	0,108	0,111
Skadesfrekvens	0,016	0,033	0,019	0,014	0,032

Tabel 32. Rundkørsler opdelt efter bredde af overkørselsareal ind mod midterø. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

I tabel 32 er rundkørslerne opdelt efter bredden af overkørselsarealet ind mod midterøen. I nogle få rundkørsler varierer bredden, og tabel 32 viser den mindste bredde for disse rundkørsler. Uhelds- og skadesfrekvenser er lavest, når bredden af overkørselsarealet er 2,5-3,4 meter. Der synes at være en tydelig sammenhæng mellem uheldsfrekvens og bredde af overkørselsarealet.

	Bredde af cirkulationsareal (meter)					
	4,2-5,4	5,5-5,9	6,0-6,4	6,5-6,9	7,0-7,9	8,0-10,5
Antal kryds	30	44	108	95	88	39
Indkørende ÅDT, gns.	10.019	8.725	8.184	8.105	8.508	13.225
Uheld	77	89	200	215	214	233
Personskader	10	29	26	39	35	23
Uheldsfrekvens	0,117	0,106	0,103	0,127	0,131	0,206
Skadesfrekvens	0,015	0,034	0,013	0,023	0,021	0,020

Tabel 33. Rundkørsler opdelt efter bredde af cirkulationsareal. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

I tabel 33 er rundkørslerne opdelt efter bredden af cirkulationsarealet. I nogle få rundkørsler varierer bredden, og tabel 33 viser her den største bredde. Uhelds- og skadesfrekvenser er lavest, når bredden af cirkulationsarealet er 6,0-6,4 meter. Ses alene på flersporede rundkørsler, hvor bredden af cirkulationsarealet i alle tilfælde er 7,0-10,5 meter, så er uhelds- og skadesfrekvenser lavest, når bredden er under 8,0 meter. Så der synes at være tydelige sammenhænge mellem uheldsfrekvens og bredde af cirkulationsarealet.

Kun få rundkørsler i det åbne land er uden kryds- eller vejbelysning. I de ubelyste rundkørsler er uhelds- og skadesfrekvenser langt højere end i belyste rundkørsler, se tabel 34 på næste side. Tabel 34 tyder umiddelbart på, at trekantede sekundærheller er sikrere end trompet- og parallelformede sekundærheller. Dog er parallelformede sekundærheller sikrest, når der alene ses på flersporede rundkørsler.

	Type af sekundærhelle					Belysning?	
	Ingen	Trekant	Trompet	Parallel	Blandet	Ja	Nej
Antal kryds	2	212	102	21	67	395	9
Indkørende ÅDT, gns.	1.852	8.764	8.641	10.482	9.546	9.026	4.192
Uheld	1	500	264	87	176	1.001	27
Personskader	0	79	46	14	23	157	5
Uheldsfrekvens	0,123	0,123	0,137	0,180	0,126	0,128	0,327
Skadesfrekvens	0,000	0,019	0,024	0,029	0,016	0,020	0,061

Tabel 34. Rundkørsler opdelt efter 1) type af sekundærheller og 2) forekomst af belysning. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

	Type af cykelfacilitet					
	Cykling forbudt	Ingen facilitet	Cykelbane	Cykelsti, bil viger	Enkelttrettet sti, cykel viger	Dobbelttrettet sti, cykel viger
Antal kryds	65	57	93	80	39	70
Indkørende ÅDT, gns.	11.192	6.310	7.764	8.645	10.132	10.099
Uheld	250	91	221	196	82	188
Personskader	32	14	40	38	13	25
Uheldsfrekvens	0,157	0,116	0,140	0,129	0,095	0,121
Skadesfrekvens	0,020	0,018	0,025	0,025	0,015	0,016

Tabel 35. Rundkørsler opdelt efter type af cykelfacilitet. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

	Antal fodgængerfelter?		Gennemsnitlig hastighedsbegrænsning (km/t)			
	Ingen	1-5	41-65	66-75	76-85	86-105
Antal kryds	395	9	57	121	164	62
Indkørende ÅDT, gns.	8.839	12.385	10.164	9.230	8.495	8.281
Uheld	985	43	227	303	366	132
Personskader	152	10	41	46	64	11
Uheldsfrekvens	0,129	0,176	0,179	0,124	0,120	0,117
Skadesfrekvens	0,020	0,041	0,032	0,019	0,021	0,010

Tabel 36. Rundkørsler opdelt efter 1) antal fodgængerfelter og 2) gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejgrenene ca. 100 meter fra krydspunktet. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

I 16 % af rundkørslerne er det forbudt at cykle i cirkulationsarealet og at krydse rundkørselens vejgrene på cykel. I de tilfælde er cyklister oftest henvist til stier i eget tracé, hvor cyklister ikke skal krydse vejgrene i samme niveau. Blandt rundkørsler med cyklister har rundkørsler med cykelbane den højeste uheldsfrekvens, se tabel 35, mens den frekvens er lavest i rundkørsler med enkelttrettede cykelstier, hvor cyklister skal vige for biler ved krydsning af vejgrene. Nogle cykelbaner og -

stier er farvet rødt eller blå. De farvede faciliteter har højere uheds- og skadesfrekvenser end tilsvarende ikke farvede faciliteter. Der findes ikke tal for antallet af cyklister i rundkørslerne.

Uheds- og skadesfrekvenser er højere i rundkørsler med fodgængerfelter end i andre rundkørsler, se tabel 36. Der findes ikke tal for antallet af fodgængere i rundkørslerne. Uheds- og skadesfrekvenser bliver stadig lavere, jo højere den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning er på vejgrenene ifølge tabel 36.

	Politikreds				
	Nordjyllands	Østjyllands	Midt- og Vestjyllands	Sydøstjyllands	Syd- og Sønderjyllands
Antal kryds	65	15	70	48	82
Indkørende ÅDT, gns.	8.537	10.496	9.244	8.730	7.471
Uheld	103	29	177	93	249
Personskader	35	3	29	13	26
Uhedsfrekvens	0,085	0,084	0,125	0,101	0,186
Skadesfrekvens	0,029	0,009	0,020	0,014	0,019

	Politikreds					
	Fyns	Sydsjælland og Lolland-Falsters	Midt- og Vestsjællands	Nordsjællands	Københavns Vestegns	Bornholm
Antal kryds	42	28	23	29	1	1
Indkørende ÅDT, gns.	7.201	10.197	10.339	13.078	3.495	3.203
Uheld	76	101	85	114	0	1
Personskader	21	14	14	7	0	0
Uhedsfrekvens	0,115	0,162	0,163	0,137	0,000	0,143
Skadesfrekvens	0,032	0,022	0,027	0,008	0,000	0,000

Tabel 37. Rundkørsler opdelt efter politikreds. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Uhedsfrekvenser varierer mindre mellem politikredse end skadesfrekvenser, se tabel 37. Uhedsfrekvensen er særlig høj i Syd- og Sønderjyllands politikreds, mens skadesfrekvensen er særlig høj i Fyns politikreds.

3.2.1 Basismodeller

I afsnittet udvikles basismodeller for rundkørsler. Her indgår alle 404 rundkørsler. Årsfaktorer kan beskrive udviklingen i trafiksikkerheden fra år til år. Der udvikles ikke modeller med årsfaktorer, da der ikke haves trafiktal for vejgrenene for hvert år i perioden 2011-2016. Modeller udvikles med antal år som offset variabel, så den modellerede uheldstæthed (UHT) er uheld pr. år pr. rundkørsel.

Basismodeller er estimeret med negativ binomial (Poisson-gamma) fordeling ved teknikken maximum-likelihood. Der er kun estimeret modeller med en konstant spredningsparameter, k . Modellers forklaringskraft udtrykkes ved Elvik's indeks. Indekset beregnes, som angivet i afsnit 3.1.1.

I de 404 rundkørsler har politiet registreret 136 personskadeuheld, 484 materiel-skadeuheld og 408 ekstrauheld samt 6 dræbte, 85 alvorlige skader og 71 lette skader. Der udvikles basismodeller for hver uheldsart samt kombinationer af person- og materielskadeuheld, materielskade- og ekstrauheld samt alle uheld. Der udvikles ikke basismodeller for hver skadesgrad kun for alle personskader.

For rundkørsler opstilles der ofte uheldsmodeller på to måder. Den ene måde er at opstille en model med den totale indkørende trafikmængde som uafhængig variabel (som funktionsudtryk 3 i afsnit 3.1.1). Resultatet af modellen er den samlede uheldstæthed for rundkørslen. Den anden måde er at opstille en uheldsmodel med cirkulerende trafik og trafik på en vejgren som to uafhængige variable, hvor resultatet er uheldstætheden pr. vejgren, hvorefter der foretages en summering for vejgrenene, så der fås uheldstætheden for rundkørslen.

I nærværende arbejde er det undladt at opstille uheldsmodeller med tal for cirkulerende trafik, da de tal er systematisk fejlbehæftet i vejman.dk. Som alternativ opstilles modeller med to variable, der beskriver trafik på hhv. primær- og sekundærvejgrene, hvor primærvejgrene er de to vejgrene med mest trafik, mens alle andre vejgrene er sekundærvejgrene. For de to rundkørsler med kun to vejgrene er der således ingen sekundærvejgrene og ingen sekundærtrafik. Baggrunden for at opstille disse modeller er, at trafikens fordeling på vejgrene delvist kan være en forklaring på, at uheldsfrekvensen stiger med antallet af vejgrene, se evt. tabel 29. Det kan også delvist være en forklaring på, at uheldsfrekvensen er noget lavere i 1-sporede rundkørsler end i flersporede rundkørsler, se evt. tabel 28. I praksis opgøres årspdagstrafik på fx primærvejgrene som: $(\text{Trafik}_{\text{vejgren 1}} + \text{Trafik}_{\text{vejgren 2}}) / 2$. Der skelnes således ikke mellem ind- og udkørende trafik.

Der er testet 9 forskellige funktionsudtryk for uheldsmodeller for rundkørsler. Det er de samme funktionsudtryk, som angivet i afsnit 3.1.1. I tabel 38 på næste side er vist de estimerede konstanter, spredningsparametre og Elvik's indekser for de 9 funktionsudtryk baseret på 1.027 uheld i 402 rundkørsler med 3-6 vejgrene. Nogle konstanter er ikke statistisk signifikante i funktionsudtryk 5, 8 og 9. Tabel 38 viser også, at funktionsudtryk 6 har laveste spredningsparameter, k , og forklarer mest af den systematiske variation i uheldsforekomsten. De næstbedste funktionsudtryk er 3 og 7, da der ses bort fra udtryk med ikke signifikante konstanter. Elvik's indeks viser, at trafiktal i rundkørsler forklarer op til 53 % af den systematiske uheldsforekomst.

Funktionsudtryk (se afsnit 3.1.1)	Estimerede konstanter					Spredningsparameter	Elvik's indeks
	a	p ₁	p ₂	b ₁	b ₂		
1	0,00001930	0,8448	0,3325	-	-	0,4892	0,51
2	0,00007407	0,5247	-	-	-	0,5181	0,48
3	0,000006179	1,2191	-	-	-	0,4778	0,52
4	0,0002011	0,8204	-	0,0002	-	0,4838	0,51
5	0,00002250	1,0580	-	0,0001	-	0,4715	0,52
6	0,000005340	1,2226	-	1,2740	-	0,4665	0,53
7	0,000005219	1,2189	-	0,4276	-	0,4681	0,53
8	0,000008177	1,1681	-	0,0000	0,3250	0,4686	0,53
9	0,000005694	1,2224	-	-0,2503	0,7135	0,4668	0,53

Tabel 38. Basismodeller med 9 forskellige funktionsudtryk baseret på 1.027 uheld i 402 rundkørsler med 3-6 vejgrene i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Der er opstillet tilsvarende modeller som i tabel 38, men baseret på hhv. personskadeuheld, materielskadeuheld og ekstrauheld. Disse modeller viser, at spredningsparametrene er næsten ens for funktionsudtryk 3, 6 og 7, men samtidig er b₁ konstanterne ikke statistisk signifikante i funktionsudtryk 6 og 7 i modeller for personskadeuheld og ekstrauheld. Derfor anbefales at benytte funktionsudtryk 3, der ser ud på følgende måde:

$$\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{p_1} \quad (3)$$

Funktionsudtryk 3 er et ret simpelt udtryk, hvor den samlede indkørende trafik er opløftet i en potens. Denne potens er ifølge tabel 38 over 1, hvilket betyder, at uheldsfrekvensen stiger med stigende indkørende trafikmængde. En fordobling af trafikmængden medfører 2,33 gange flere uheld.

Ved brug af funktionsudtryk 3 er det testet, om variablene ”hovedtype” og ”antal vejgrene” korrelerer med uheldstæthed. Variablen ”hovedtype” angiver, om rundkørslen er 1-sporet eller flersporet. Den variabel er statistisk signifikant, når der ses på materielskadeuheld, ekstrauheld og alle uheld, men ikke når der ses på personskadeuheld og personskader. Ses på alle uheld, så sker der 72 % flere uheld i flersporede rundkørsler end i 1-sporede rundkørsler, når trafikmængderne er ens. Variablen ”antal vejgrene” er statistisk signifikant, men kun når materielskadeuheld betragtes. Variablen er ikke signifikant og synes ikke at påvirke antallet af personskade- og ekstrauheld. Ses på alle uheld, så sker der 14 % flere uheld for hver ekstra vejgren i rundkørslen, når trafikmængden holdes konstant.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Elvik's indeks
		A	p ₁		
Personskadeuheld	136	0,0000006623	1,2428	0,6718	0,50
Materielskadeuheld	484	0,00001360	1,0533	0,7707	0,39
Ekstrauheld	408	0,0000002189	1,4785	0,6547	0,56
Person- og materielskadeuh.	620	0,00001262	1,0881	0,5656	0,45
Materielskade- og ekstrauh.	892	0,000005093	1,2247	0,5594	0,49
Alle uheld	1.028	0,000006040	1,2216	0,4760	0,52
Personskader	162	0,0000003563	1,3277	1,4994	0,40

Tabel 39. Basismodeller for 404 rundkørsler med 2-6 vejgrene i det åbne land.

Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Det er opstillet basismodeller ved at bruge funktionsudtryk 3, hvor alle 404 rundkørsler indgår, se tabel 39. Der er ikke estimeret basismodeller for hhv. 1-sporede og flersporede rundkørsler, og ej heller for rundkørsler med fx hhv. 3, 4 og 5 vejgrene. Modellerne i tabel 39 har alle en høj forklaringskraft og statistisk signifikante konstanter (over et 99,9%-niveau). Det kan anbefales at gøre brug af disse modeller. Alle p-værdier er over 1, så uheldsfrekvensen stiger med stigende indkørende trafikmængde.

3.2.2 Faktormodeller

I afsnittet udvikles faktormodeller med sammenhænge mellem på den ene side uheldstæthed og på den anden side årstdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver rundkørslerne. De faktormodeller, der udvikles, har følgende formeludtryk:

$$UHT = a \cdot (N_{pri} + N_{sek})^{p_1} \cdot e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

hvor a og p₁ er estimerede konstanter, N_{pri} og N_{sek} er årstdøgntrafik på primær- og sekundærvej samt b_i er estimerede konstanter for faktorerne (variablene) x_i. Det ses, at en del af funktionsudtrykket svarer til de anbefalede basismodeller, og der blot er tilføjet leddet med b_i og x_i.

Der udvikles modeller for alle rundkørsler uanset antal vejgrene. Der udvikles ikke modeller for de enkelte skadesgrader.

Tabel 40 på næste side viser faktorer, der har indgået i modeludviklingsprocessen. Syv af de 22 faktorer indgår i de udarbejdede faktormodeller for rundkørsler. De signifikante faktorer i faktormodellerne er indkørende årstdøgntrafik, samlet antal kørsler i tilfarter, hovedtype, bredde af overkørselsareal, cykelfacilitet, forekomst af belysning og gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejgrene. En

række andre faktorer har været signifikante gennem modeludviklingsprocessen, men indgår ikke i faktormodellerne.

Variabel / faktor	Personskadeuheld	Materielskadeuheld	Ekstrauehld	Person- og materiel-skadeuheld	Materielskade- og ekstrauehld	Alle uehld	Personskader
Årsdøgntrafik, indkørende	1	1	1	1	1	1	1
Rampekryds							
Del af toplanskryds							
Antal vejgrene	X	X		X	X	X	X
Antal til- og frafarter		X		X	X	X	
Antal til- og frafartsspor	X	2	X	2	2	2	X
Hovedtype		X	3	X	X	X	
Shunter		X	X	X	X	X	
Sekundærheller							
Midterø diameter		X	X	X	X	X	X
Midterø form							
Midterø højde			X		X		
Bredde af overkørselsareal		X	X	5	4	X	X
Bredde af cirkulationsareal		X	X	X	X	X	
Afmærkning af cirkulationsareal							
Ydre diameter	X	X	X	X	X	X	X
Afstand mellem vejgrene	X	X	X	X	X	X	X
Fodgængerfelter	X					X	
Cykelfacilitet	3	3	X	3	X	4	
Belysning			2	4	3	3	3
Hastighedsbegrænsning	2	X		6	X	X	2
Politikreds	X	X	X	X	X	X	

Tabel 40. Undersøgte variable for faktormodeller for rundkørsler. Tal angiver på hvilket trin i modeludviklingsprocessen, at faktoren har indtrådt i den endelige model. "X" angiver, at faktoren har været signifikant, men ikke indgår i den udarbejdede model.

Nedenfor er vist faktormodellen for alle uehld for rundkørsler:

$$UHT = 0,000003955 \cdot (N_{pri} + N_{sek})^{1,1695} \cdot e^{0,2153 \cdot TILFART + BELYS + CYKEL},$$

hvor N_{pri} og N_{sek} er indkørende årsdøgntrafik. TILFART er det samlede antal kørsler i tilfarer. BELYS er 1,3438, hvis rundkørslen ikke har belysning, ellers 0. CYKEL er a) 0 med cykling forbudt i rundkørslen, b) -0,2209 uden cykelfacilitet i

rundkørsel og cyklister cykler på cirkulationsareal, c) 0,2069 med cykelbane i rundkørsel, d) 0,0730 med cykelsti i rundkørsel, hvor bilister viger for cyklister ved vejgrene, og e) -0,2682 med cykelsti i rundkørsel, hvor cyklister skal vige for biltrafik ved vejgrene. Faktormodellen for alle uheld for rundkørsler har en spredningsparameter på 0,3644 og Elvik's indeks er 0,63 (forklaringskraft på 63 %).

Sammenholdes faktormodellen for alle uheld med basismodellen for alle uheld i tabel 39 ses, at p_1 -værdier er ret ens. Tilføjelsen af faktorerne TILFART, BELYS og CYKEL påvirker ikke p_1 -værdien nævneværdigt. Faktormodellen viser, at uheldstæthed stiger, jo flere kørespor der er i tilfarter samlet set. Faktormodellen viser også, at uheldstæthed er meget højere i rundkørsler uden belysning end i rundkørsler med belysning. Faktormodellen viser desuden, at rundkørsler med cykelbane ved siden af cirkulationsarealet har den højeste uheldstæthed, mens rundkørsler med cykelsti, hvor cyklister skal vige for biltrafik ved vejgrene, har den laveste uheldstæthed.

Med baggrund i modeludviklingsprocessen, de endelige faktormodeller mv. kan følgende siges om faktorerne i tabel 40:

Indkørende årsdøgntrafik: Trafikmængden i rundkørslen korrelerer signifikant med uheldstæthed og er altid den mest betydende faktor. Den forklarer 39-56 % af den systematiske variation i forekomsten af uheld og personskader. De estimerede p_1 -værdier i faktormodeller er nær lig p_1 -værdier i basismodellerne i tabel 39.

Rampekryds, del af toplanskryds: Uheldsfrekvensen i rundkørsler i rampekryds og toplanskryds adskiller sig ikke signifikant fra uheldsfrekvensen i andre rundkørsler i det åbne land. Der er en svag tendens til, at rundkørsler i rampekryds og toplanskryds er lidt sikrere end andre rundkørsler i det åbne land – formentligt på grund af vejgrene med ensrettet trafik.

Hovedtype, antal vejgrene, til- og frafarter, til- og frafartskørespor: Disse faktorer har ingen betydning for frekvensen af personskadeuheld og personskader. Omvendt korrelerer det samlede antal kørespor i tilfarter kraftigt med frekvensen af materielskadeuheld. En flersporet rundkørsel med fire vejgrene, heraf to vejgrene med to kørespor pr. tilfart og to vejgrene med et kørespor pr. tilfart, fungerer rent sikkerhedsmæssigt nogenlunde på samme måde som en 1-sporet rundkørsel med seks vejgrene hver med et kørespor pr. tilfart. Faktoren ”samlet antal kørespor i tilfarter” tager således højde for hovedtype, antal vejgrene og om vejgrene har enkelt- eller dobbeltrettet trafik. Faktoren ”hovedtype” korrelerer kraftigere med tætheden af ekstrauheld end faktoren ”samlet antal kørespor i tilfarter”. Uheldsfrekvensen (ekstrauheld) er langt højere i flersporede rundkørsler end i 1-sporede rundkørsler i det åbne land.

Shunter: Uheldsfrekvensen er omkring 25 % højere i rundkørsler med shunter end i rundkørsler uden shunter, men forskellen er ikke statistisk signifikant.

Sekundærheller: Uheldsfrekvensen er højere i rundkørsler med parallelheller eller uden sekundærheller set i forhold til rundkørsler med trekants- og trompetheller, men forskellen er ikke signifikant. Der er ingen sikkerhedsmæssig forskel på trekants- og trompetheller i det åbne land. Uheldsfrekvensen er omtrent 50 % højere i rundkørsler med parallelheller set i forhold til trekantsheller, og endnu højere i rundkørsler uden sekundærheller.

Midterø og ydre diameter, afstand mellem vejgrene: Rundkørsler med ydre diameter på under 60 meter har lavere uheldsfrekvens end større rundkørsler. Uheldsfrekvensen stiger derfor også, desto større afstanden er mellem vejgrene ved den ydre begrænsningslinje. Rundkørsler med en midterø diameter (inklusive overkørselsareal) på 20-40 meter har en lavere uheldsfrekvens end mindre og større rundkørsler. Man skal være klar over, at trafikarbejdet pr. køretøj stiger, jo større rundkørslen er.

Midterø form og højde: Der synes ikke at være nogen forskel i sikkerheden, om midterøen er rund eller oval, dog er der kun få rundkørsler med ovale midterøer. Der synes heller ikke at være forskel i sikkerheden, om rundkørslens midterø er lav eller høj.

Overkørsels- og cirkulationsareal: Uheldsfrekvensen falder, desto bredere overkørselsarealet ind mod midterøen er. Uheldsfrekvensen falder med ca. 7-8 %, når bredden af overkørselsarealet øges med 1 meter, indtil overkørselsarealet er ca. 4 meter bredt. Bredde af overkørselsarealet har statistisk signifikant indvirkning på uheldsfrekvensen. Rundkørsler, hvor cirkulationsarealet er 5,5-6,5 meter bredt, har en ca. 20 % lavere uheldsfrekvens end rundkørsler med smallere eller bredere cirkulationsareal. Denne forskel er dog ikke statistisk signifikant. Afmærkning af cirkulationsarealet mod midterø og mod ydre begrænsning synes ikke at have en nævneværdig indvirkning på uheldsfrekvensen.

Fodgængerfelt: Uheldsfrekvensen er lidt højere i rundkørsler med fodgængerfelter end i rundkørsler uden fodgængerfelter, men forskellen i uheldsfrekvens er ikke signifikant. Det kan eventuelt skyldes, at der er flere fodgængere i rundkørsler med fodgængerfelter. Mængden af fodgængertrafik i rundkørslerne er ukendt.

Cykelfacilitet: Uheldsfrekvensen er signifikant forskellig i rundkørsler med forskellig cykelfacilitet. Rundkørsler med cykelbane ved siden af cirkulationsarealet har den højeste uheldsfrekvens, mens rundkørsler med cykelsti, hvor cyklister skal vige for biltrafik ved vejgrene, har den laveste uheldsfrekvens. Rundkørsler, hvor cykling er forbudt, har højere uheldsfrekvens end rundkørsler med cykling tilladt på cirkulationsarealet (uden cykelfacilitet). Mængden af cykeltrafik i rundkørslerne er ukendt.

Belysning: Uheldsfrekvensen er 3-4 gange højere i rundkørsler uden belysning i forhold til rundkørsler med belysning i det åbne land. Forskellen i uheldsfrekvens

kan konstateres både for personskader, personskadeuheld, materielskadeuheld og ekstrauehld.

Hastighedsbegrænsning: Der er tendens til, at uheldsfrekvensen falder, jo højere den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning er på vejgrene omkring 100 meter fra rundkørslen. Denne tendens er signifikant for personskader og personskadeuheld. Det kan eventuelt skyldes, at sammensætningen af trafikanter varierer med hastighedsbegrænsningen. Effekter af hastighedsbegrænsning er her tvivlsomme, da hastighedsbegrænsning korrelerer med en række andre forhold.

Politikreds: Det ser ud til, at uheldsfrekvensen er forskellig i rundkørsler i politikredse. Men antallet af rundkørsler og uehld i hver politikreds er beskedent, og derfor indgår denne faktor ikke i modellerne.

3.2.3 Grundmodeller

For rundkørsler er der i det følgende udarbejdet grundmodeller. Disse modeller er baseret på rundkørsler, der har følgende udformning:

- 1-sporet cirkulationsareal
- 1 tilfartskørespør og 1 frafartskørespør pr. vejgren
- Ingen shunter
- Rund midterø
- Ingen fodgængerfelter
- Vej- eller krydsbelysning forefindes

Der findes 280 rundkørsler med den udformning i det åbne land. Der er registreret 562 uehld og 90 personskader i årene 2011-2016 i de 280 rundkørsler. Den totale indkørende årsgøgntrafik varierer mellem 262 og 22.812.

Foruden indkørende årsgøgntrafik varierer visse faktorer fortsat. Faktorerne rampekryds, toplanskryds og cirkulationsafmærkning antages at være ubetydelige for sikkerheden i rundkørsler og udelades af arbejdet med grundmodeller. Andre faktorer kan være vigtige for sikkerheden. Det gælder antal vejgrene, sekundærheller, midterø diameter og højde, bredde af overkørsels- og cirkulationsareal, cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning og politikreds. Disse faktorer varierer fortsat for at opnå, at grundmodeller er baseret på flere rundkørsler og uehld.

Om de varierende faktorer kan nævnes: Der findes 2, 64, 195, 17 og 2 rundkørsler med hhv. 2, 3, 4, 5 og 6 vejgrene. Der findes 2, 12, 148 og 71 rundkørsler med hhv. ingen, parallel-, trekants- og trompetheller, mens 47 rundkørsler har blandede typer af sekundærheller. Median værdier for midterø diameter (ekskl. overkørselsareal) og højde er hhv. 29,6 meter og 1,8 meter. Median værdier for bredde af overkørsels- og cirkulationsareal er hhv. 2,0 meter og 6,5 meter. Cykling er ikke

tilladt i 31 rundkørsler, mens der ingen cykelfacilitet er i 38 rundkørsler, cykelbane findes i 78 rundkørsler, cykelsti (med vigende bilister) i 56 rundkørsler og cykelsti (med vigende cyklister) i 77 rundkørsler. Der er 80 km/t hastighedsbegrænsning på alle vejgrene i 128 rundkørsler, mens hastighedsbegrænsningen er noget andet end 80 km/t på en eller flere vejgrene i de øvrige 152 rundkørsler. Den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning på vejgrene er 75 km/t.

Udgangspunktet for grundmodeller er at lade de førnævnte faktorer indgå i modellerne på den mest hensigtsmæssige måde for derefter at sætte faktorer til bestemte værdier. Det viste sig hurtigt, at det var unødvendigt at lade faktoren politikreds indgå i modeller, da denne faktor på intet tidspunkt var signifikant eller påvirkede modelleres p-værdier. Parameterestimerer for trekants- og trompetheller er meget ens og derfor sammenlagt, da der ikke kendes til undersøgelser, hvor effekten af de to typer sekundærheller skulle være forskellig. Antal vejgrene, midterø diameter, bredde af overkørsels- og cirkulationsareal samt gennemsnitlig hastighedsbegrænsning viste sig bedst at indgå i modeller som kontinuere variable.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Elvik's indeks
		a	p ₁		
Personskadeuheld	77	<i>0,000002132</i>	<i>1,0924</i>	0,3296	0,67
Materielskadeuheld	286	<i>0,0001240</i>	<i>0,7584</i>	0,3979	0,56
Ekstrauheld	199	<i>0,000001454</i>	<i>1,2915</i>	0,3834	0,64
Person- og materielskadeuheld	363	-	-	-	-
Materielskade- og ekstrauheld	485	<i>0,00004528</i>	<i>0,9666</i>	0,2884	0,59
Alle uheld	562	<i>0,00004900</i>	<i>0,9732</i>	0,2488	0,61
Dræbte	3	-	-	-	-
Alvorlige skader	54	<i>0,00001767</i>	<i>0,8605</i>	1,8250	0,49
Lette skader	33	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	57	<i>0,00003439</i>	<i>0,8078</i>	2,0232	0,46
Alle personskader	90	<i>0,000001310</i>	<i>1,1865</i>	1,0692	0,51

Tabel 41. Grundmodeller for rundkørsler med 1 cirkulationsspor, 4 vejgrene, ét til- og ét frafartskørespør pr. vejgren (dobbeltrættet trafik på vejgren), ingen shunter, med vej- eller krydsbelysning, med trekants- og/eller trompetheller, rund midterø med diameter på 30 meter og højde på 0-1,9 meter, bredde af overkørsels- og cirkulationsareal er hhv. 2,0 og 6,5 meter, ingen cykelfaciliteter, ingen fodgængerfelter samt 80 km/t hastighedsbegrænsning på vejgrene. Baseret på 280 rundkørsler i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

I tabel 41 er vist grundmodeller for rundkørsler. Modeller for dræbte, lette skader samt person- og materielskadeuheld konvergerer ikke og er derfor ikke vist. I alle andre modeller er de estimerede a- og p-værdier statistisk signifikante. Den ydre diameter for grundmodellernes rundkørsel er 47 meter.

Grundmodellerne i tabel 41 foreslås anvendt ved beregning af forventede uheld og personskader i rundkørsler i det åbne land i forbindelse med nyanlæg og ombygning af eksisterende kryds. Det anbefales at benytte modeller med grå baggrund til estimering af uheld. For disse modeller er 59-67 % af den systematiske variation i uheldsforekomsten forklaret. Samtidig er konfidensintervaller på a- og p-værdier små. I bilag 1 er vist yderligere oplysninger om grundmodeller i tabel 41. Modellen for personskadeuheld kan sammen tal for personskadeuheld og fordelingen af personskader benyttes til at estimere et konkret antal dræbte, alvorlige skader og lette skader i rundkørsler. Modellen for materielskade- og ekstrauehld kan sammen med fordelingen af uheld benyttes til at estimere et konkret antal materielskadeuheld og ekstrauehld i rundkørsler.

I bilag 1 er foruden a- og p-værdier beskrevet relationer mellem uheldstætheden og de otte faktorer antal vejgrene, sekundærheller, midterø diameter og højde, bredde af overkørsels- og cirkulationsareal, cykelfacilitet og hastighedsbegrænsning. De otte faktorer indgår i grundmodeller, men er sat til bestemte værdier i de beskrevne grundmodeller i tabel 41. Med baggrund i bilag 1 er der i tabel 42 angivet, hvordan faktorerne er estimeret til at virke på alle uheld i rundkørsler.

Faktor	Ændring	Rundkørsler
Antal vejgrene	Fra 4 til 3 vejgrene	-3 %
	Fra 4 til 5 vejgrene	+3 %
Sekundærheller	Fra trekantsheller til parallelheller	+17 %
Midterø diameter	Fra 30 meter til 20 meter	-12 %
	Fra 30 meter til 40 meter	+14 %
	Fra 30 meter til 50 meter	+30 %
Midterø højde	Fra 0-1,9 meter til 2-10 meter	-20 %
Bredde af overkørselsareal	Fra 2 meter til 0 meter	+9 %
	Fra 2 meter til 4 meter	-8 %
Bredde af cirkulationsareal	Fra 6,5 meter til 5 meter	-1 %
	Fra 6,5 meter til 8 meter	+1 %
Cykelfacilitet	Fra ingen til cykling forbudt	-13 %
	Fra ingen til cykelbane	+40 %
	Fra ingen til cykelsti (bilist skal vige ved vejgrem)	+5 %
	Fra ingen til cykelsti (cyklist skal vige ved vejgrem)	-23 %
Hastighedsbegrænsning	Fra 80 km/t til 70 km/t	+18 %
	Fra 80 km/t til 60 km/t	+38 %

Tabel 42. Estimerede effekter på alle uheld af ændringer i faktorer i rundkørsler baseret på de udarbejdede grundmodeller. Kursiverede effekter er signifikante (95%-niveau).

Tabel 42 skal forstås, således at en rundkørsel med 3 vejgrene (3 tilfartskørespor) har en 3 % lavere uheldsfrekvens end en rundkørsel med 4 vejgrene – alt andet lige. Antallet af vejgrene (tilfartskørespor) ser således ud til at have en beskedent,

ikke signifikant indvirkning på uheldsfrekvensen. Effekter af antallet af vejgrene er meget ustabile.

1-sporede rundkørsler med parallelheller ser ud til at have en 17 % højere uheldsfrekvens end rundkørsler med trekants- og/eller trompetheller. Forskellen er dog ikke signifikant. Effekten af parallelheller er ustabil. Effekten af ”ingen heller” er ikke vist, da der kun er to rundkørsler uden sekundærheller og effekter er ekstremt ustabile.

Uheldsfrekvensen synes at stige, jo større midterøen er. Modelleringen viser ret klart, at der eksisterer en kontinuer ikke signifikant sammenhæng mellem midterøens diameter og uheldsfrekvensen. Det kan skyldes, at trafikarbejdet pr. køretøj stiger med stigende størrelse af rundkørsel. Effekter af midterøernes diameter er rimeligt stabile.

1-sporede rundkørsler med høje midterøer har signifikant lavere uheldsfrekvens – alt andet lige – end tilsvarende rundkørsler med lave midterøer. Effekter af højde af midterøer er meget stabile.

Uheldsfrekvensen synes at falde, jo bredere overkørselsarealet ind mod midterøen er. Sammenhængen er dog ikke signifikant. Effekter af overkørselsarealets bredde er ustabile.

Uheldsfrekvensen synes upåvirket af cirkulationsarealets bredde. Effekter af cirkulationsarealets bredde er ustabile.

Uheldsfrekvensen påvirkes signifikant af typen af cykelfacilitet. 1-sporede rundkørsler med cykelbaner har en signifikant højere uheldsfrekvens – alt andet lige – end rundkørsler uden cykelfacilitet, mens rundkørsler med cykelstier, hvor cyklister skal vige for biltrafik ved vejgrene, har en lavere uheldsfrekvens. Effekter af cykelbaner og cykelstier (biler skal vige for cyklister ved vejgrene) er rimeligt stabile, mens øvrige effekter er ustabile. Effekter af cykelfacilitet skal ses i lyset af, at ca. 29 % af personskaderne i rundkørsler i det åbne land er blandt fodgængere, cyklister og knallertkørere.

Uheldsfrekvensen i 1-sporede rundkørsler stiger signifikant, jo lavere hastighedsbegrænsningen er. Effekterne er meget stabile. Det er uvist, hvorfor denne – ret ulogiske – sammenhæng optræder. Mulige forklaringer kan fx være, at trafiksammensætningen samt forekomsten af forvarslings- og anden afmærkning afhænger af hastighedsbegrænsningen. Effekter af hastighedsbegrænsning er her tvivlsomme, da hastighedsbegrænsning korrelerer med en række andre forhold.

Det er forsøgt at opstille grundmodeller for flersporede rundkørsler. Der findes dog kun data om 33 flersporede rundkørsler, og de er vidt forskelligt udformet. Selvom der skete 240 uheld i perioden 2011-2016 i de flersporede rundkørsler er det ikke muligt at opstille grundmodeller for et veldefineret design af flersporede

rundkørsler. I stedet er der opstillet basismodeller for flersporede rundkørsler for at erfare, om p-værdier i flersporede rundkørsler ligner p-værdier estimeret i grundmodeller for 1-sporede rundkørsler i tabel 41. Den indkørende årsdøgntrafik varierer mellem 3.378 og 24.947 i de flersporede rundkørsler. På næste side er vist modeller for personskadeuheld samt materielskade- og ekstrauehd for flersporede rundkørsler:

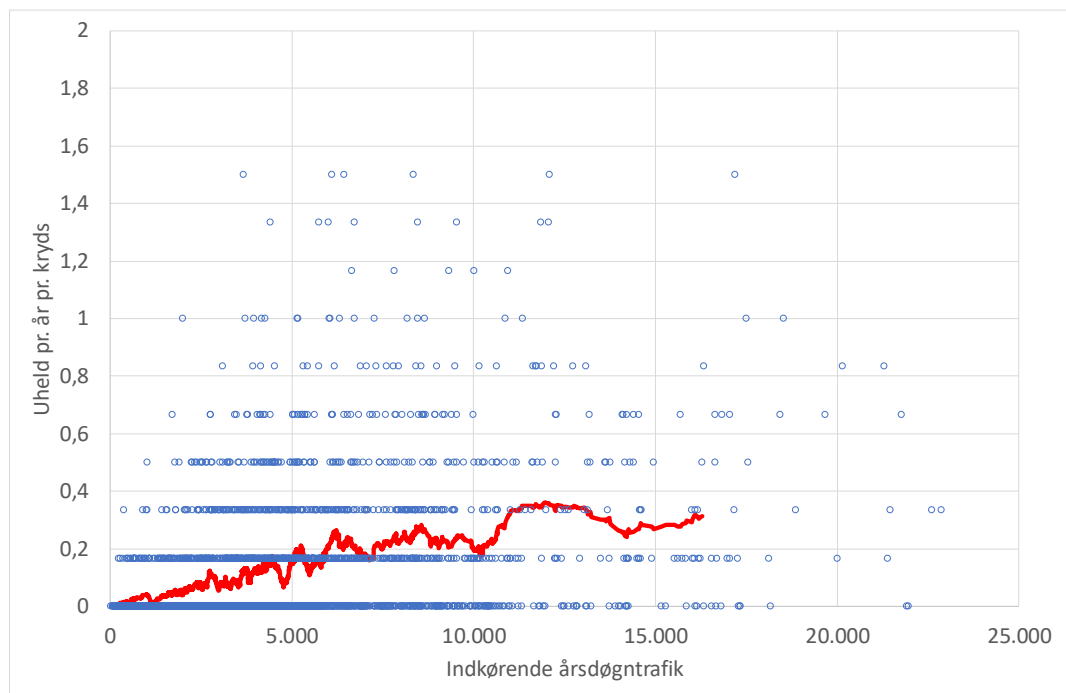
$$\text{Personskadeuheld: UHT} = 0,000001886 \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{0,9011}$$

$$\text{Materielskade- og ekstrauehd: UHT} = 0,000001165 \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{1,4237}$$

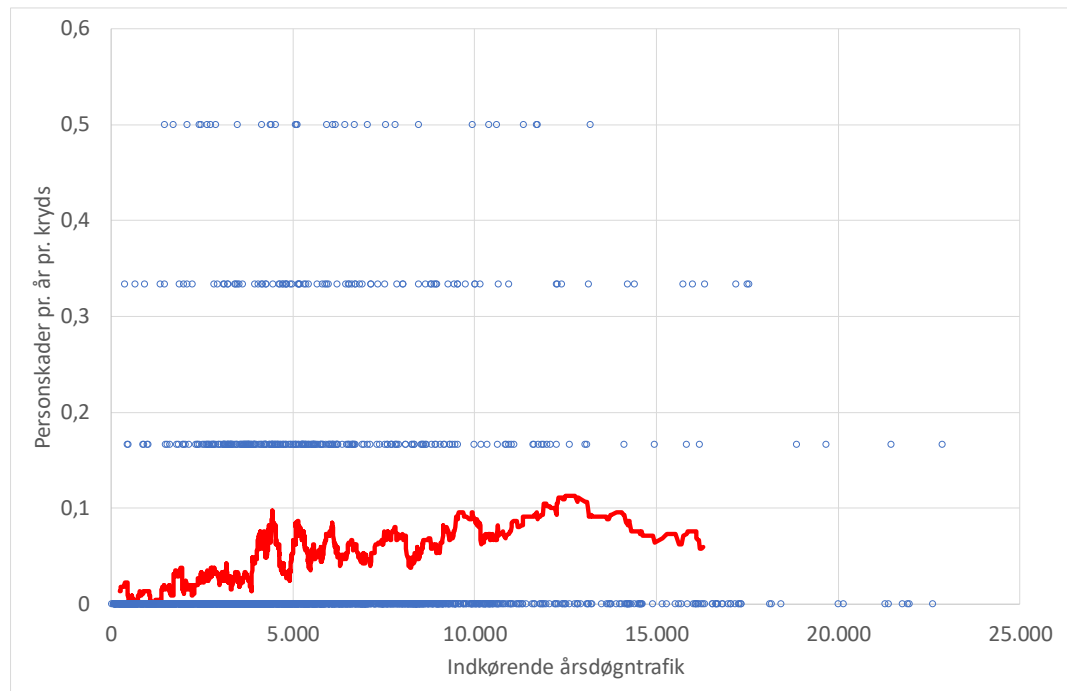
Sammenholdes ovenstående modeller med de tilsvarende modeller fra tabel 41 for 1-sporede rundkørsler, så er p-værdien lavere for personskadeuheld i modellen ovenfor, mens p-værdien er højere for materielskade- og ekstrauehd i modellen ovenfor. Konfidensintervaller for p-værdier i modeller ovenfor er ganske store, og derfor er en antagelse om, at p-værdier er ens i 1-sporede og flersporede rundkørsel ikke urimelig.

3.3 Vigepligtsregulerede kryds

Der indgår 2.763 vigepligtsregulerede kryds i det åbne land. I de kryds har politiet registreret 2.114 uheld og 694 personskader i årene 2011-2016.



Figur 9. Uheldstæthed og trafikmængde for 2.763 vigepligtsregulerede kryds i åbent land. Den røde linje er et bevægeligt gennemsnit for 75 observationer.



Figur 10. Personskadetæthed og trafikmængde for 2.763 vigepligtsregulerede kryds i det åbne land. Den røde linje er et bevægeligt gennemsnit for 75 observationer.

I figur 9 og 10 er hhv. uheds- og personskadetætheden afbilledet i forhold til trafikmængden. Der synes at være en tæt, retlinjet relation mellem trafikmængden på den ene side og antallet af hhv. uheld og personskader på den anden side, hvor en fordobling af den indkørende trafik ser ud til at medføre ca. en fordobling af antallet af uheld og personskader.

	Antal vejben		Type af vigepligt			Belysning?	
	3	4	Højre	Stop	Ubetinget	Ja	Nej
Antal kryds	2.276	487	6	49	2.708	297	2.466
Indkørende ÅDT, gns.	4.596	5.252	479	4.965	4.716	6.697	4.472
Uheld	1.442	672	1	100	2.013	333	1.781
Personskader	440	254	0	49	645	93	601
Uhedsfrekvens	0,063	0,120	0,159	0,188	0,072	0,076	0,074
Skadesfrekvens	0,019	0,045	0,000	0,092	0,023	0,021	0,025

Tabel 43. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter 1) antal vejben, 2) type af vigepligt og 3) forekomst af belysning. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Størstedelen af de vigepligtsregulerede kryds har 3 vejben (T-kryds). I T-kryds er uheds- og skadesfrekvenser omtrent kun halvt så store som i F-kryds (4 vejben), se tabel 43. Det skal nævnes, at den indkørende årsdøgntrafik fra sekundærveje er 370 i T-kryds og 729 i F-kryds i gennemsnit.

Kun få af de vigepligtsregulerede kryds har højrevigepligt eller stoppligt (stoplinje og stoptavle), mens de fleste af krydsene har ubetinget vigepligt med hjattænder og trekant på spids (B11-tavle). Uheldsfrekvensen er ifølge tabel 43 lavest i kryds ubetinget vigepligt. Det er muligt, at uhelds- og skadesfrekvenser er høje i kryds med stoptavler, da tavlerne ofte er opsat i uheldsbelastede kryds. Uhelds- og skadesfrekvenser er næsten ens i kryds hhv. med og uden belysning, se tabel 43.

	Rampekryds?		Del af toplanskryds?		Ensrettet trafik?	
	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej
Antal kryds	133	2.630	215	2.548	142	2.621
Indkørende ÅDT, gns.	7.151	4.588	7.037	4.515	6.543	4.612
Uheld	217	1.897	284	1.830	190	1.924
Personskader	54	640	76	618	51	643
Uheldsfrekvens	0,104	0,072	0,086	0,073	0,093	0,073
Skadesfrekvens	0,026	0,024	0,023	0,025	0,025	0,024

Tabel 44. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter 1) om det er et rampekryds, 2) om det er del af toplanskryds og 3) om der er vejben med ensrettet trafik. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motor-køretøjer.

Vigepligtsregulerede kryds, der er rampekryds eller del af et toplanskryds eller har et vejben med ensrettet trafik, har ifølge tabel 44 højere uheldsfrekvens end andre vigepligtsregulerede kryds, mens skadesfrekvensen er næsten ens. Rampekryds, toplanskryds og kryds med vejben med ensrettet trafik har højere indkørende årsdøgntrafik end andre vigepligtsregulerede kryds.

	Type af primærhelle			Type af sekundærhelle		
	Ingen	Kantsten	Påmalet	Ingen	Kantsten	Påmalet
Antal kryds	2.108	423	232	1.952	803	8
Indkørende ÅDT, gns.	3.766	8.567	6.268	4.082	6.253	3.608
Uheld	1.184	681	249	1.034	1.075	5
Personskader	389	211	94	313	379	2
Uheldsfrekvens	0,068	0,086	0,078	0,059	0,098	0,079
Skadesfrekvens	0,022	0,027	0,030	0,018	0,034	0,032

Tabel 45. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter 1) type af primærhelle og 2) type af sekundærhelle. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Af tabel 45 ses, at de vigepligtsregulerede kryds oftere har en sekundærhelle end en primærhelle. Disse heller er oftere kantstensbegrænset end påmalet (spærreflade). Det skal dog nævnes, at af de 423 kryds med kantstensbegrænset primærhelle har kun 325 kryds en kantstensbegrænset helle på begge sider af krydspunktet på primærvejen, mens de resterende 98 kryds kun har kantstensbegrænset helle på en side af krydspunktet. Ligeså er der F-kryds kun med påmalet eller kantstensbegrænset sekundærhelle på en side af krydspunktet. Kryds uden primær- og/eller

sekundærhelle har lavere uheds- og skadesfrekvenser end kryds med sådanne helle. Der findes ikke tal for antal svingede køretøjer i de vigepligtsregulerede kryds.

	Delehelle ved venstresvingsbane			Delehelle ved højresvingsbane		
	Ingen	Kantsten	Påmalet	Ingen	Kantsten	Påmalet
Antal kryds	2.727	11	25	2.672	51	40
Indkørende ÅDT, gns.	4.655	9.576	8.698	4.598	7.711	8.452
Uheld	2.038	22	54	1.965	90	59
Personskader	666	10	18	638	28	28
Uhedsfrekvens	0,073	0,095	0,113	0,073	0,105	0,080
Skadesfrekvens	0,024	0,043	0,038	0,024	0,033	0,038

Tabel 46. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter 1) type af delehelle ved venstresvingsbane og 2) type af delehelle ved højresvingsbane. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Mange af de påmalede deleheller ved venstre- og højresvingsbaner er slips, men der findes også større spærreflade deleheller. Deleheller ved venstre- og højresvingsbaner findes både på primær- og sekundærveje. Der er 17 kryds med deleheller på sekundærveje. Af tabel 46 ses, at kryds med deleheller har højere uheds- og skadesfrekvenser. Det må dog atter nævnes, at der ikke findes tal for antallet af svingede køretøjer i de vigepligtsregulerede kryds.

	Kørespor pr. vejben ind i kryds			Kørespor pr. vejben ud af kryds		
	0,7-1,0	1,1-1,5	1,6-2,5	0,7-1,0	1,1-1,5	1,6-2,0
Antal kryds	2.055	460	248	2.710	31	22
Indkørende ÅDT, gns.	3.717	7.207	8.318	4.584	10.232	12.551
Uheld	1.116	556	442	2.011	71	32
Personskader	368	163	163	662	23	9
Uhedsfrekvens	0,067	0,077	0,098	0,074	0,102	0,053
Skadesfrekvens	0,022	0,022	0,036	0,024	0,033	0,015

Tabel 47. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter 1) antal kørespor pr. vejben ind i kryds (tilfartsspor) og 2) antal kørespor pr. vejben ud af kryds (frafartsspor). Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Kun få vigepligtsregulerede kryds i det åbne land har mere end ét frafartsspor pr. vejben (kørespor ud af kryds). Uheds- og skadesfrekvenser ser ikke ud til at være påvirket af antallet af frafartsspor pr. vejben, se tabel 47. Derimod ser det ud til, at uheds- og skadesfrekvenser stiger, jo flere tilfartsspor der er pr. vejben (kørespor ind i kryds). Baggrunden herfor er formentligt, at flere tilfartsspor hovedsageligt er svingspor, og kryds med svingspor har mere svingende trafik end kryds uden svingspor.

	Antal svingspor pr. vejben			
	Ingen	0,1-0,4	0,5-0,7	0,8-1,3
Antal kryds	2.004	441	240	78
Indkørende ÅDT, gns.	3.658	7.130	7.921	8.231
Uheld	1.056	505	387	166
Personskader	350	141	137	66
Uheldsfrekvens	0,066	0,073	0,093	0,118
Skadesfrekvens	0,022	0,020	0,033	0,047

Tabel 48. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter antal svingspor pr. vejben. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

I tabel 48 ses, at jo flere svingspor der er pr. vejben, desto højere er uhelds- og skadesfrekvenser. Kategorierne 0,1-0,4, 0,5-0,7 og 0,8-1,3 svarer til hhv. en, to og 3-4 svingspor pr. kryds. Langt de fleste kryds med et svingspor er T-kryds med en venstresvingsspor på primærvejen.

	Cykelfacilitet			
	Ingen	Bane	Enkeltrettet sti	Dobbeltrettet sti
Antal kryds	1.548	519	389	307
Indkørende ÅDT, gns.	3.797	4.804	7.289	5.898
Uheld	962	443	425	284
Personskader	355	142	131	66
Uheldsfrekvens	0,075	0,081	0,068	0,072
Skadesfrekvens	0,028	0,026	0,021	0,017

Tabel 49. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter cykelfacilitet på vejben. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

I alt har 307 vigepligtsregulerede kryds en dobbeltrettet cykelsti ad et eller flere vejben, mens 389 kryds har en enkeltrettet cykelsti ad et eller flere vejben (men ingen dobbeltrettet cykelsti). I alt 519 kryds har cykelbane eller bred kantbane på et eller flere vejben (men ingen cykelsti). Kryds med enkeltrettet cykelsti har den laveste uheldsfrekvens, mens kryds med dobbeltrettet cykelsti har den laveste skadesfrekvens, se tabel 49. Der findes ikke tal for antal cyklister i vigepligtsregulerede kryds. Ingen af de vigepligtsregulerede kryds i det åbne land har fodgængerfelter. Der findes ikke tal for antal fodgængere i de vigepligtsregulerede kryds.

Der synes ikke at være nogen sammenhæng mellem hastighedsbegrænsningen på de vigepligtsregulerede kryds' vejben og uhelds- og skadesfrekvenser, se tabel 50 på næste side.

	Gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejbenene (km/t)				
	40-59	60-69	70-79	80	81-105
Antal kryds	72	237	408	1.892	154
Indkørende ÅDT, gns.	4.780	6.168	5.833	4.059	7.480
Uheld	56	234	400	1.195	229
Personskader	10	70	129	424	61
Uhedsfrekvens	0,074	0,073	0,077	0,071	0,091
Skadesfrekvens	0,013	0,022	0,025	0,025	0,024

Tabel 50. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejbenene ca. 100 meter fra krydspunktet. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

	Politikreds				
	Nordjyllands	Østjyllands	Midt- og Vestjyllands	Sydøstjyllands	Syd- og Sønderjyllands
Antal kryds	186	113	398	278	762
Indkørende ÅDT, gns.	4.990	8.232	5.315	4.543	3.646
Uheld	136	132	279	197	506
Personskader	91	47	128	46	164
Uhedsfrekvens	0,067	0,065	0,060	0,071	0,083
Skadesfrekvens	0,045	0,023	0,028	0,017	0,027

	Politikreds					
	Fyns	Sydsjælland og Lolland-Falsters	Midt- og Vestsjællands	Nordsjællands	Københavns Vestegns	Bornholm
Antal kryds	372	285	105	61	3	200
Indkørende ÅDT, gns.	4.284	5.132	7.880	9.858	16.268	2.342
Uheld	251	271	146	133	2	61
Personskader	72	57	29	31	1	28
Uhedsfrekvens	0,072	0,085	0,081	0,101	0,019	0,059
Skadesfrekvens	0,021	0,018	0,016	0,024	0,009	0,027

Tabel 51. Vigepligtsregulerede kryds opdelt efter politikreds. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer.

Uheds- og skadesfrekvenser varierer ganske betydeligt mellem politikredse, se evt. tabel 51. Uhedsfrekvensen er særlig høj i Nordsjællands politikreds, mens skadesfrekvensen er særlig høj i Nordjyllands politikreds.

3.3.1 Basismodeller

I afsnittet udvikles basismodeller for vigepligtsregulerede kryds. Her indgår alle 2.763 kryds. Årsfaktorer kan beskrive udviklingen i trafiksikkerheden fra år til år.

Der udvikles ikke modeller med årsfaktorer, da der ikke haves trafiktal for vejben for hvert år i perioden 2011-2016. Modeller udvikles med antal år som offset variabel, så den modellerede uheldstæthed (UHT) er uheld pr. år pr. kryds.

Basismodeller er estimeret med negativ binomial (Poisson-gamma) fordeling ved teknikken maximum-likelihood. Der er kun estimeret modeller med en konstant spredningsparameter, k . Modellers forklaringskraft udtrykkes ved Elvik's indeks. Indekset beregnes, som angivet i afsnit 3.1.1.

I de 2.763 vigepligtsregulerede kryds har politiet registreret 508 personskadeuheld, 1.203 materielskadeuheld og 403 ekstrauehld samt 31 dræbte, 316 alvorlige skader og 347 lette skader. Der udvikles basismodeller for hver uheldsart samt kombinationer af person- og materielskadeuheld, materielskade- og ekstrauehld samt alle uheld. Der forsøges at udvikle basismodeller for hver skadesgrad og alle personskader.

For vigepligtsregulerede kryds opstilles normalt modeller ved brug af funktionsudtryk 1 i afsnit 3.1.1: $UHT = a \cdot N_{pri}^{p_1} \cdot N_{sek}^{p_2}$. I nærværende afsnit testes, hvilket af de ni forskellige funktionsudtryk nævnt i afsnit 3.1.1, der fungerer bedst på de 2.763 vigepligtsregulerede kryds. Primærvejen er den overordnede vej (to vejben) uden vigepligt, mens sekundærvejen (en-to vejben) har vigepligt. I kryds med højrevigepligt udgøres primærvejen af de to vejben med mest trafik.

Funktionsudtryk (se afsnit 3.1.1)	Estimerede konstanter					Spredningsparameter	Elvik's indeks
	a	p ₁	p ₂	b ₁	b ₂		
1	0,0001239	0,5275	0,4489	-	-	0,6336	0,63
2	0,0001761	0,4702	-	-	-	0,6275	0,63
3	0,00004895	0,9328	-	-	-	1,0213	0,40
4	0,0008604	0,5455	-	0,0007	-	0,8204	0,52
5	0,0003356	0,6573	-	0,0006	-	0,7883	0,54
6	0,00002143	0,9999	-	2,3070	-	0,9405	0,45
7	0,00001658	1,0275	-	1,5927	-	0,8828	0,49
8	0,0001439	0,7571	-	0,0005	0,5809	0,7804	0,54
9	0,00001584	1,0344	-	1,5619	-0,0000	0,8671	0,49

Tabel 52. Basismodeller med 9 forskellige funktionsudtryk baseret på alle 2.114 uheld i 2.763 vigepligtsregulerede kryds i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

I tabel 52 er vist estimerede konstanter, spredningsparametre og Elvik's indekser for 9 funktionsudtryk baseret på alle 2.114 uheld i de 2.763 vigepligtsregulerede kryds. Alle konstanter er statistisk signifikante. Tabellen viser tillige, at funktionsudtryk 1 og 2 har noget lavere spredningsparameter, k , og forklarer væsentligt

mere systematisk variation i uheldsforekomsten end de andre funktionsudtryk. Elvik's indeks viser, at trafiktal i de vigepligtsregulerede kryds forklarer op til 63 % af den systematiske uheldsforekomst.

Der er opstillet tilsvarende modeller som i tabel 52, men baseret på hhv. personskader, personskadeuheld, materielskadeuheld og ekstrauehld. Spredningsparameteren er lavest med funktionsudtryk 1, når der ses på en uheldsart ad gangen eller på alle personskader. Funktionsudtryk 2 fejlestimerer spredningsparameteren, når der ses på personskadeuheld. Samlet set anbefales at benytte funktionsudtryk 1.

Tabel 43 viste, at uhelds- og skadesfrekvenser er omtrent dobbelt så høje i F-kryds (kryds med 4 vejben) end i T-kryds (kryds med 3 vejben). En forklaring på det kan være, at en større andel af trafikken i F-kryds kører på sekundærvejen set i forhold til i T-kryds. Tabel 43 viste også, at uhelds- og skadesfrekvenser synes at afhænge af typen af vigepligt.

Ved brug af funktionsudtryk 1 er det testet, om variablene "antal vejben" og "type af vigepligt" korrelerer med uheldstætheden. Variablene er statistisk signifikante for alle uheldsarter og skadegrader, dog ikke ekstrauehld. Der sker 1,59 gange flere uheld i F-kryds end i T-kryds ved de samme trafikmængder, og uheldene er samtidigt mere alvorlige i F-kryds. Der sker 2,14 gange flere uheld i kryds med stoppligt (stoptavler og stoplinje) end i kryds med ubetinget vigepligt ved de samme trafikmængder, og uheldene er mere alvorlige i kryds med stoppligt.

Det er ikke hensigtsmæssigt at bruge en uheldsmodel for vigepligtsregulerede kryds, hvor "antal vejben" indgår som variabel, fordi p-værdier er vidt forskellige for T- og F-kryds. Derfor opstilles basismodeller for hhv. T- og F-kryds.

Stoptavler er oftest blevet opsat i kryds, hvor der er uheldsproblemer med trafikanter på sekundærveje. Undersøgelser viser desuden, at etablering af stoppligt i stedet for ubetinget vigepligt faktisk reducerer antallet af uheld og personskader. Derfor er variabelen "type af vigepligt" særdeles endogen. Derfor opstilles ikke basismodeller for kryds med hhv. stoppligt og ubetinget vigepligt. Kryds med alle typer af vigepligt indgår således i de opstillede basismodeller.

I tabel 53 og 54 på næste side er de vist endelige basismodeller for vigepligtsregulerede kryds med hhv. 3 og 4 vejben. Modeller for dræbte samt dræbte og alvorlige skader konvergerer ikke og er ikke vist i tabel 53 og 54. Modeller for alvorlige og lette skader konvergerer heller ikke i F-kryds og er ikke vist i tabel 54. Det anbefales ikke at benytte modellen for personskader i F-kryds pga. den lave forklaringskraft og ikke signifikante p_1 -værdi. Andre modeller i tabel 53 og 54 er brugbare. Generelt har modeller for T-kryds en højere forklaringskraft end modeller for F-kryds.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter			Spredningsparameter	Elvik's indeks
		a	p ₁	p ₂		
Personskadeuheld	333	<i>0,00001250</i>	<i>0,6023</i>	<i>0,4622</i>	0,6898	0,68
Materielskadeuheld	802	<i>0,00002586</i>	<i>0,6329</i>	<i>0,4444</i>	0,7263	0,66
Ekstrauheld	307	<i>0,000007667</i>	<i>0,7767</i>	<i>0,2808</i>	1,0224	0,57
Person- og materielskadeuheld	1.135	<i>0,00003529</i>	<i>0,6372</i>	<i>0,4444</i>	0,6635	0,67
Materielskade- og ekstrauheld	1.109	<i>0,00003201</i>	<i>0,6843</i>	<i>0,3901</i>	0,6601	0,65
Alle uheld	1.442	<i>0,00004057</i>	<i>0,6798</i>	<i>0,4008</i>	0,6314	0,66
Alvorlige skader (ej dræbte)	210	<i>0,00001287</i>	<i>0,5213</i>	<i>0,4960</i>	2,8847	0,51
Lette skader	211	<i>0,00001833</i>	<i>0,5397</i>	<i>0,4093</i>	6,7182	0,42
Alle personskader	440	<i>0,00002990</i>	<i>0,5435</i>	<i>0,4469</i>	3,2841	0,45

Tabel 53. Basismodeller for 2.276 vigepligtsregulerede T-kryds i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter			Spredningsparameter	Elvik's indeks
		a	p ₁	p ₂		
Personskadeuheld	175	<i>0,005422</i>	0,0965	<i>0,2601</i>	0,8386	0,18
Materielskadeuheld	401	<i>0,0007930</i>	<i>0,2154</i>	<i>0,5294</i>	0,6312	0,47
Ekstrauheld	96	<i>0,00005445</i>	<i>0,4217</i>	<i>0,4559</i>	0,3941	0,62
Person- og materielskadeuheld	576	<i>0,002768</i>	<i>0,1842</i>	<i>0,4350</i>	0,5722	0,41
Materielskade- og ekstrauheld	497	<i>0,0007857</i>	<i>0,2559</i>	<i>0,5121</i>	0,4615	0,53
Alle uheld	672	<i>0,002424</i>	<i>0,2173</i>	<i>0,4365</i>	0,4696	0,47
Personskader	254	<i>0,009857</i>	0,0112	<i>0,3338</i>	2,8361	0,13

Tabel 54. Basismodeller for 487 vigepligtsregulerede F-kryds i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Af tabel 53 og 54 ses, at p₁-værdier falder, jo alvorligere uheldet er, mens p₂-værdier stiger jo alvorligere uheldet er. Det betyder, at jo større en andel af krydsets trafik, der kører på sekundærvejen, desto alvorligere er det gennemsnitlige uheld. Desuden ses, at p₁-værdier er lavere i F-kryds end i T-kryds, mens a-værdier er højere i F-kryds end i T-kryds. Det betyder, at de vigepligtsregulerede T-kryds er sikrere ved lave trafikmængder end F-kryds, mens sikkerheden ikke er så forskellig i T- og F-kryds ved høje trafikmængder på primærveje.

3.3.2 Faktormodeller

I afsnittet udvikles faktormodeller med sammenhænge mellem på den ene side uheldstæthed og på den anden side årsdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver de vigepligtsregulerede kryds. De faktormodeller, der udvikles, har følgende formeludtryk:

$$UHT = a \cdot N_{\text{pri}}^{p_1} \cdot N_{\text{sek}}^{p_2} \cdot e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

hvor a , p_1 og p_2 er estimerede konstanter, N_{pri} og N_{sek} er årsdøgntrafik på primær- og sekundærvej samt b_i er estimerede konstanter for faktorerne (variablene) x_i . Det ses, at en del af funktionsudtrykket svarer til de anbefalede basismodeller, og der blot er tilføjet leddet med b_i og x_i . Det er dog ikke altid, at N_{pri} og N_{sek} indgår i faktormodellen. Der udvikles modeller for T- og F-kryds. Der udvikles modeller for hver uhedsart og kombinationer heraf samt alle personskader, mens modeller for de enkelte skadesgrader ikke udvikles.

Variabel / faktor	3-benede kryds (T-kryds)							4-benede kryds (F-kryds)						
	Personskadeuheld	Materielskadeuheld	Ekstrauehld	Person- og materiel-skadeuheld	Materielskade- og ekstrauehld	Alle uehld	Personskader	Personskadeuheld	Materielskadeuheld	Ekstrauehld	Person- og materiel-skadeuheld	Materielskade- og ekstrauehld	Alle uehld	Personskader
Årsdøgntrafik, primærvej	2	2	1	2	2	2	2		2	2	3	2	2	
Årsdøgntrafik, sekundærvej	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Type af vigepligt				X	X	X		X	X		X	X	X	X
Belysning		X		X	X	X	X							
Rampekryds	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Del af toplanskryds		X	X	X	X	X		2	3	X	2	3	3	2
Ensrettet trafik på vejben	3	4		3	4	4		X	X	X	X	X	X	X
Primærheller	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sekundærheller	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Delehelle venstresvingsbane	X	X		X	X	X								
Delehelle højresvingsbane	X	X		X	X	X	X							
Kørespor ind i kryds	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Kørespor ud af kryds	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	
Svingspor	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Cykelfacilitet	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	
Hastighedsbegrænsning		X		X		X				X				
Politikreds	X	3	3	4	3	3	3		X		X	X	X	

Tabel 55. Undersøgte variable for faktormodeller for vigepligtsregulerede kryds. Tal angiver på hvilket trin i modeludviklingsprocessen, at faktoren har indtrådt i den endelige model. "X" angiver, at faktoren har været signifikant, men ikke indgår i den udarbejdede model.

Tabel 55 viser faktorer, der har indgået i modeludviklingsprocessen. Fem af de 17 faktorer indgår i de udarbejdede faktormodeller for vigepligtsregulerede kryds. De fem signifikante faktorer er årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje, forekomst af ensrettede vejben, om kryds er del af toplanskryds samt politikreds. Alle andre faktorer har været signifikante gennem modeludviklingsprocessen, men indgår

ikke i faktormodellerne. Nedenfor er vist faktormodeller for alle uheld for vigepligtsregulerede hhv. T- og F-kryds:

$$\text{T-kryds: UHT} = 0,00003977 \cdot N_{\text{pri}}^{0,6595} \cdot N_{\text{sek}}^{0,4206} \cdot e^{\text{POLITI} + \text{ENSRET}}$$

$$\text{F-kryds: UHT} = 0,001348 \cdot N_{\text{pri}}^{0,2393} \cdot N_{\text{sek}}^{0,5167} \cdot e^{\text{TOPLAN}},$$

hvor N_{pri} og N_{sek} er årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje. POLITI er i de følgende kredse; Nordjyllands -0,0400, Østjyllands 0,0000, Midt- og Vestjyllands -0,2232, Sydøstjyllands -0,0944, Syd- og Sønderjyllands 0,2825, Fyns 0,0696, Sydsjællands og Lolland-Falsters 0,1997, Midt- og Vestsjællands 0,3103, Nordsjællands 0,4834, Københavns Vestegn -0,8072, og Bornholms 0,0014. ENSRET er -0,7311, hvis et eller flere vejben har ensrettet trafik, ellers 0, mens TOPLAN er -0,4689, hvis krydset er del af toplanskryds, ellers 0. Faktormodeller for alle uheld for T- og F-kryds har spredningsparametre på hhv. 0,5420 og 0,4135, og Elvik's indeks er hhv. 0,71 og 0,53 (forklaringskraft på 71 % og 53 %).

Sammenholdes faktormodeller for alle uheld med basismodeller for alle uheld i tabel 53 og 54 ses, at p-værdier er næsten ens. Tilføjelsen af faktorerne POLITI, ENSRET og TOPLAN påvirker ikke p-værdier nævneværdigt. Faktormodellen for T-kryds viser, at uheldsfrekvensen er forskellig i de enkelte politikredse, og at kryds med vejben med ensrettet trafik har lavere uheldstæthed (ca. 50 % lavere) end kryds, hvor samtlige vejben har dobbeltrettet trafik. Faktormodellen for F-kryds viser, at kryds, der er del af toplanskryds, har lavere uheldstæthed (ca. 35 % lavere) end kryds, der ikke er del af toplanskryds.

Med baggrund i modeludviklingsprocessen, de endelige faktormodeller mv. kan følgende siges om faktorerne i tabel 55:

Årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje: Trafik på både primær- og sekundærveje korrelerer oftest signifikant med uheldstætheden. Dog er der ikke signifikant korrelation mellem trafik på primærveje i F-kryds og tæthed af personskadeuheld og personskader. De estimerede p-værdier i faktormodeller er nær lig p-værdier de viste basismodeller i tabel 53 og 54. Trafikmængden på sekundærveje er næsten altid af større betydning for uheldstætheden i krydsene end trafik på primærveje.

Type af vigepligt: Uheldsfrekvensen er voldsomt meget højere i kryds med højrevigepligt og ca. 35-45 % højere i kryds med stoppligt end i kryds med ubetinget vigepligt, men forskellene er ikke signifikante.

Belysning: Uheldsfrekvensen er ca. 10 % lavere i T-kryds med belysning i forhold til andre T-kryds i det åbne land, mens uheldsfrekvensen er omtrent 15 % lavere i F-kryds med belysning i forhold til andre F-kryds. De forskelle er ikke statistisk signifikante, men forskellene synes at gælde for alle uheldsarter og personskader.

Rampekryds, del af toplanskryds, ensrettet vejben: Rampekryds og toplanskryds har oftest vejben med ensrettet trafik. De udarbejdede faktormodeller viser, at vejben med ensrettet trafik har stor betydning for uheldstætheden i T-kryds, mens det i F-kryds er af stor betydning, om krydset er del af toplanskryds. Der er dog ikke stor forskel i forklaringskraft, om faktoren ENSRET eller TOPLAN vælges til at indgå i modeller for T- og F-kryds, da de to faktorer korrelerer kraftigt.

Primær- og sekundærheller: Uheldsfrekvensen er ret ens i både T- og F-kryds, om der er kantstensbegrænsede heller eller ingen heller. Kryds med påmalede heller har lavere uheldsfrekvens, på nær påmalede heller på primærveje i F-kryds, hvor der ikke er forskel i uheldsfrekvens på ingen heller, påmalede heller og kantstensbegrænsede heller. Kun få kryds har påmalede sekundærheller. Forekomsten af heller korrelerer kraftigt med trafikmængder.

Deleheller: T- og F-kryds med påmalede heller (slips) ved venstresvingsbaner har en markant højere uheldsfrekvens end kryds med kantstensbegrænsede heller eller uden heller ved venstresvingsbaner, dog er forskellene ikke statistisk signifikante. Der er ikke nævneværdig forskel i uheldsfrekvens på kryds med kantstensbegrænsede heller og kryds uden heller ved venstresvingsbaner. Der er ikke nævneværdig forskel i uheldsfrekvens på kryds hhv. med kantstensbegrænsede heller, påmalede heller og kryds uden heller ved højresvingsbaner.

Køre- og svingspor: Der er ikke nævneværdig forskel i uheldsfrekvens på kryds hhv. med og uden svingspor, og på kryds med hhv. ét eller to kørespor for ligeud kørende pr. tilfart på primærveje.

Cykelfacilitet: Faktoren cykelfacilitet indgår ikke i faktormodellerne. Der er ikke nævneværdige forskelle i uheldsfrekvens på kryds hhv. uden cykelfaciliteter, med kant- og cykelbaner og med hhv. dobbelt- og enkeltrettede cykelstier.

Hastighedsbegrænsning: Der er nogen korrelation mellem hastighedsbegrænsning og faktorerne ENSRET og TOPLAN. Hastighedsbegrænsning er på grænsen af at være statistisk signifikant, men faktormodellernes forklaringskraft ændrer sig næsten ikke ved indsættelse af denne faktor. Uheldsfrekvensen stiger med ca. 1 % i både T- og F-kryds, når den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning på vejbenene stiger med 1 km/t. Effekter af hastighedsbegrænsning er også her tvivlsomme, da hastighedsbegrænsning korrelerer med en række andre forhold.

Politikreds: Uheldsfrekvensen er signifikant forskellig i de vigepligtsregulerede T-kryds i politikredsene, mens forskellene ikke er signifikante for F-kryds.

3.3.3 Grundmodeller

For vigepligtsregulerede kryds er der i det følgende udarbejdet grundmodeller. Disse modeller er baseret på kryds, der har følgende udformning og regulering:

- Ubetinget vigepligt
- Ingen vej- og krydsbelysning
- Er ikke rampekryds
- Er ikke del af toplanskryds
- Har ikke vejben med ensrettet trafik
- Har ikke primærheller
- Ingen deleheller ved venstre- og højresvingsbaner
- Har 1 tilfartskørespør pr. tilfart og 1 frafartskørespør pr. frafart
- Har ikke svingspor

Der findes 1.487 T-kryds og 220 F-kryds med denne udformning og regulering. I T-krydsene er der registreret 615 uheld og 189 personskader i årene 2011-2016, mens der i samme periode er registret 182 uheld og 70 personskader i F-krydsene. Den totale indkørende årsgennemsnitstrafik varierer mellem 15 og 21.390 i T-krydsene samt mellem 201 og 14.309 i F-krydsene.

Foruden årsgennemsnitstrafik på primær- og sekundærveje varierer nogle faktorer fortsat. Det gælder sekundærheller, cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning og politikreds. Disse faktorer varierer fortsat for at opnå, at grundmodellerne er baseret på flere kryds og uheld. Det har været forsøgt at lade belysning variere, men belysning er meget kraftigt korreleret med hastighedsbegrænsning, så kryds med belysning er udeladt.

Udgangspunktet for grundmodellerne er at lade de fire faktorer – sekundærheller, cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning og politikreds – indgå i modellerne for derefter at sætte faktorenes værdi til hhv. ingen sekundærheller, ingen cykelfacilitet, 80 km/t hastighedsbegrænsning og ”hele Danmark”. Det gøres for at opnå de mest pålidelige p-værdier. Modeller er kalibreret til at gælde Danmark ved at fastholde p-værdier og ændre a-værdier, så modellerne hverken over- eller underestimerer.

Om de varierende faktorer kan nævnes: 1.320 T-kryds og 160 F-kryds har ingen sekundærheller, mens de resterende 167 T-kryds og 60 F-kryds alle har kantstensbegrænsede sekundærheller. 926 T-kryds og 143 F-kryds har ingen cykelfacilitet, mens 561 T-kryds og 77 F-kryds har diverse cykelfaciliteter. 1.243 T-kryds og 177 F-kryds har 80 km/t hastighedsbegrænsning på vejbenene, mens de resterende kryds har en anden hastighedsbegrænsning end 80 km/t på et eller flere vejben.

I tabel 56 på næste side er vist grundmodeller for vigepligtsregulerede T-kryds. Modellen for dræbte konvergerer ikke og er derfor vist. I alle andre modeller er samtlige estimerede konstanter statistisk signifikante. Det anbefales at benytte modeller med grå baggrund til estimering af uheld og personskader. For disse modeller er 79-88 % og 55 % af den systematiske variation i hhv. uhelds- og skadesforekomsten forklaret. Konfidensintervaller på a- og p-værdier er små. I bilag 1 er vist yderligere oplysninger om grundmodellerne i tabel 56. Modellen for dræbte

og alvorlige skader benyttes sammen med fordelingen af dræbte (10) og alvorlige skader (83) til at estimere et konkret antal hhv. dræbte og alvorlige skader.

Type af uheld eller personskaade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter			Spredningsparameter k	Elvik's indeks R_k^2
		a	p ₁	p ₂		
Personskadeuheld	140	0,000007284	0,6952	0,4186	0,2469	0,86
Materielskadeuheld	321	0,00001154	0,7246	0,4661	0,4233	0,79
Ekstrauheld	154	0,000002074	0,9263	0,3320	0,2170	0,88
Person- og materielskadeuheld	461	0,00001788	0,7240	0,4453	0,5290	0,72
Materielskade- og ekstrauheld	475	0,00001246	0,7948	0,4143	0,4278	0,76
Alle uheld	615	0,00001768	0,7826	0,4105	0,4923	0,72
Dræbte	10	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	83	0,000004785	0,6683	0,4692	3,4901	0,56
Lette skader	96	0,00001088	0,6155	0,3850	6,1446	0,55
Dræbte og alvorlige skader	93	0,000005192	0,6578	0,4892	3,1185	0,55
Alle personskader	189	0,00001512	0,6298	0,4508	4,084	0,49

Tabel 56. Grundmodeller for vigepligtsregulerede T-kryds, som ikke er toplans- eller rampekryds, med ubetinget vigepligt, har ét til- og ét frafartskørespør pr. vejben (dobbeltrættet trafik på vejben), ingen svingspor, ingen primær- og sekundærheller, ingen deleheller, ingen cykelfaciliteter, ingen fodgængerfelter, ingen vej- eller krydsbelysning samt 80 km/t hastighedsbegrænsning. Baseret på 1.487 T-kryds. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Type af uheld eller personskaade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter			Spredningsparameter k	Elvik's indeks R_k^2
		a	p ₁	p ₂		
Personskadeuheld	55	0,004064	0,1304	0,2722	0,2382	0,56
Materielskadeuheld	100	0,0003989	0,3047	0,4606	0,2195	0,82
Ekstrauheld	27	-	-	-	-	-
Person- og materielskadeuheld	155	0,001908	0,2412	0,3859	0,2534	0,63
Materielskade- og ekstrauheld	127	0,0002845	0,3839	0,4592	0,1203	0,85
Alle uheld	182	0,001395	0,2957	0,3929	0,2001	0,68
Dræbte	2	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	32	0,0005172	0,3497	0,2557	0,4609	0,74
Lette skader	36	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	34	0,0002040	0,4733	0,2634	0,3432	0,76
Alle personskader	70	0,002059	0,1478	0,4456	1,6855	0,31

Tabel 57. Grundmodeller for vigepligtsregulerede F-kryds, som ikke er toplans- eller rampekryds, med ubetinget vigepligt, har ét til- og ét frafartskørespør pr. vejben (dobbeltrættet trafik på vejben), ingen svingspor, ingen primær- og sekundærheller, ingen deleheller, ingen cykelfaciliteter, ingen fodgængerfelter, ingen vej- eller krydsbelysning samt 80 km/t hastighedsbegrænsning. Baseret på 220 F-kryds. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

I tabel 57 er vist grundmodeller for vigepligtsregulerede F-kryds. Modeller for dræbte, lette skader og ekstrauehd konvergerer ikke og er derfor ikke vist. Kun i modellen for alle uheld er samtlige estimerede konstanter statistisk signifikante. Det anbefales at benytte denne model, der er vist med grå baggrund, til at estimere antallet af uheld og personskader i vigepligtsregulerede F-kryds. Modellen forklarer 68 % af den systematiske variation i uheldsforekomsten. I bilag 1 er vist yderligere oplysninger om grundmodellerne i tabel 57. Modellen for alle uheld kan benyttes sammen antallet af uheld og personskader fordelt på uheldsart og skadesgrad til at estimere et konkret dræbte, alvorlige skader, lette skader, personskadeuehd, materielskadeuehd og ekstrauehd.

Grundmodellerne i tabel 56 og 57 foreslås anvendt ved beregning af forventede uheld og personskader i vigepligtsregulerede hhv. T- og F-kryds i det åbne land i forbindelse med nyanlæg og ombygning af eksisterende kryds. Det anbefales at benytte modeller markeret i gråt.

I bilag 1 er foruden a- og p-værdier beskrevet relationer mellem de fire faktorer sekundærheller, cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning og politikreds samt uheldstætheden. De fire faktorer indgår i grundmodeller, men er sat til bestemte værdier i de beskrevne grundmodeller i tabel 56 og 57. Ud fra bilag 1 er der i tabel 58 angivet, hvordan faktorerne sekundærheller, cykelfacilitet og hastighedsbegrænsning er estimeret til at virke på alle uheld i hhv. T- og F-kryds.

Faktor	Ændring	T-kryds	F-kryds
Sekundærheller	Fra ingen til kantstensbegrænsede heller	+18 %	+14 %
Cykelfacilitet	Fra ingen til kant- eller cykelbaner	+12 %	+22 %
	Fra ingen til enkeltrettede cykelstier	-22 %	-8 %
	Fra ingen til dobbeltrettede cykelstier	+23 %	+36 %
Hastighedsbegrænsning	Fra 80 km/t til 70 km/t	-16 %	+12 %
	Fra 80 km/t til 60 km/t	-30 %	+25 %

Tabel 58. Estimerede effekter på alle uheld af ændringer i 3 faktorer i vigepligtsregulerede T- og F-kryds baseret på de udarbejdede grundmodeller. Kursiverede effekter er signifikante (95%-niveau).

Tabel 58 skal forstås således, at etablering af sekundærheller ser ud til at øge antallet af uheld med 18 % i T-kryds og 14 % i F-kryds. De effekter gælder i kryds, hvor der ikke er primærkanalisering. Effekterne er ikke signifikante men rimeligt stabile. Dog indikerer modellerne personskadeuehd og personskader for F-kryds, at sekundærheller forbedrer sikkerheden.

Tabel 58 indikerer, at uheldsfrekvensen er 12-22 % i kryds med kant- eller cykelbaner i forhold til kryds uden cykelfaciliteter, mens uheldsfrekvensen tilsvarende er 8-22 % lavere i kryds med enkeltrettede cykelstier og 23-36 % højere i kryds med dobbeltrettede cykelstier. Disse tal skal ses i lyset af, at ca. 16 % af personskaderne i de vigepligtsregulerede kryds i det åbne land er blandt fodgængere,

cyklister og knallertkørere. Effekterne er ikke signifikante. Effekterne er stabile for dobbeltrettede stier men ustabile for cykelbaner og enkeltrettede stier.

Effekter af hastighedsbegrænsning ser ud til at være vidt forskellig i T- og F-kryds i henhold til tabel 58. Det forekommer ikke at være logisk. Effekten i T-kryds er signifikant og logisk, da effekten bliver stadig større, jo alvorligere et uheld eller en personskade der betragtes. Effekterne af hastighedsbegrænsning i T-kryds er meget stabile. Effekter af hastighedsbegrænsning i F-kryds er ikke signifikante og ustabile. Effekterne af hastighedsbegrænsning er her tvivlsomme, da hastighedsbegrænsning korreler med en række andre forhold.

Det er forsøgt at opstille grundmodeller for kryds, hvor primærveje er kanaliseret, men her er der for få kryds og uheld til at opnå pålidelige modeller (meget store konfidensintervaller på p-værdier). Den mest almindelige krydsudformning med primærkanalisering har venstresvingsbaner på primærvej, primær- og sekundærheller, men ingen højresvingsbaner. Når disse kryds i øvrigt har samme udformning og regulering som kryds i grundmodeller, så er der kun 133 T-kryds med 136 uheld og 27 F-kryds med 57 uheld. Modeller for alle uheld for kryds med primærkanalisering er:

$$\text{T-kryds: UHT} = 0,000003456 \cdot N_{\text{pri}}^{0,7547} \cdot N_{\text{sek}}^{0,6441}$$

$$\text{F-kryds: UHT} = 0,008137 \cdot N_{\text{pri}}^{0,1641} \cdot N_{\text{sek}}^{0,3540}$$

Sammenholdes disse modeller med grundmodeller ses, at p_2 -værdien for T-kryds er noget større i modellen ovenfor end i tabel 56, mens at p_1 -værdien for F-kryds er noget lavere i modellen ovenfor end i tabel 57. Modellerne ovenfor er dog ikke signifikant forskellige fra grundmodeller i tabel 56 og 57, da konfidensintervaller på p-værdier er store. Det antages, at grundmodellernes p-værdier ikke ændrer sig i forbindelse med kanalisering.

3.4 Sammenligning af grundmodeller for tre krydstyper

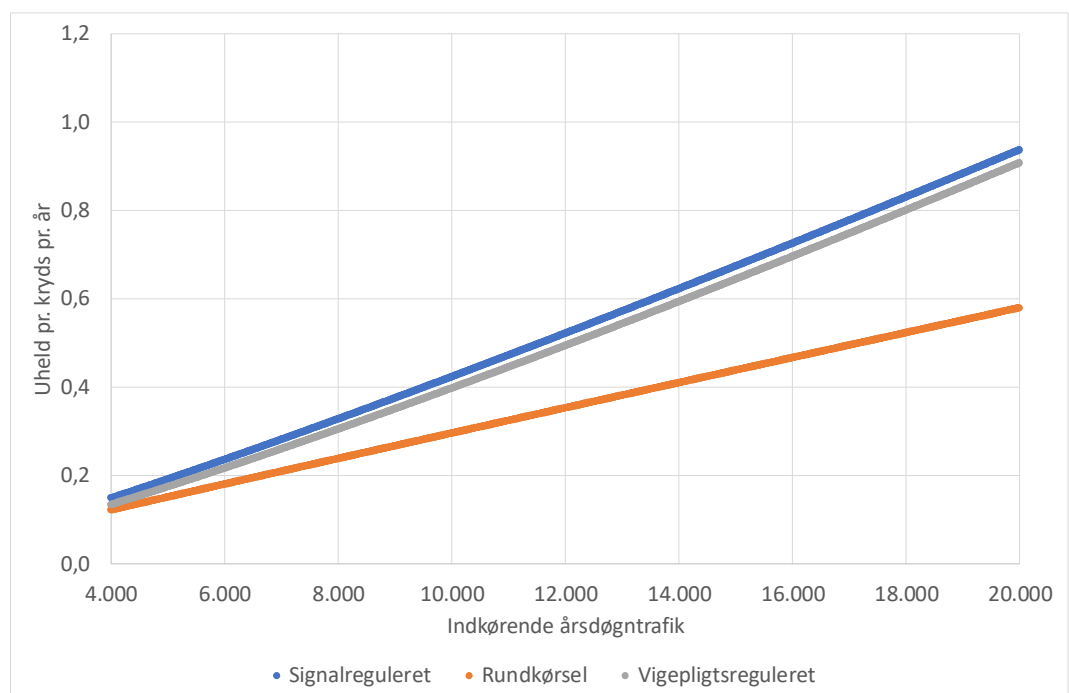
Grundmodeller for signal- og vigepligtsregulerede kryds samt rundkørsler i afsnit 3.1.3, 3.2.3 og 3.3.3 gælder for almindelige varianter af disse krydstyper. I dette afsnit sammenlignes disse grundmodeller for kryds med hhv. tre og fire vejben / vejgrene. Der gøres brug af grundmodeller for alle uheld vist i tabel 25, 26, 41, 56 og 57. For rundkørsler gøres samtidig brug af sikkerhedsfaktoren for antal tilfartskørespør i afsnit 4.2.1.

I tabel 59 på næste side er vist, hvor meget trafik der i gennemsnit er i de kryds i det åbne land, der har indgået i modelleringsarbejdet, samt hvordan denne trafik fordeler sig på primær- og sekundærveje. Af tabellen ses, at der er mest trafik i signalregulerede kryds og mindst trafik i vigepligtsregulerede kryds. Sekundærtrafikken udgør en forskellig andel af den samlede trafik ved de tre krydstyper.

Krydstype	Primær ÅDT	Sekundær ÅDT	Andel på sekundær
Signalreguleret 3 vejben	12.448	2.428	16 %
Rundkørsel 3 vejgrene	6.706	1.454	18 %
Vigepligtsreguleret 3 vejben	4.216	379	8 %
Signalreguleret 4 vejben	12.046	4.092	25 %
Rundkørsel 4 vejgrene	6.528	2.383	27 %
Vigepligtsreguleret 4 vejben	4.503	750	14 %

Tabel 59. Gennemsnitlig årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje i signal- og vigepligtsregulerede kryds samt rundkørsler, og sekundærvejenes andel af den indkørende trafik. Baseret på alle kryds, der har indgået i modelleringsarbejdet.

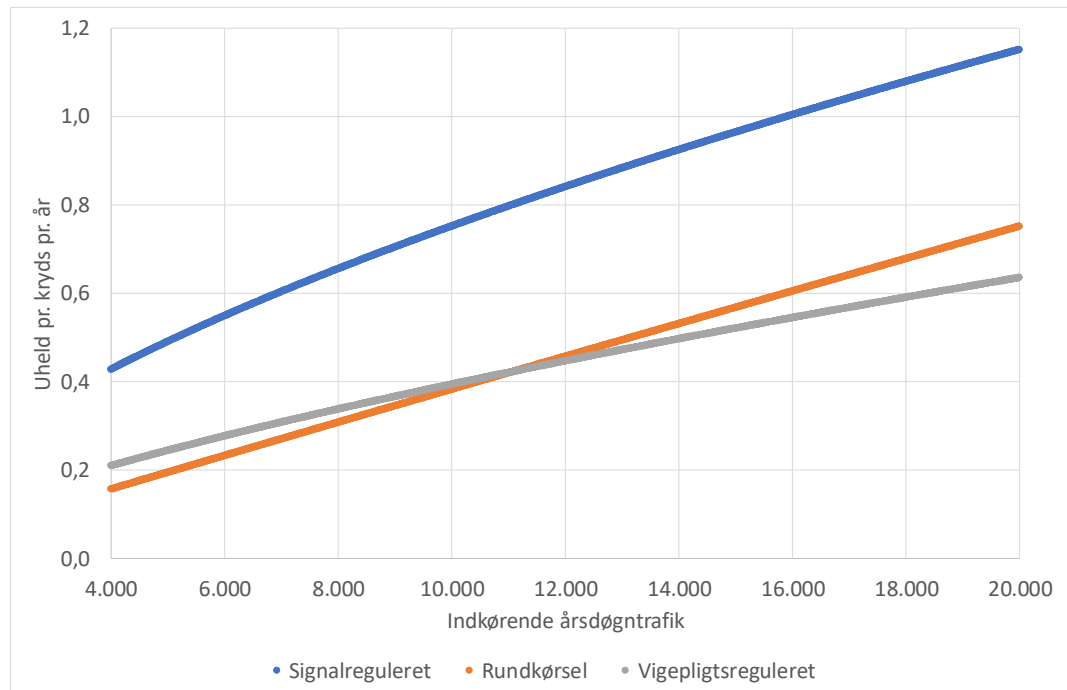
Sammenligninger af grundmodeller foregår på to måder. Først sammenlignes uheldstæthed ved varierende total indkørende årsdøgntrafik. Her er sekundærvejes andel af den totale indkørende årsdøgntrafik 12 % i kryds med 3 vejben / vejgrene, mens andelen er 20 % i kryds med 4 vejben / vejgrene. Derefter sammenlignes uheldstæthed, hvor den totale indkørende årsdøgntrafik er 8.000, men hvor sekundærvejes andel af indkørende trafik varieres.



Figur 11. Uheldstæthed (alle uheld) i signal- og vigepligtsregulerede kryds samt rundkørsler med 3 vejben / vejgrene baseret på grundmodeller og 12 % af den indkørende trafik på sekundærveje.

Af figur 11 ses, at uheldstætheden i vigepligtsregulerede T-kryds er lidt lavere end i signalregulerede T-kryds i hele det viste spektrum af indkørende årsdøgntrafik fra 4.000-20.000. Ved høje trafikmængder vil der opstå trafiksammenbrud i de vigepligtsregulerede kryds, da der her ikke er svingspor. Uheldstætheden er lavest i rundkørsler i hele det viste interval af indkørende trafik.

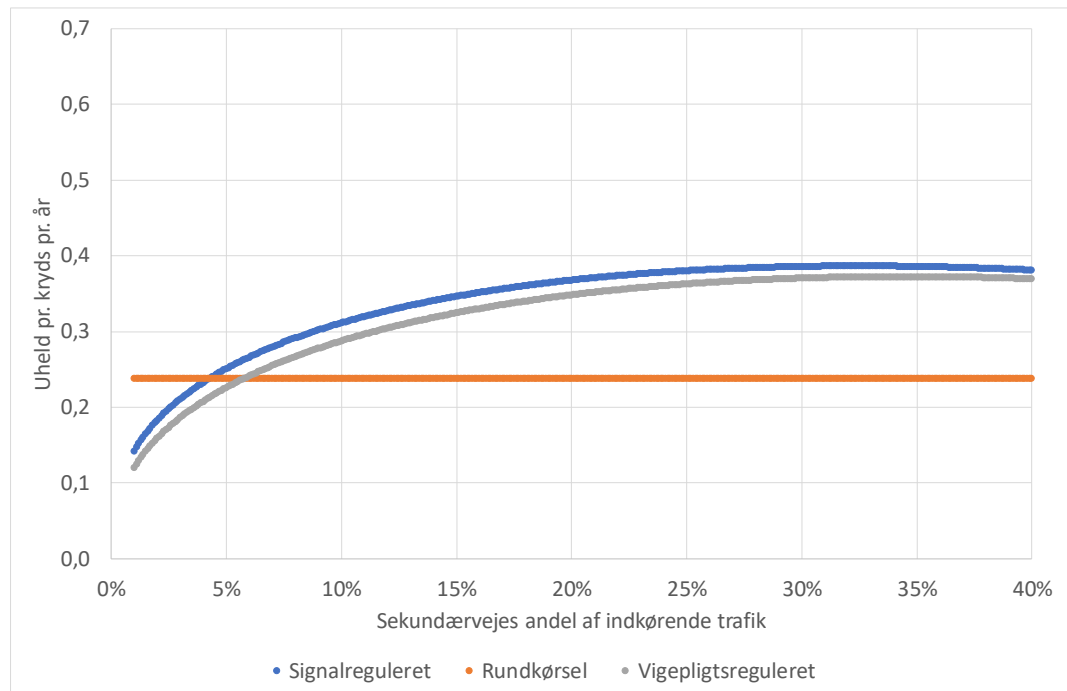
Det er vigtigt at bemærke, at uheld er mere alvorlige i vigepligtsregulerede kryds. I kryds og rundkørsler med 3 vejben / vejgrene er der 0,31 personskade pr. uheld (alle uheld) i vigepligtsregulerede kryds, mens der kun er 0,12 og 0,16 i hhv. signalregulerede kryds og rundkørsler. Opgjort på en anden måde er kun 11 % af uheldene personskadeuheld i signalregulerede kryds, mens denne andel er 14 % i rundkørsler og 23 % i vigepligtsregulerede kryds. Uheldsomkostningerne er derfor lavest i rundkørsler og højest i vigepligtsregulerede kryds.



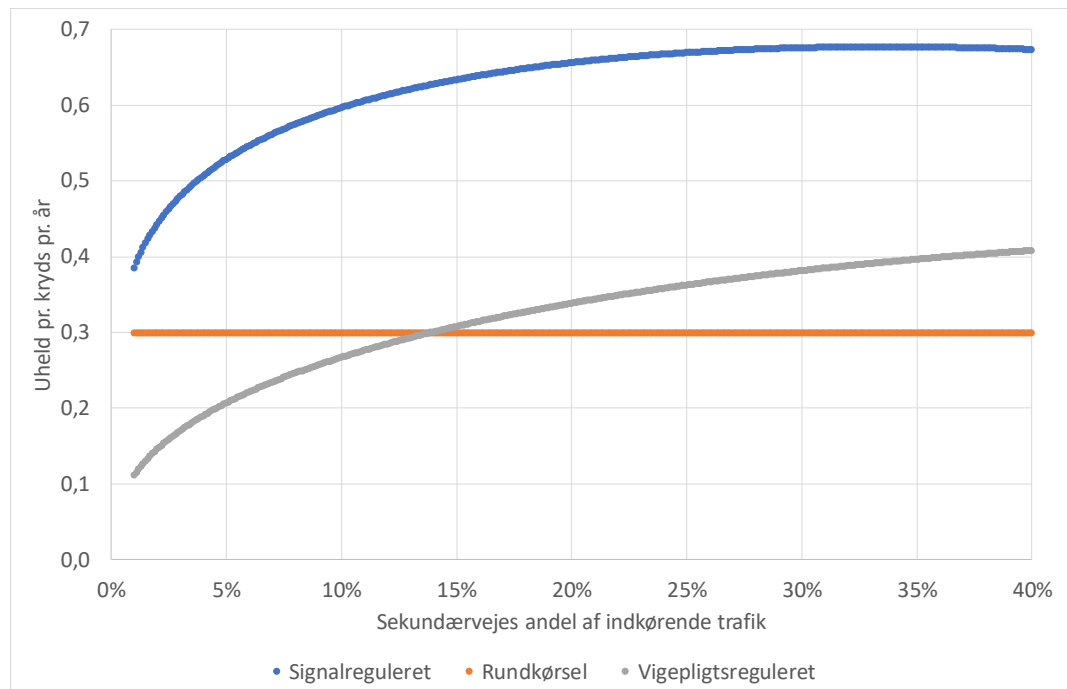
Figur 12. Uheldstæthed (alle uheld) i signal- og vigepligtsregulerede kryds samt rundkørsler med 4 vejben / vejgrene baseret på grundmodeller og 20 % af den indkørende trafik på sekundærveje.

Af figur 12 ses, at uheldstætheden i vigepligtsregulerede F-kryds og rundkørsler med 4 vejgrene er noget lavere end i signalregulerede F-kryds i hele det viste spektrum af indkørende årssøgntrafik. Ved høje trafikmængder vil der igen opstå trafiksammenbrud i de vigepligtsregulerede kryds, da der ikke er svingspor. Uheldstætheden er lavest i rundkørsler ind til en årssøgntrafik på ca. 11.000.

Igen er uheld er mere alvorlige i vigepligtsregulerede kryds. I kryds og rundkørsler med 4 vejben / vejgrene er der 0,38 personskade pr. uheld (alle uheld) i vigepligtsregulerede kryds, mens der kun er 0,18 og 0,16 i hhv. signalregulerede kryds og rundkørsler. Opgjort på en anden måde er kun 14 % af uheldene personskadeuheld rundkørsler, mens denne andel er 15 % i signalregulerede kryds og 30 % i vigepligtsregulerede kryds. Uheldsomkostningerne er lavest i rundkørsler, mens de er på nogenlunde samme niveau i signal- og vigepligtsregulerede kryds.



Figur 13. Uheldstæthed (alle uheld) i signal- og vigepligtsregulerede kryds samt rundkørsler med 3 vejben / vejgrene baseret på grundmodeller og en indkørende årsdøgntrafik på 8.000.

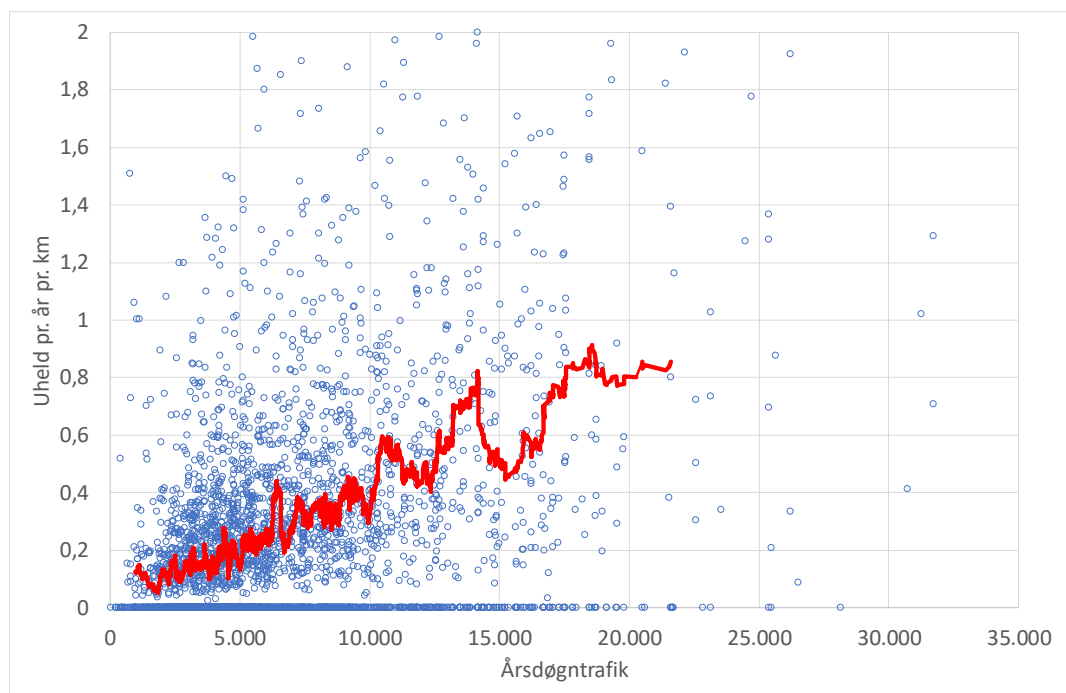


Figur 14. Uheldstæthed (alle uheld) i signal- og vigepligtsregulerede kryds samt rundkørsler med 4 vejben / vejgrene baseret på grundmodeller og en indkørende årsdøgntrafik på 8.000.

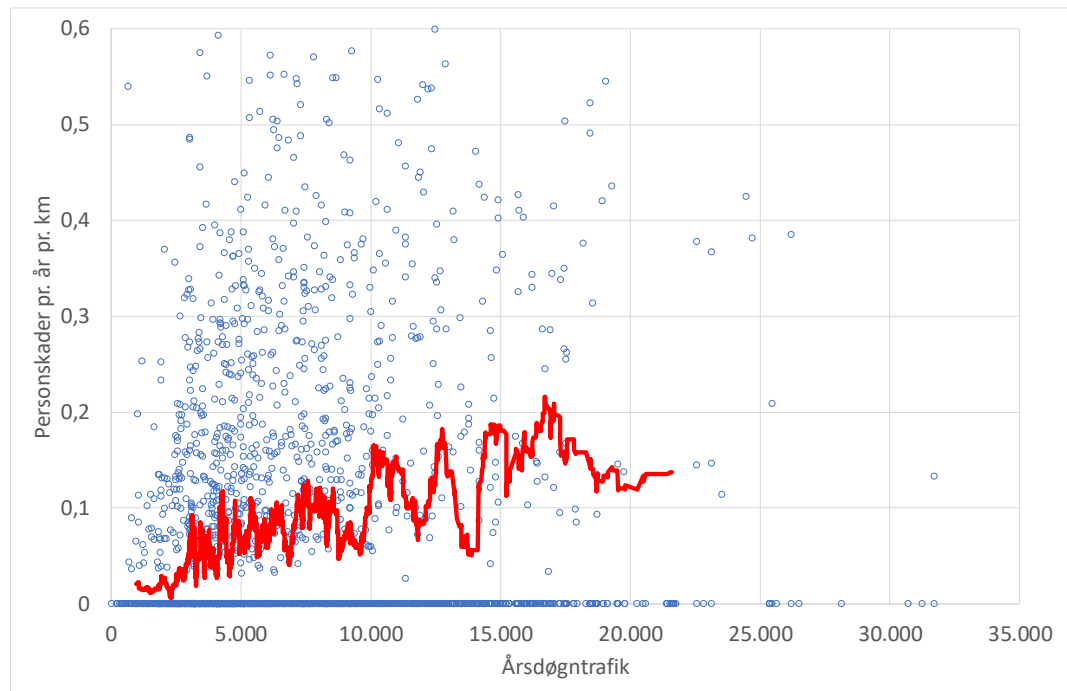
Uheldstætheden i rundkørsler er uafhængig af fordelingen af trafik på primær- og sekundærveje, se figur 13 og 14. I signal- og vigepligtsregulerede kryds stiger uheldstætheden med en stigende andel af trafikken på sekundærveje indtil andelen er på ca. 25 %. Rundkørsler har den laveste uheldstæthed af de tre krydstyper, når trafik på sekundærveje udgør ca. 5-15 % eller mere.

3.5 Strækninger

I alt indgår 3.521 strækninger i det åbne land med en samlet længde på 3.842 km. På disse strækninger har politiet registreret 6.008 uheld og 2.076 personskader i årene 2011-2016. I figur 15 og 16 er uhelds- og personskadetætheden afbilledet i forhold til trafikmængden. Der synes at være en tæt, retlinjet relation mellem antallet af uheld og trafikmængden, hvor en fordobling af årsdøgntrafikken ser ud til at medføre ca. en fordobling af uheldstallet. Relationen mellem antallet af personskader og trafikmængden er lidt anderledes, hvor en fordobling i trafikmængden ser ud til kun at give ca. 1,5 gange flere personskader.



Figur 15. Uheldstæthed og trafikmængde for 3.521 strækninger i det åbne land. Den røde linje er et bevægeligt gennemsnit for 75 observationer.



Figur 16. Personskadetæthed og trafikmængde for 3.521 strækninger i det åbne land. Den røde linje er et bevægeligt gennemsnit for 75 observationer.

	Motortrafikvej		Hovedtype				
	Ja	Nej	2-3 sp/u	4-5 sp/u	2-3 sp/m	4-6 sp/m	Ukendt
Antal strækninger	174	3.347	2.654	18	284	141	424
Samlet længde (km)	279	3.564	3.176	7	203	68	388
Årsdøgntrafik, gns.	8.920	6.742	6.154	9.602	9.615	14.512	6.685
Uheld	407	5.601	4.847	35	424	196	506
Personskader	144	1.932	1.725	5	105	51	190
Uheldsfrekvens	0,075	0,106	0,113	0,232	0,099	0,090	0,089
Skadesfrekvens	0,026	0,037	0,040	0,033	0,025	0,023	0,033

Tabel 60. Strækninger opdelt efter 1) om den er motortrafikvej og 2) hovedtype opdelt efter antal gennemgående kørespor og om der forefindes midterrabat. Note: "2-3 sp/u" er 2-3 gennemgående kørespor uden midterrabat og "4-6 sp/m" er 4-6 gennemgående kørespor med midterrabat. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

174 af de 3.521 strækninger er motortrafikveje, se tabel 60. Her ses, at uhelds- og skadefrekvenser er lavere på motortrafikvej end på andre veje i det åbne land, som ikke er motorveje.

Strækningerne er opdelt i fire hovedtyper. Strækninger med 2-3 eller 4-6 gennemgående kørespor samt strækninger med eller uden midterrabat. Strækninger med midterrabat består af strækninger med midterrabat fra den ene ende til den anden samt strækninger, hvor helleanlæg o. lign. adskiller de to køreretninger på mere end halvdelen af strækningen. En del strækninger har ukendt tværprofil. Af tabel

60 ses, at strækninger med midterrabat har lavere uhelds- og skadesfrekvens end strækninger uden midterrabat. Antallet af gennemgående kørespor synes ikke at have større betydning for uhelds- og skadesfrekvenser. Det skal understreges, at der kun indgår strækninger med dobbeltrettet trafik. Strækninger uden midtlinje og uden midterrabat henregnes som havende to kørespor.

	Midterrabat			Antal gennemgående kørespor				
	Ja	Delvist	Nej	2	3	4	5	6
Antal strækninger	238	193	2.727	2.817	121	139	19	1
Samlet længde (km)	116	161	3.232	3.316	63	72	4	0
Årsdøgntrafik, gns.	12.834	9.163	6.244	6.328	10.229	13.674	15.784	18.470
Uheld	289	340	4.987	5.120	151	216	15	0
Personskader	68	90	1.775	1.798	32	55	1	0
Uheldsfrekvens	0,089	0,105	0,113	0,111	0,107	0,100	0,122	0,000
Skadesfrekvens	0,021	0,028	0,040	0,039	0,023	0,026	0,008	0,000

Tabel 61. Strækninger opdelt efter 1) om den er midterrabat (delvist = 50-99 % af strækning har midteradskillelse) og 2) antal gennemgående kørespor. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

I tabel 61 er strækninger opdelt efter forekomst af midterrabat og antal gennemgående kørespor. Her fås et mere detaljeret indblik end i tabel 60. Af tabel 61 ses ret tydeligt, at en midterrabat påvirker uhelds- og skadesfrekvenser. Desto mere de to køreretninger er adskilt, jo sikrere er vejen. Tabel 61 viser, at der er stadig mere trafik, jo flere gennemgående kørespor vejen har. Antallet af gennemgående kørespor synes fortsat ikke at have stor betydning for uhelds- og skadesfrekvenser, dog er skadesfrekvenser markant højere på veje med 2 kørespor set i forhold til veje med 3-6 kørespor.

	Belagt bredde (alle kørebaner, meter)					
	4,37-6,49	6,50-7,49	7,50-8,49	8,50-9,49	9,50-12,49	12,50-25,22
Antal strækninger	104	758	999	448	532	317
Samlet længde (km)	164	1.017	1.344	437	354	193
Årsdøgntrafik, gns.	3.391	4.541	6.071	7.872	8.771	11.986
Uheld	194	1.364	1.978	798	818	464
Personskader	63	452	784	276	242	116
Uheldsfrekvens	0,160	0,135	0,111	0,106	0,120	0,092
Skadesfrekvens	0,052	0,045	0,044	0,037	0,036	0,023

Tabel 62. Strækninger opdelt efter samlede belagte bredde af kørebaner. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Tabel 62 tyder på, at uhelds- og skadesfrekvenser falder, jo bredere vejen er, altså jo bredere den belagte bredde er. I den belagte bredde indgår kørespor, indre og ydre kantbaner, cykelbaner og nødspor. Kantstensbegrænsede midterrabatter og heller samt cykelstier og fortove indgår ikke.

	Bredde af kørespor (meter)						
	1,88-2,74	2,75-2,99	3,00-3,24	3,25-3,49	3,50-3,74	3,75-3,99	4,00-6,74
Antal strækninger	16	123	901	651	789	279	338
Samlet længde (km)	20	186	1.215	778	870	196	190
Årsdøgntrafik, gns.	6.598	3.298	4.350	6.610	8.412	9.977	9.255
Uheld	12	239	1.586	1.276	1.472	438	479
Personskader	2	85	576	495	493	108	127
Uheldsfrekvens	0,042	0,178	0,137	0,113	0,092	0,103	0,125
Skadesfrekvens	0,007	0,063	0,050	0,044	0,031	0,025	0,033

Tabel 63. Strækninger opdelt efter gennemsnitlig bredde af kørespor. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Tabel 63 tyder på, at uhelds- og skadefrekvenser er lavest, når bredden af kørespor er 3,50-3,99 meter. Uhelds- og skadefrekvenser er omtrent dobbelt så høje på veje med smalle kørespor på 2,75-2,99 meter end på veje, hvor kørespor er 3,50-3,99 meter. Der er oftest ikke afmærket midtlinje, når kørespor er under 2,75 meter brede. Opgøres kun strækninger med to gennemgående kørespor uden midterrabat fås nogenlunde de samme sammenhænge mellem køresporsbredde og sikkerhed som i tabel 63.

	Bredde af kantbane, cykelbane, nødspor (meter)				
	0,00-0,29	0,30-0,59	0,60-0,89	0,90-1,99	2,00-3,50
Antal strækninger	498	1.698	315	570	77
Samlet længde (km)	509	1.907	395	629	70
Årsdøgntrafik, gns.	7.392	7.233	6.102	5.879	7.995
Uheld	919	3.020	625	970	82
Personskader	329	977	225	370	32
Uheldsfrekvens	0,112	0,100	0,118	0,120	0,067
Skadesfrekvens	0,040	0,032	0,043	0,046	0,026

Tabel 64. Strækninger opdelt efter gennemsnitlig bredde af kantbane, cykelbane og/eller nødspor i hver side af vejen. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Mange veje i det åbne land har en 0,50 meter bred kantbane inklusiv en 10 cm bred kantlinje i begge sider vejen. Dette almindelige design synes at være sikrere end smallere eller bredere kantbaner, undtagen ved meget brede kantbaner eller egentlige nødspor (2 meter eller bredere), se tabel 64. Kun meget få kantbaner er afmærket med cykelsymboler og er derved cykelbaner.

I tabel 65 på næste side er strækninger opdelt efter bredden af yderrabatter. Det ses, at uheldsfrekvensen falder lidt, jo bredere yderrabatten er, mens skadesfrekvens forekommer at være upåvirket af bredden af yderrabatter. Det skal nævnes, at yderrabatten er placeret på ydersiden af en cykelsti, hvis en sådan forefindes.

	Bredde af yderrabat (meter)			
	0,00-0,99	1,00-1,99	2,00-2,99	3,00-11,50
Antal strækninger	468	1.416	977	297
Samlet længde (km)	371	1.626	1.160	351
Årsdøgntrafik, gns.	9.147	6.704	5.947	7.636
Uheld	831	2.730	1.504	551
Personskader	269	911	533	220
Uheldsfrekvens	0,112	0,114	0,100	0,094
Skadesfrekvens	0,036	0,038	0,035	0,037

Tablet 65. Strækninger opdelt efter gennemsnitlig bredde af yderrabat i hver side af vejen. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

	Forbud	Gangfacilitet			Cykelfacilitet		
		Ingen	Sti	Fortov	Ingen	Bane	Sti
Antal strækninger	348	1.650	983	197	1.167	568	1.095
Samlet længde (km)	416	2.073	935	99	1.467	650	989
Årsdøgntrafik, gns.	9.300	5.067	8.793	8.877	5.038	5.322	8.995
Uheld	654	2.715	1.980	283	1.868	947	2.163
Personskader	191	1.020	646	79	679	377	689
Uheldsfrekvens	0,077	0,118	0,110	0,146	0,115	0,125	0,111
Skadesfrekvens	0,023	0,044	0,036	0,041	0,042	0,050	0,035

Tablet 66. Strækninger opdelt efter gang- og cykelfaciliteter. Note: Forbud = cykling og evt. gang er forbudt, Bane = cykelbane eller kantbane (bredere end 0,8 meter). Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Foruden motortrafikveje er der et lige så stort antal strækninger af landeveje, hvor cykling (og evt. gang, traktor- og/eller knallertkørsel) er forbudt. Strækninger med forbud mod cykling har lavere uhelds- og skadesfrekvenser end strækninger, hvor cykling er tilladt, se tabel 66. Gang- og cykelfaciliteter på strækninger med tilladt gang og cykling påvirker ikke uhelds- og skadesfrekvenser meget, dog er uheldsfrekvenser høje på strækninger med fortov og/eller bred cykel-/kantbane. Skadesfrekvenser er lidt lavere på strækninger med stier end på strækninger uden gang- og cykelfaciliteter men med gang og cykling tilladt. Der er ikke tal for omfanget af gang og cykling på strækningerne.

For strækningers længdeprofil er udført to opgørelser. Bakkethed angiver, hvordan koten for vejens stationeringslinje løbende ændrer sig pr. km strækning. Det maksimale stigningsforhold angiver den stejleste bakke på strækningen. Der er ikke oplysninger om længdeprofil for 1.881 strækninger. I tabel 67 på næste side er strækninger opdelt efter bakkethed. En bakkethed på 20 meter pr. km kan svare til et jævnt stigningsforhold på 2 % fra den ene ende til den anden ende af strækningen. Af tabel 67 ses, at jo mere bakkethed strækningen er, desto højere er uheldsfrekvensen. Derimod synes skadesfrekvensen ikke at være påvirket af bakkethed.

	Bakkethed (koteændring i meter pr. km strækning)				
	0-7,99	8,00-11,99	12,00-19,99	20,00-29,99	30,00-63,73
Antal strækninger	732	369	373	123	43
Samlet længde (km)	895	490	435	112	17
Årsdøgntrafik, gns.	7.462	7.891	8.115	6.697	5.939
Uheld	1.299	855	832	212	35
Personskader	457	328	289	64	7
Uheldsfrekvens	0,089	0,101	0,108	0,129	0,155
Skadesfrekvens	0,031	0,039	0,037	0,039	0,031

Tabel 67. Strækninger opdelt efter bakkethed. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

	Maksimalt stigningsforhold						
	0,0-0,9 %	1,0-1,9 %	2,0-2,9 %	3,0-3,9 %	4,0-4,9 %	5,0-6,9 %	7,0-12 %
Antal strækninger	322	451	350	277	106	97	37
Samlet længde (km)	258	432	440	386	183	186	64
Årsdøgntrafik, gns.	8.070	7.669	7.659	7.750	7.139	6.385	5.926
Uheld	411	597	792	630	337	349	117
Personskader	102	205	281	230	105	181	41
Uheldsfrekvens	0,090	0,082	0,107	0,096	0,118	0,134	0,142
Skadesfrekvens	0,022	0,028	0,038	0,035	0,037	0,070	0,050

Tabel 68. Strækninger opdelt efter maksimalt stigningsforhold. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Det maksimale stigningsforhold kan forekomme på en kort del af strækningen, og derfor kunne det maksimale stigningsforhold være ubetydeligt for sikkerheden. Men tabel 68 viser, at uhelds- og skadesfrekvenser øges, jo større det maksimale stigningsforhold er. Stigningsforhold over 6,0 % er sjældne på landevejsnettet.

Samlet set viser tabel 67 og 68, at en flad vej er sikrere end en bakket vej.

For strækningers linjeføring er også opgjort to forhold. Kurvatur angiver, hvor mange grader vejen svinger pr. km. Mindste kurveradius angiver, hvor skarp den skarpeste kurve er på strækningen. Der er ikke oplysninger om linjeføring for 481 strækninger. I tabel 69 på næste side er strækningerne opdelt efter kurvatur. Hvis en strækning har samme kurveradius hele vejen, så svarer en kurvatur på 30 grader pr. km til en kurveradius på ca. 1.910 meter, mens en kurvatur på 60 grader pr. km svarer til en kurveradius på ca. 955 meter. Tabel 69 viser, at strækninger med en kurvatur på over 60 grader pr. km har højere uheldsfrekvenser end strækninger med en lavere kurvatur.

	Kurvatur (graders sving pr. km)						
	0,0-9,9	10,0-19,9	20,0-29,9	30,0-44,9	45,0-59,9	60,0-89,9	90,0-112,0
Antal strækninger	524	592	646	570	292	229	187
Samlet længde (km)	487	811	957	695	306	161	76
Årsdøgntrafik, gns.	7.766	7.092	6.356	6.631	7.101	6.727	5.182
Uheld	907	1.234	1.395	1.026	477	321	150
Personskader	289	430	537	343	138	141	19
Uheldsfrekvens	0,110	0,098	0,105	0,102	0,100	0,136	0,174
Skadesfrekvens	0,035	0,034	0,040	0,034	0,029	0,060	0,022

Tabel 69. Strækninger opdelt efter kurvatur. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

	Mindste kurveradius (meter)						
	20-99	100-199	200-299	300-399	400-599	600-999	1000-
Antal strækninger	214	398	395	392	517	437	687
Samlet længde (km)	314	652	532	467	606	434	488
Årsdøgntrafik, gns.	4.872	5.944	6.580	6.614	6.737	7.291	7.958
Uheld	449	981	886	664	911	694	925
Personskader	172	357	326	208	306	231	297
Uheldsfrekvens	0,134	0,116	0,116	0,098	0,102	0,100	0,109
Skadesfrekvens	0,051	0,042	0,043	0,031	0,034	0,033	0,035

Tabel 70. Strækninger opdelt efter mindste kurveradius. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Den mindste kurveradius kan forekomme på en kort del af strækningen, og derfor kunne denne radius være ubetydelig for sikkerheden. Tabel 70 viser dog, at både uhelds- og skadesfrekvenser er højere, når den mindste kurveradius er under 300 meter. Sådanne skarpe kurver er ikke sjældne på landevejsnettet.

Samlet viser tabel 69 og 70, at kurvede strækninger særligt med skarpe kurver har højere uhelds- og skadesfrekvenser end mere lige strækninger.

	Antal "definerede sideveje" pr. km				
	0	0,1-0,9	1,0-1,9	2,0-3,9	4,0-27,8
Antal strækninger	2.450	401	419	170	81
Samlet længde (km)	1.821	1.035	774	183	29
Årsdøgntrafik, gns.	7.158	5.459	6.258	6.956	7.247
Uheld	2.730	1.446	1.341	399	92
Personskader	820	598	522	116	20
Uheldsfrekvens	0,096	0,117	0,126	0,143	0,202
Skadesfrekvens	0,029	0,048	0,049	0,042	0,044

Tabel 71. Strækninger opdelt efter antal "definerede sidevej" pr. km. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Med ”definerede sideveje” i tabel 71 menes kryds på strækningen, hvor sidevejen er defineret i Vejman, men der ikke forefindes oplysninger om trafikmængde for sidevejen. Derudover gælder, at der i disse strækingskryds ikke er helleanlæg og/eller svingbaner. De fleste ”definerede sideveje” er adgangsveje til en eller flere landejendomme. Af tabel 71 ses, at jo flere ”definerede sideveje” der er pr. km strækning, desto højere er uheldsfrekvensen. Adgangsbegrænsning ser således ud til at være væsentlig for sikkerheden på strækningerne.

	Type af ”endekryds”									
	Signal-signal	Signal-rund	Signal-vige	Signal-andet	Rund-rund	Rund-vige	Rund-andet	Vige-vige	Vige-andet	Andet-andet
Antal strækninger	147	64	336	105	101	770	113	1.488	316	81
Samlet længde (km)	98	62	278	62	131	1.008	132	1.601	378	94
Årsdøgntrafik, gns.	13.271	9.847	8.920	10.465	6.644	5.431	6.010	6.019	6.571	10.798
Uheld	283	121	620	140	155	1.347	216	2.320	615	191
Personskader	62	41	133	22	50	525	71	869	233	70
Uheldsfrekvens	0,099	0,091	0,114	0,098	0,081	0,112	0,125	0,110	0,113	0,086
Skadesfrekvens	0,022	0,031	0,025	0,015	0,026	0,044	0,041	0,041	0,043	0,032

Tabel 72. Strækninger opdelt efter type af ”endekryds”. Note: Signal = signalreguleret kryds, rund = rundkørsel, vige = vigepligtsreguleret kryds, andet = byzonetavle – jernbaneanløb – flettestrækning – blind vej. Uhelds- og skadesfrekvens er antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

I tabel 72 er strækninger opdelt efter, hvad der er i enderne af strækningerne. Med signalregulerede kryds i en eller begge ender af strækningen er uhelds- og skadesfrekvenser lavere end på mange andre strækninger, dog er uheldsfrekvensen lavest med rundkørsel i begge ender af strækningen. Strækninger med signalregulerede kryds i en eller begge ender er i gennemsnit 766 meter lange, mens strækninger uden signalregulerede kryds i begge ender er 1.165 meter. Typen ”andet” er oftest en byzonetavle. Det er muligt, at typen af ”endekryds” har en betydning for den faktiske kørte hastighed på strækningen.

	Strækningens længde (meter)				
	25-199	200-499	500-999	1.000-1.999	2.000-12.457
Antal strækninger	598	726	862	787	548
Samlet længde (km)	66	250	623	1.115	1.787
Årsdøgntrafik, gns.	6.638	7.828	7.156	6.709	5.502
Uheld	118	539	1.063	1.836	2.452
Personskader	14	120	312	630	1.000
Uheldsfrekvens	0,122	0,126	0,109	0,112	0,114
Skadesfrekvens	0,014	0,028	0,032	0,038	0,046

Tabel 73. Strækninger opdelt efter strækningens længde. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

I tabel 73 er strækninger opdelt efter strækningens længde. Længden ser ikke ud til at påvirke uheldsfrekvensen, derimod stiger skadesfrekvensen jævnt, desto længere

strækningen er. Det er en overraskende stærk sammenhæng. Det er muligt, at strækningens længde har en betydning for den kørte hastighed på strækningen og for omfanget af overhalinger, hvilket kan indvirke på alvorligheden af uheld.

	Politikreds					
	Nordjyllands	Østjyllands	Midt- og Vestjyllands	Sydøstjyllands	Syd- og Sønderjyllands	Fyns
Antal strækninger	325	243	717	354	688	325
Samlet længde (km)	406	238	961	341	777	270
Årsdøgntrafik, gns.	5.754	8.462	6.574	7.527	4.689	6.368
Uheld	476	371	1.334	572	1.031	565
Personskader	297	141	626	116	308	127
Uhedsfrekvens	0,093	0,084	0,096	0,102	0,129	0,150
Skadesfrekvens	0,058	0,032	0,045	0,021	0,039	0,034

	Politikreds					
	Sydsjælland og Lolland-Falsters	Midt- og Vestsjællands	Nord-sjællands	Københavns Vestegns	Bornholm	Flere kredse
Antal strækninger	279	262	236	20	40	32
Samlet længde (km)	276	248	207	7	22	88
Årsdøgntrafik, gns.	6.890	9.351	10.502	14.512	3.957	6.798
Uheld	464	537	486	21	23	128
Personskader	114	146	153	5	7	36
Uhedsfrekvens	0,111	0,106	0,102	0,089	0,120	0,098
Skadesfrekvens	0,027	0,029	0,032	0,021	0,036	0,028

Tabel 74. Strækninger opdelt efter politikreds. Uheds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Uhedsfrekvensen er særlig høj på strækninger i Fyns og Syd- og Sønderjyllands politikredse, mens den især er lav i Østjyllands og Københavns Vestegns politikredse, se tabel 74. Skadesfrekvensen er særlig høj i Nordjyllands og Midt- og Vestjyllands politikredse, mens den er særlig lav i Sydøstjyllands og Københavns Vestegns politikredse. Der er ret store forskelle i uheds- og skadesfrekvenser på landevejsnettet rundt om i Danmark, hvilket kan skyldes reelle forskelle i sikkerheden eller forskelle i politiets registreringspraksis og trafikanters henvendelse til politiet i forbindelse med uheld.

Strækninger med belysning har vejbelysning på over halvdelen af strækningens længde. Af tabel 75 på næste side ses, at strækninger med belysning har højere uhedsfrekvens men lavere skadesfrekvens end strækninger uden belysning. Strækninger med belysning er oftest korte.

	Belysning		Hastighedsbegrænsning (km/t)				
	Ja	Nej	40-50	60	70	80	90
Antal strækninger	562	2.959	10	287	388	2.724	112
Samlet længde (km)	187	3.655	5	94	174	3.346	223
Årsdøgntrafik, gns.	9.891	6.272	6.527	8.440	11.118	5.931	10.353
Uheld	587	5.421	17	299	567	4.794	331
Personskader	127	1.949	8	58	111	1.776	123
Uheldsfrekvens	0,145	0,108	0,247	0,172	0,134	0,110	0,065
Skadesfrekvens	0,031	0,039	0,116	0,033	0,026	0,041	0,024

Tabel 75. Strækninger opdelt efter 1) belysning og 2) hastighedsbegrænsning. Uhelds- og skadesfrekvens er hhv. antal uheld og personskader pr. mio. kørte km.

Tabel 75 viser, at uheldsfrekvensen falder, jo højere hastighedsbegrænsningen er. Hastighedsbegrænsningen, som er angivet i tabel 75, gælder for den længste del af strækningen. På veje med 80 km/t hastighedsbegrænsning findes der ofte lokale (lavere) hastighedsbegrænsninger ved ”endekrydsene”.

3.5.1 Basismodeller

I udviklingen af basismodeller for strækninger indgår samtlige 3.521 strækninger. Modeller udvikles med antal år og strækningens længde som offset variabel, hvilket vil sige, at den modellerede uheldstæthed (UHT) er uheld pr. år pr. km.

Basismodeller er estimeret med negativ binomial (Poisson-gamma) fordeling ved teknikken maximum-likelihood. Der er kun estimeret modeller med en konstant spredningsparameter, k. Der benyttes følgende funktionsudtryk for basismodeller for strækninger:

$$UHT = a \cdot N^p$$

hvor N er årsdøgntrafik på strækningen, mens a og p er estimerede konstanter.

På de 3.521 strækninger har politiet registreret 1.463 personskadeuheld, 2.140 materielskadeuheld og 2.405 ekstrauehald samt 181 dræbte, 978 alvorlige skader og 917 lette skader. Der udvikles basismodeller for hver uheldsart samt kombinationer af person- og materielskadeuheld, materielskade- og ekstrauehald samt alle uheld. Der udvikles basismodeller for hver skadesgrad samt kombinationen af dræbte og alvorlige skader samt alle personskader.

Tabel 60 viste, at uhelds- og skadesfrekvenser på motortrafikveje er lavere end på andre veje (ej motorveje) i det åbne land. Tabel 66 viste, at uhelds- og skadesfrekvenser på veje med cykling forbudt (inkl. motortrafikveje) er lavere end på veje med cykling tilladt i det åbne land. Efter udvikling af basismodeller for alle 3.521

strækninger udvikles basismodeller for hhv. motortrafikveje, veje med cykling forbudt og veje med cykling tilladt.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter		Spredningsparameter k	Elvik's indeks R_k^2
		a	p		
Personskadeuheld	1.463	0,0002348	0,6444	0,2519	0,39
Materielskadeuheld	2.140	0,0001430	0,7461	0,3082	0,45
Ekstrauheld	2.405	0,00002291	0,9686	0,4607	0,48
Person- og materielskadeuheld	3.603	0,0003289	0,7094	0,2861	0,44
Materielskade- og ekstrauheld	4.545	0,0001055	0,8675	0,3293	0,50
Alle uheld	6.008	0,0002145	0,8175	0,2861	0,51
Dræbte	181	0,00005318	0,5766	-	-
Alvorlige skader	978	0,0001572	0,6421	0,8891	0,21
Lette skader	917	0,00009208	0,6919	2,4789	0,16
Dræbte og alvorlige skader	1.159	0,0001945	0,6360	1,0087	0,19
Personskader	2.076	0,0002631	0,6651	1,3103	0,19

Tabel 76. Basismodeller for samtlige 3.521 strækninger i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

I tabel 76 er vist endelige basismodeller for alle strækninger. Modellen for dræbte har en tvivlsom spredningsparameter, da mange strækninger har 0 dræbte. Derfor er modellen for dræbte ringe bestemt, og det anbefales ikke at gøre brug af denne model. De estimerede a og p konstanter er statistisk signifikante (over et 99,99 % niveau) i alle modeller.

Af tabel 76 ses, at p-værdier bliver stadig lavere, jo alvorligere uheldet eller personskaden er. Det betyder, at uheld og personskader i gennemsnit bliver mindre alvorlige, jo mere trafik der er på strækningen. Samtlige p-værdier er under 1, så en fordobling i trafikmængden giver mindre end en fordobling i antallet af uheld og personskader. Modellernes forklaringskraft er omkring 50 % for uheld og ca. 20 % for personskader.

I tabel 77, 78 og 79 på de næste sider er vist basismodeller for motortrafikveje, strækninger med cykling forbudt og strækninger med cykling tilladt. Sammenlignes disse tre tabeller med basismodellerne i tabel 76 ses, at modeller i tabel 77, 78 og 79 typisk har en lidt højere forklaringskraft end de sammenlignelige modeller i tabel 76. Det skyldes, at p-værdier for motortrafikveje og andre strækninger, hvor cykling er forbudt, er højere især for personskader, personskadeuheld og materielskadeuheld end p-værdier for strækninger, hvor cykling er tilladt. Modellerne i tabel 76 er altså baseret på en blanding af strækninger, som opfører sig sikkerhedsmæssigt ret forskelligt. Det anbefales derfor at benytte modellerne i tabel 77-79 frem for modeller i tabel 76 til fx udpegning af sorte pletter.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter		Spredningsparameter k	Elvik's indeks R_k^2
		a	p		
Personskadeuheld	81	0,000001216	1,1709	0,5652	0,41
Materielskadeuheld	138	0,00002346	0,9058	0,3930	0,49
Ekstrauheld	188	0,00002628	0,9248	0,5298	0,39
Person- og materielskadeuheld	219	0,00001586	1,0001	0,2896	0,54
Materielskade- og ekstrauheld	326	0,00005835	0,9003	0,3657	0,49
Alle uheld	407	0,00004555	0,9528	0,3064	0,54
Dræbte	10	0,0000004126	1,0512	-	-
Alvorlige skader	69	0,000001310	1,1386	1,7560	0,28
Lette skader	65	0,00000001930	1,7588	2,4817	0,47
Dræbte og alvorlige skader	79	0,000001775	1,1206	1,5368	0,29
Personskader	144	0,0000002552	1,3992	1,6847	0,38

Tabel 77. Basismodeller for 174 strækninger af motortrafikveje i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter		Spredningsparameter k	Elvik's indeks R_k^2
		a	p		
Personskadeuheld	117	0,0000007654	1,2111	0,8849	0,41
Materielskadeuheld	238	0,000009888	1,0152	0,4705	0,48
Ekstrauheld	299	0,00002023	0,9582	0,4574	0,44
Person- og materielskadeuheld	355	0,000008464	1,0748	0,3867	0,52
Materielskade- og ekstrauheld	537	0,00003277	0,9729	0,3887	0,50
Alle uheld	654	0,00002863	1,0086	0,3426	0,54
Dræbte	13	0,000003656	0,7994	-	-
Alvorlige skader	84	0,0000009732	1,1380	2,2406	0,28
Lette skader	94	0,00000001390	1,6168	3,6859	0,43
Dræbte og alvorlige skader	97	0,000001827	1,0857	1,8957	0,28
Personskader	191	0,0000003231	1,3491	2,3443	0,36

Tabel 78. Basismodeller for 348 strækninger med cykling forbudt (inklusive 174 strækninger af motortrafikveje) i det åbne land. Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Motortrafikveje opfører sig sikkerhedsmæssigt på nogenlunde samme måde som andre strækninger, hvor cykling er forbudt. P-værdier for uheld er nær 1, og det betyder, at en fordobling af trafikmængden medfører en fordobling af antallet af uheld, se tabel 77 og 78. Men p-værdier for personskadeuheld og personskader er noget over 1, og derfor betyder en øgning af trafikmængden, at uheldene bliver mere alvorlige.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Elvik's indeks
		a	p		
Personskadeuheld	1.346	0,0001950	0,6730	0,1425	0,56
Materielskadeuheld	1.902	0,0001408	0,7510	0,2660	0,49
Ekstrauheld	2.106	0,00001775	1,0009	0,4505	0,50
Person- og materielskadeuheld	3.248	0,0003149	0,7186	0,2411	0,50
Materielskade- og ekstrauheld	4.008	0,00009333	0,8845	0,3094	0,52
Alle uheld	5.354	0,0001935	0,8329	0,2602	0,53
Dræbte	168	0,00004011	0,6172	-	-
Alvorlige skader	894	0,0001330	0,6679	0,7435	0,24
Lette skader	823	0,0001428	0,6448	2,2509	0,16
Dræbte og alvorlige skader	1.062	0,0001589	0,6658	0,8913	0,22
Personskader	1.885	0,0002878	0,6598	1,1678	0,19

Tabel 79. Basismodeller for 3.173 strækninger med cykling tilladt i det åbne land.
Note: Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

Strækninger, hvor cykling er tilladt, opfører sig sikkerhedsmæssigt anderledes, da p-værdier for personskader, personskadeuheld og materielskadeuheld er noget under 1, se tabel 79. Her bliver uheldene altså mindre alvorlige, når trafikmængden øges. En fordobling af trafikmængden medfører samtidig ikke helt en fordobling af antallet af uheld.

Det er umiddelbart uvist, hvorfor der er disse sikkerhedsmæssige forskelle på veje med hhv. cykling forbudt og cykling tilladt. Det kan fx skyldes forskelle i design, regulering eller trafiksammensætning og -mængder.

3.5.2 Faktormodeller

I afsnittet udvikles faktormodeller med sammenhænge mellem på den ene side uheldstæthed og på den anden side årsdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver strækningerne. De faktormodeller, der udvikles, har følgende formeludtryk:

$$UHT = a \cdot N^p \cdot e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i}$$

hvor a og p er estimerede konstanter, N er årsdøgntrafik og b_i er estimerede konstanter for faktorerne (variablene) x_i . Det ses, at en del af funktionsudtrykket svarer til de anbefalede basismodeller, og der blot er tilføjet leddet med b_i og x_i . Der udvikles modeller for hver uhedsart og skadesgrad samt diverse kombinationer af hhv. uhedsarter og personskader.

Tabel 80 på næste side viser faktorer, der har indgået i modeludviklingsprocessen. 11 af de 22 faktorer indgår i de udarbejdede faktormodeller baseret på alle 3.521

strækninger. De signifikante faktorer er årsdøgntrafik, cykelforbud, midterrabat, køresporsbredde, bredde af nødspor, kant- og cykelbane, kurvatur, bakkethed, maksimalt stigningsforhold, definerede sideveje, hastighedsbegrænsning og politikreds. Alle andre faktorer har været signifikante gennem modeludviklingsprocessen, men indgår ikke i disse faktormodeller.

Variabel / faktor	Strækninger										
	Personskadeuheld	Materielskadeuheld	Ekstraueheld	Person- og materiel-skadeuheld	Materielskade- og ekstraueheld	Alle ueheld	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader	Dræbte og alvorlige skader	Alle personskader
Årsdøgntrafik	1	1	1	1	1	1	(1)	1	1	1	1
Hovedtype	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Motortrafikvej	X	X	X	X	X	X		X		X	
Cykelforbud	4	X	X	X	X	X		3		2	X
Midterrabat	6	X	X	X	X	X		4	3	5	5
Gennemgående kørespor	X	X	X	X	X	X		X		X	X
Belagt bredde	X	X	X	X	X	X		X		X	X
Køresporsbredde	5	X	5	5	5	5		X	X	3	3
Bredde af nødspor, kant- og cykelbane	X	X	X	X	X	8			X		X
Bredde af yderrabat	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Cykelfacilitet	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Gangfacilitet	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Kurvatur	X	X	X	6	6	6		X	X		X
Mindste kurveradius	X		X	X	X	X			X	X	X
Bakkethed	X		6	X	X	X					
Maksimalt stigningsforhold	X	X	X	X	X	7		X		X	X
Vejbelysning	X	X	X	X	X	X					
Definerede sideveje	2	2	4	2	4	2		2	X	4	4
Type af endekryds	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Strækningslængde	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Hastighedsbegrænsning	X	3	3	4	3	4		X		X	X
Politikreds	3	4	2	3	2	3		X	2	X	2

Tabel 80. Undersøgte variable for faktormodeller for alle 3.521 strækninger. Tal angiver på hvilket trin i modeludviklingsprocessen, at faktoren har indtrådt i den endelige model. "X" angiver, at faktoren har været signifikant, men ikke indgår i den udarbejdede model.

Årsdøgntrafikken er klart den mest betydningsfulde faktor for uhelds- og personskadetætheden på strækninger, og indtræder derfor altid som den første variabel.

Derefter indtræder tre variable i de fleste faktormodeller; køresporsbredden, definerede sideveje og politikreds. Derefter forekommer hastighedsbegrænsningen at være vigtig for uheldstætheden, mens midterrabat og cykelforbud er vigtig for personskadetætheden.

Nedenfor er vist faktormodellen for alle uheld baseret på alle 3.521 strækninger:

$$UHT = 0,0004314 \cdot N^{0,9222} \cdot e^{KØRESPORBRED+NØDKANTBRED+KURVATUR+MAXSTIGNING+DEFSIDEVEJ-0,0173 \cdot HAST+POLITI}$$

hvor N er årsdøgntrafik og HAST er hastighedsbegrænsningen i km/t. Bredde af kørespor (KØRESPORBRED) er følgende i modellen: 1,88-2,74 m = -0,4946, 2,75-2,99 m = 0,2196, 3,00-3,24 m = 0,1209, 3,25-3,49 m = -0,0099, 3,50-3,74 m = -0,0944, 3,75-3,99 m = -0,0938, 4,00-6,74 m = 0,0000, ukendt = -0,2330. Bredde af nødspor, kant- og cykelbane (NØDKANTBRED) er følgende i modellen: 0,00-0,29 m = 0,4003, 0,30-0,59 m = 0,2633, 0,60-0,89 m = 0,3362, 0,90-1,99 m = 0,2628, 2,00-3,50 m = 0,0000, ukendt = 0,3456. KURVATUR er følgende i modellen: 0-9 grader pr. km = -0,1756, 10-19 grader pr. km = -0,2573, 20-29 grader pr. km = -0,2516, 30-44 grader pr. km = -0,2417, 45-59 grader pr. km = -0,3018, 60-89 grader pr. km = -0,0633, 90-1120 grader pr. km = 0,0000, ukendt = -0,0474. MAXSTIGNING er følgende i modellen: 0-0,9 % = -0,1931, 1,0-1,9 % = -0,2792, 2,0-2,9 % = -0,0702, 3,0-3,9 % = -0,1869, 4,0-4,9 % = -0,0747, 5,0-6,9 % = -0,0081, 7,0-12 % = 0,0000, ukendt = -0,1045. Antal definerede sideveje (DEFSIDEVEJ) er: 0 pr. km = -0,5315, 0,1-0,9 pr. km = -0,3427, 1,0-1,9 pr. km = -0,2330, 2,0-3,9 pr. km = -0,1740, 4,0-27,8 pr. km = 0,0000. POLITI er i de følgende kredse; Nordjyllands -0,0282, Østjyllands 0,0000, Midt- og Vestjyllands 0,0923, Sydøstjyllands 0,2594, Syd- og Sønderjyllands 0,3660, Fyns 0,4260, Sydsjællands og Lolland-Falsters 0,2810, Midt- og Vestsjællands 0,1632, Nordsjællands 0,2521, Københavns Vestegn -0,1752, Bornholms 0,2874 og flere kredse 0,0197. Faktormodellen for alle uheld har en spredningsparameter på 0,1979 og Elvik's indeks er 0,66, altså en forklaringskraft på 66 %.

Nedenfor er vist faktormodellen for personskader baseret på de 3.521 strækninger:

$$UHT = 0,00002145 \cdot N^{0,9795} \cdot e^{MIDTERRABAT+KØRESPORBRED+DEFSIDEVEJ+POLITI}$$

hvor N er årsdøgntrafik. MIDTERRABAT er følgende: Ja findes = -0,7141, findes Delvist = -0,3838, Nej findes ikke = -0,2262, ukendt = 0,0000. Bredde af kørespor (KØRESPORBRED) er følgende i modellen: 1,88-2,74 m = -1,1582, 2,75-2,99 m = 0,4650, 3,00-3,24 m = 0,2389, 3,25-3,49 m = 0,1216, 3,50-3,74 m = -0,0907, 3,75-3,99 m = -0,2625, 4,00-6,74 m = 0,0000, ukendt = 0,0147. Antal definerede sideveje (DEFSIDEVEJ) er: 0 pr. km = -0,3023, 0,1-0,9 pr. km = 0,0348, 1,0-1,9 pr. km = 0,0927, 2,0-3,9 pr. km = 0,0933, 4,0-27,8 pr. km = 0,0000. POLITI er i de følgende kredse; Nordjyllands 0,4432, Østjyllands 0,0000, Midt- og Vestjyllands 0,2100, Sydøstjyllands -0,4222, Syd- og Sønderjyllands 0,1008, Fyns -0,1082, Sydsjællands og Lolland-Falsters -0,1597, Midt-Vestsjællands -0,1223, Nordsjællands 0,0104, Københavns Vestegn -0,4184, Bornholms 0,0118 og flere

kredse $-0,3779$. Faktormodellen for personskader har en spredningsparameter på $1,0932$ og Elvik's indeks er $0,32$, altså en forklaringskraft på 32% .

Sammenholdes faktormodeller for alle uheld og personskader med basismodeller i tabel 76 ses, at p-værdier er noget højere i faktormodeller. Tilføjelse af faktorer får p-værdier til at nærme sig 1. Med andre ord medfører en fordobling af trafikmængden næsten en fordobling af antallet uheld og personskader på strækninger på landevejsnettet i virkeligheden, alt andet lige. Strækninger med megen trafik har tendens til at være mere sikkert udformede, dvs. har fx oftere ingen definerede sideveje, har oftere midterrabat og køresporsbredde på $3,50$ - $3,99$ meter, osv.

Oplysninger om årsdøgntrafik, motortrafikvej, cykelforbud, belysning, definerede sideveje, type af endekryds, strækningslængde, hastighedsbegrænsning og politikryds findes for alle 3.521 strækninger. Oplysninger om tværprofil findes for 3.097 - 3.178 strækninger, mens oplysninger om linjeføring og længdeprofil findes for hhv. 3.040 og 1.640 strækninger. Når en oplysning om en variabel for en strækning ikke findes, så udelades strækningen, hvis variabelen er kontinuer, eller strækningen indgår i kategorien "ukendt", hvis variabelen håndteres som en kategorivariabel (class variable).

I praksis er faktormodellering udført først med alle 3.521 strækninger, hvor data om tværprofil, linjeføring og længdeprofil håndteres som kategorivariabel, se tabel 80 og modeller på forrige side. Derefter er antallet af strækninger reduceret (til 2.959 strækninger, 5.356 uheld og 1.834 personskader), så data om tværprofil og linjeføring kan håndteres som kontinuere variable, og slutteligt er antallet af strækninger reduceret yderligere (til 1.567 strækninger, 3.113 uheld og 1.095 personskader), så også data om længdeprofil kan indgå som kontinuere variable. Ved fx at lade køresporsbredden indgå som en kontinuer variabel kan der estimeres en optimal bredde. Ved reducerede antal af strækninger hhv. 2.959 og 1.567 er kun estimeret faktormodeller for hhv. alle uheld og personskader.

Disse faktormodeller baseret på et reduceret antal strækninger viser næsten det samme som faktormodeller baseret på alle strækninger, dog med få undtagelser:

- 1) Faktoren **midterrabat** er håndteret på to måder dels om der er midterrabat (ja, delvist, nej) dels gennemsnitlig bredde af midteradskillelse. Det viser sig, at den gennemsnitlige bredde af midteradskillelsen har en større betydning for både uhelds- og personskadetætheden end om der midterrabat. En gennemsnitlig midteradskillelse på 1 meter giver fald i uheld på 6 - 8% og fald i personskader på 15 - 19% set i forhold til ingen midteradskillelse. Der er en stærk korrelation mellem bredde af midteradskillelse og forekomst af midterrabat.
- 2) Det findes, at en **køresporsbredde** på $3,73$ meter giver den laveste uheldstæthed, mens en køresporsbredde på $3,86$ meter giver den laveste personskadetæthed. Dog er det ud fra en statistisk synsvinkel fortsat bedre at håndtere køresporsbredden som en kategorivariabel frem for en kontinuer variabel.

- 3) **Kurvaturen** håndteres bedre som en kontinuert variabel frem for en kategori-variabel. Øgning af kurvaturen med 10 grader pr. km giver en 1,6 % højere uheldstæthed.
- 4) Det er også bedre at håndtere det **maksimalt stigningsforhold** som en kontinuert variabel frem for en kategori-variabel. Når dette gøres, er det maksimale stigningsforhold betydningsfuld for både uhelds- og personskadetætheden. En øgning af det maksimale stigningsforhold med 1 % giver 4,8 % flere uheld og 9,4 % flere personskader viser modellerne.

Med baggrund i modeludviklingsprocessen og faktormodellerne baseret på hhv. 3.521, 2.959 og 1.567 strækninger kan følgende siges om faktorerne i tabel 80:

Årsdøgntrafik: Trafikmængden korrelerer signifikant med både uhelds- og personskadetætheden. De estimerede p-værdier i faktormodeller er nær 1. Der er tendens til, at p-værdier bliver lavere, jo mere alvorlig uheldet eller personskaden er. Der er en tendens til, at p-værdier bliver højere, desto færre strækninger der indgår i faktormodellen.

Antal kørespor, midterrabat og hovedtype: Hovedtype er en kombination af oplysninger om antal kørespor og forekomst af midterrabat. Det viser sig, at antallet af kørespor ikke har betydning for uhelds- eller personskadetætheden. Derfor indgår hverken antal kørespor eller hovedtype i faktormodellerne. Forekomst af midterrabat eller bredde af midteradskillelse har derimod signifikant betydning for både uhelds- og personskadetætheden. Strækninger med midterrabat (gennemsnitlig midteradskillelse på 3,47 meter) har 12 % færre uheld og 39 % færre personskader end sammenlignelige strækninger uden midterrabat, mens strækninger delvist med midterrabat (gennemsnitlig midteradskillelse på 0,63 meter) har 5 % færre uheld og 15 % færre personskader end strækninger uden midterrabat (gennemsnitlig midteradskillelse på 0,01 meter). Opgøres effekten i stedet ud fra den gennemsnitlige midteradskillelse fås, at yderligere midteradskillelse på 1 meter giver fald i uheld på 6-8 % og fald i personskader på 15-19 %.

Motortrafikvej og cykelforbud: Faktoren cykelforbud indgår i faktormodeller for personskadeuheld, dræbte og alvorlige skader. Strækninger med cykelforbud (inkl. motortrafikveje) har 29 % færre personskadeuheld og 27 % færre dræbte og alvorlige skader end strækninger med cykling tilladt. For materielskadeuheld og ekstra-uheld er virkningen af forbud mod bl.a. cykling kanaliseret ind i faktoren, der beskriver hastighedsbegrænsning. Motortrafikveje har en lidt dårligere trafik-sikkerhed end andre strækninger med cykelforbud, måske pga. en højere hastighedsbegrænsning.

Belagt bredde: Den belagte bredde indgår ikke i faktormodellerne, da kørespor-bredden er af langt større betydning, og da bredden af kantbaner kun har en beskedne betydning og antallet af kørespor er uden betydning.

Køresporsbredde: Bredden af kørespor har en tydelig virkning på sikkerheden på strækninger af landeveje, dog er der for få strækninger med en køresporsbredde på under 2,75 meter til, at effekten disse smalle spor kan beskrives. En køresporsbredde på 3,73 meter giver den laveste uheldstæthed, mens en køresporsbredde på 3,86 meter giver den laveste personskadetæthed. En køresporsbredde på 2,75-2,99 meter giver den dårligste sikkerhed. Uhelds- og personskadetæthed falder med hhv. 9 % og 20 %, når køresporsbredden øges fra 2,75-2,99 meter til 3,00-3,24 meter. Øges den fra 2,75-2,99 meter til 3,25-3,49 meter, så falder uhelds- og personskadetætheden med hhv. 21 % og 29 %. Øges den fra 2,75-2,99 meter til 3,50-3,74 meter, så falder uhelds- og personskadetætheden med hhv. 27 % og 43 %. Øges den fra 2,75-2,99 meter til 3,75-3,99 meter, så falder uhelds- og personskadetætheden med hhv. 27 % og 52 %. Øges den fra 2,75-2,99 meter til 4,00-6,74 meter, så falder uhelds- og personskadetætheden med hhv. 20 % og 37 %. Bredden af kørespor synes ikke at have stor betydning for sikkerheden, hvis denne bredde er mellem 3,50 og 3,99 meter.

Bredde af nødspor, kant- og cykelbane: Den gennemsnitlige bredde fra kantlinje (ind mod kørespor) til kanten af asfalten i vejens sider synes at påvirke trafikikkerheden. Denne bredde indgår i modeller for alle uheld. Med en bredde på 0,00-0,29 meter, så er uhelds- og personskadetætheden højest. Uhelds- og personskadetæthed falder med hhv. 13 % og 15 %, når bredden øges til 0,30-0,59 meter. Øges bredden til 0,60-0,89 meter (i forhold til 0,00-0,29 meter), så falder uhelds- og personskadetæthed med hhv. 6 % og 16 %. Øges bredden til 0,90-1,99 meter, så falder uhelds- og personskadetæthed med hhv. 13 % og 8 %. Øges bredden til 2,00-3,50 meter, så falder uhelds- og personskadetæthed med hhv. 33 % og 18 %. Bredden af kantbaner synes således ikke at have stor betydning for sikkerheden, hvis denne bredde er mellem 0,30 og 1,99 meter. Derimod påvirker egentlige nødspor med en bredde på 2,00 meter eller mere sikkerheden væsentligt.

Bredde af yderrabat: Bredden af yderrabat indgår ikke i faktormodellerne, men der synes at være en stabil om end beskedne effekt af yderrabatten. Jo bredere yderrabatten er, desto sikrere er strækningen. En udvidelse af yderrabatten med 1 meter i hver vejside synes at give fald i uheld på ca. 3 % og fald i personskader på omkring 5 %.

Gang- og cykelfaciliteter: På strækninger, hvor cykling er tilladt, kan der fx være fortov, sti (enkelt- eller dobbeltrettet, fælles eller cykel) og/eller bred kantbane (bredere end 0,8 meter). Effekter af disse gang- og cykelfaciliteter på uhelds- og personskadetætheden er beskedne, og derfor indgår gang- og cykelfaciliteter ikke i faktormodeller. Strækninger med fortov har ca. 10 % flere uheld og 14 % flere personskader end strækninger, hvor cykling er tilladt, men uden gang- og cykelfaciliteter. Uhelds- og personskadetætheder er helt ens på strækninger hhv. med stier og uden gang- og cykelfaciliteter, hvor cykling er tilladt. Strækninger med brede kantbaner (men uden stier) har ca. 15 % flere uheld og 6 % flere personskader end strækninger, hvor cykling er tilladt, men uden gang- og cykelfaciliteter.

Kurvatur og mindste kurveradius: Kurvatur og mindste kurveradius er korreleret, dvs. veje med stor kurvatur (mange graders sving pr. km) har i gennemsnit mindre mindste kurveradius end veje med lille kurvatur. Trafiksikkerheden synes upåvirket indtil kurvaturen bliver ca. 60 grader pr. km, hvorefter større kurvatur synes at forringe trafiksikkerheden markant. Det ligger dog inden for usikkerhedens grænser at sige, at øgning af kurvaturen med 10 grader pr. km giver en ca. 1,6 % højere uhelds- og personskadetæthed. Strækninger med en mindste kurveradius på under 300 meter har en uhelds- og personskadetæthed, der er ca. 20 % højere end strækning med en mindste kurveradius over 300 meter.

Bakkethed og maksimalt stigningsforhold: Bakkethed og maksimalt stigningsforhold er også korreleret, dvs. bakkede veje har oftere høje maksimale stigningsforhold end flade veje. Bakkethed ser ud til at have en stærkt begrænset betydning for trafiksikkerheden. Uhelds- og personskadetætheden synes at stige med 1-2 %, når bakketheden øges med 10 meter pr. km. Det maksimale stigningsforhold er af langt større betydning for sikkerheden. En øgning af det maksimale stigningsforhold med 1 procent giver ca. 5 % flere uheld og ca. 9 % flere personskader. Stigningen i uheld er jævn forstået på den måde, at en øgning af stigningsforholdet fra 1 til 2 procent giver nogenlunde samme stigning i uheld som en øgning af stigningsforholdet fra 5 til 6 procent. Stigningen i personskader er derimod ujævn, da stigningen i personskader er ca. 5 % ved øgning af stigningsforhold med 1 procent frem til dette er 4-5 procent, hvorefter stigningen i personskader er ca. 15 % ved øgning af stigningsforholdet med 1 procent.

Vejbelysning: Vejbelysning indgår ikke i faktormodellerne. Strækninger med vejbelysning har en 4 % højere uheldstæthed, men en 10 % lavere tæthed af dræbte og alvorlige skader og 9 % lavere tæthed af lette skader. Det peger i retning af, at vejbelysning især giver mindre alvorlige uheld.

Definerede sideveje: Antallet af ”definerede sideveje” pr. km indgår i stort set alle faktormodellerne. Jo flere sideveje desto flere uheld og personskader sker der. Der er en tendens til, at når der er omkring 4-5 sideveje pr. km, så påvirkes antallet af uheld og personskader ikke længere af en stigning i antallet af sideveje. Før dette mætningspunkt øges uhelds- og personskadetætheden med ca. 8 % for hver ekstra sidevej. Dette viser, at adgangsbeholdning påvirker sikkerheden på landeveje.

Type af endekryds: Typen af endekryds indgår ikke i faktormodellerne. Der er kun svage tendenser til, at strækninger med rundkørsler i begge ender eller rundkørsel i en ende og signalanlæg i den anden ende, har en omkring 9-10 % lavere uheldstæthed end andre strækninger. Strækninger med rundkørsler og/eller signalanlæg i begge ender synes også at have lavere personskadetæthed end andre strækninger.

Strækningslængde: Strækningslængden indgår ikke i faktormodellerne. Denne længde påvirker slet ikke uheldstætheden. Der er en svag tendens til, at uheldene

bliver mere alvorlige, jo længere strækningen er. Tætheden af personskader øges med ca. 4 %, når strækningen bliver 1 km længere.

Hastighedsbegrænsning: Hastighedsbegrænsningen er korreleret med frekvensen af materielskade- og ekstraueheld, mens der ikke er korrelation til personskader og personskadeueheld, når der tages højde for forbud mod cykling. Ses på alle uheld fås, at en øgning af hastighedsgrænsen med 10 km/t giver 16 % færre uheld, mens antallet af personskader er upåvirket. Hastighedsbegrænsningen er tæt korreleret med vejens design og trafiksammenstilling. Effekter af hastighedsbegrænsning er her tvivlsomme.

Politikreds: Frekvensen af ekstraueheld og lette skader er meget forskellig på strækninger i politikredse. Faktoren politikreds indgår i næsten alle faktormodellerne for strækninger.

3.5.3 Grundmodeller

For strækninger er der i det følgende udarbejdet grundmodeller. Disse modeller er baseret på strækninger, der har følgende udformning og regulering:

- Cykling tilladt, dvs. ikke motortrafikvej og ikke cykling forbudt
- Ingen midterrabat (ej heller delvis midterrabat)
- 2 gennemgående kørespor
- Bredde af kørespor er 2,75-3,99 meter
- Bredde af kantbane er 0,30-1,99 meter
- Ingen fortov
- Kendt tværprofil, kurvatur, kurveradier, bakkethed og stigningsforhold
- Ingen vejbelysning
- 80 km/t hastighedsbegrænsning

Der findes 750 strækninger med den udformning og regulering. Der er registreret 1.611 uheld og 656 personskader i årene 2011-2016 på strækningerne. Årsdøgntrafikken varierer mellem 437 og 18.712. Den samlede længde af strækningerne er 1.108 km.

Foruden årsdøgntrafik varierer nogle faktorer fortsat. Følgende faktorer antages at have væsentlig indflydelse på uhelds- og personskadetætheden: Bredde af kørespor, kantbane og yderrabat, kurvatur, mindste kurveradius, bakkethed, maksimalt stigningsforhold, ”definerede sideveje” og politikreds. Omvendt antages, at den resterende variation i belagt bredde, cykelfacilitet, gangfacilitet, type af endekryds og strækningslængde er ubetydelig for uhelds- og personskadetætheden – for disse faktorer opstilles ikke sikkerhedsfaktorer. Det er valgt, at mange faktorer fortsat skal variere, for at opnå at grundmodeller baseres på mange strækninger og uheld. Alternativt kunne strækninger med ukendt længdeprofil indgå, men det maksimale

stigningsforhold er af stor betydning for sikkerheden viser faktormodellerne, og derfor er det valgt kun at lade strækninger med kendt længdeprofil indgå. Om de varierende faktorer, der er antaget at have stor betydning for sikkerheden, kan nævnes: Kørespors- og kantbanebredden er i gennemsnit hhv. 3,32 og 0,68 meter. Bredden af yderrabat er i gennemsnit 1,91 meter i hver vejside. Medianværdier er for kurvatur 23 grader pr. km, for mindste kurveradius 424 meter, for bakkethed 9 meter pr. km og for maksimalt stigningsforhold 2,3 %. Antallet af ”definerede sideveje” er i gennemsnit 0,50 pr. km, mens medianværdien herfor er 0,00 definerede sideveje.

Udgangspunktet for grundmodeller er at lade førnævnte betydelige faktorer indgå i modellerne på en hensigtsmæssig måde for derefter at sætte faktorer til bestemte værdier. Faktoren Politikreds forringer grundmodellernes forklaringskraft, også selvom nogle kredse slås sammen. Politikreds er derfor undladt fra strækningers grundmodeller. Faktorerne mindste kurveradius og bakkethed er også undladt, da faktorerne kurvatur og maksimalt stigningsforhold fuldstændigt udraderer forklaringskraften knyttet til mindste kurveradius og bakkethed.

Type af uheld eller personskade	Antal uheld / personskader år 2011-2016	Estimerede konstanter		Spredningsparameter k	Elvik's indeks R_k^2
		a	p		
Personskadeuheld	456	0,00004125	0,8138	0,0695	0,76
Materielskadeuheld	554	0,00004587	0,8381	0,1589	0,53
Ekstrauheld	601	0,00003431	1,1480	0,3270	0,54
Person- og materielskadeuheld	1.010	0,00007910	0,8387	0,1690	0,53
Materielskade- og ekstrauheld	1.155	0,00002202	1,0084	0,2040	0,57
Alle uheld	1.611	0,00004336	0,9652	0,1675	0,58
Dræbte	71	0,00001188	0,7373	0,3933	0,50
Alvorlige skader	304	0,00001849	0,8410	0,5772	0,28
Lette skader	281	0,00004008	1,0197	1,3224	0,35
Dræbte og alvorlige skader	375	0,00002180	0,8486	0,7171	0,26
Alle personskader	656	0,00001729	0,9453	0,9764	0,28

Tabel 81. Grundmodeller for strækninger med cykling tilladt, ingen midterrabat, 2 kørespor a 3,5 meters bredde, kantbane på 0,5 meter og yderrabat på 2,0 meter i hver vejside, ingen fortov, kurvatur på 10 grader pr. km, maksimalt stigningsforhold på 2 %, ingen vejbelysning, ingen sideveje samt 80 km/t hastighedsbegrænsning. Baseret på 750 strækninger. Kursiverede estimerede konstanter er statistisk signifikante (95%-niveau).

I tabel 81 er vist grundmodellerne for strækninger. Alle modeller konvergerer og a- og p-værdier er signifikante. Det anbefales at benytte modeller for hver uheldsart og skadesgrad vist i tabel 81 med grå baggrund til estimering af uheld og personskader på strækninger. Modellerne forklarer mellem 28 og 76 % af den systematiske variation i uhelds- og personskadeforekomsten. Spredningsparametrene,

k, er forholdsvis små i tabel 81, hvilket betyder, at der kun er et beskedent omfang af uforklaret systematisk variation særligt i uheldsforekomsten.

I bilag 1 er vist yderligere oplysninger om grundmodellerne i tabel 81. Foruden a- og p-værdier er beskrevet relationer mellem uhelds-/personskadetætheden og faktorerne bredde af kørespor, kantbanebredde og yderrabat, kurvatur, maksimalt stigningsforhold og ”definerede sideveje”. Disse faktorer indgår i grundmodeller, men er sat til bestemte værdier i de beskrevne grundmodeller i tabel 81. Ud fra bilag 1 er der i tabel 82 angivet, hvordan disse faktorer er estimeret til at påvirke antallet af uheld på strækninger.

Faktor	Ændring	Effekt på alle uheld
Bredde af kørespor	Fra 3,5 meter til 2,75 meter	+56 %
	Fra 3,5 meter til 3,00 meter	+35 %
	Fra 3,5 meter til 3,25 meter	+16 %
	Fra 3,5 meter til 3,75 meter	-14 %
Bredde af kantbane	Fra 0,5 meter til 0,3 meter	+2 %
	Fra 0,5 meter til 1,0 meter	-5 %
	Fra 0,5 meter til 1,5 meter	-9 %
Bredde af yderrabat	Fra 2,0 meter til 0,0 meter	+12 %
	Fra 2,0 meter til 1,0 meter	+6 %
	Fra 2,0 meter til 3,0 meter	-5 %
Kurvatur	Fra 10 grader pr. km til 0 grader pr. km	-3 %
	Fra 10 grader pr. km til 20 grader pr. km	+3 %
	Fra 10 grader pr. km til 40 grader pr. km	+10 %
	Fra 10 grader pr. km til 60 grader pr. km	+17 %
Maksimalt stigningsforhold	Fra 2 % til 0 %	-7 %
	Fra 2 % til 4 %	+7 %
	Fra 2 % til 6 %	+15 %
	Fra 2 % til 8 %	+23 %
Definerede sideveje	Fra 0 pr. km til 1 pr. km	+8 %
	Fra 0 pr. km til 2 pr. km	+16 %
	Fra 0 pr. km til 4 pr. km	+34 %

Tabel 82. Estimerede effekter på alle uheld af ændringer i 6 faktorer på strækninger baseret på udarbejdede grundmodeller. Note: Kursiverede effekter er signifikante (95%-niveau).

Bredde af kørespor og kurvatur er signifikante faktorer og estimerer for effekterne er meget ensartede for de enkelte uheldsarter og skadesgrader. Definerede sideveje er ikke en signifikant faktor, men estimerer for effekterne er nogenlunde ensartet på tværs af uheldsarter og skadesgrader.

Maksimalt stigningsforhold er en signifikant faktor, men estimerer for effekter er højere for personskader og personskadeuheld end for materielskade- og ekstra-

uheld. De særskilte effekter af stigningsforholdet for dræbte, alvorlige og lette skader indikerer klart, at effekten på personskader af stigningsforholdet er større end for materielskade- og ekstrauehld. Stejle stigninger giver således betydeligt flere personskader, men kun lidt flere uehld kun med materielle skader.

Bredde af kantbane og yderrabat er ikke signifikante faktorer og usikkerheden på effekten er forholdsvis stor, især for bredden af kantbane. Effekten af bredden af kantbane kan være ens på tværs af uehldsarter og skadesgrader. Men effekten af bredde af yderrabat er forskellig og afhænger af alvorligheden af uehldet, fordi effekter for hver uehldsart er vidt forskellig og konfidensintervaller ikke overlapper hinanden. Brede yderrabatter synes derfor at medføre flere personskadeuehld end smalle yderrabatter, men også at medføre færre materielskadeuehld og endnu færre ekstrauehld.

4. Sikkerhedsfaktorer

I dette kapitel er forsøgt at anføre oplysninger om sikkerhedseffekter af diverse designelementer og reguleringer i relation til landevejsnettet. En væsentlig kilde til oplysninger er *Trafikksikkerhedshåndboken* fra Transportøkonomisk Institutt i Norge (Høye et al., 2017). Herudover indgår en række originale danske og udenlandske studier foruden resultater fra nærværende rapports kapitel 3.

Ofte anfører kilderne oplysninger om den sikkerhedsmæssige betydning af diverse designelementer og reguleringer som sikkerhedseffekter fx effekten af anlæg af venstresvingsspor i vigepligtsregulerede F-kryds er et fald i uheld på 27 %. I kapitlet beskrives sikkerhedseffekter, men de omformuleres også til **sikkerhedsfaktorer**. En sikkerhedsfaktor er en oddsratio-værdi. Det vil sige, at et fald på 27 % kan skrives som en sikkerhedsfaktor på $1 - 0,27 = 0,73$.

Når grundmodeller er specificeret med hensyn til det behandlede designelement, så er grundmodellens basis også udgangspunkt for anførelse af sikkerhedsfaktorer. Vedrørende venstresvingsspor gælder grundmodeller for vigepligtsregulerede kryds uden venstresvingsspor. Derfor angiver sikkerhedsfaktorer for venstresvingsspor, hvad der vil ske med sikkerheden, hvis venstresvingsspor anlægges i vigepligtsregulerede kryds.

Sikkerhedsfaktorer (forkortet SF) er nummereret og markeret med gult.

4.1 Signalregulerede kryds

Trafikksikkerhedshåndboken anslår, at signalregulering af kryds reducerer antallet af uheld med 29 % (Høye et al., 2017). Den effekt gælder for både T- og F-kryds samt by- og landzone. Effekten gælder ikke for ombygning af en rundkørsel til et signalreguleret kryds. Tidligere danske undersøgelser i by- og landzone finder tilsvarende effekter (Hoff & Overgaard, 1976; Jensen, 2010). Her findes dog, at effekten er større i F-kryds end i T-kryds. En tidligere udgave af Trafikksikkerhedshåndboken angiver da også, at effekten af signalregulering af T-kryds er et fald i uheld på 15 %, mens faldet er på 30-35 % i F-kryds.

Der opstilles ikke sikkerhedsfaktorer for signalregulering af kryds, da der haves grundmodeller for rundkørsler og vigepligtsregulerede kryds. Grundet manglende signaldokumentation for de kryds, som grundmodellerne er baseret på, kan der ikke opstilles sikkerhedsfaktorer for fx driftsform (tids- eller trafikstyring), signalprogrammering, faseinddeling, omløbstid, samordning, mv. Der opstilles heller ikke sikkerhedsfaktorer for fodgængerfelter i signalregulerede kryds, da det ikke var muligt at få både faktorer for fodgængerfelter og hastighedsbegrænsning med ind ved estimering af grundmodeller.

4.1.1 Ensrettet trafik og svingforbud

Trafikksikkerheshåndboken (Høye et al., 2017) anslår, at venstresvingsforbud medfører et fald i uheld på 27 %. Denne effekt er baseret på ét studie af vigepligtsregulerede kryds og er meget usikker. Andre studier tyder på, at effekten af svingforbud er forholdsvis lille. Der er ikke opgjort effekter af ensrettet trafik i kryds i Trafikksikkerheshåndboken.

For at få nogle rimelige estimater af betydning af ensrettet trafik er der opstillet nye sæt af faktormodeller for signal- og vigepligtsregulerede. De faktormodeller er baseret på samme data, som basismodeller for disse krydstyper. Der indgår kun data om årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje samt oplysningen om der er ensrettede vejben i krydset i de fire nye sæt af faktormodeller.

Effekt af ensrettet trafik	Krydstype			
	Signal T-kryds	Signal F-kryds	Vige T-kryds	Vige F-kryds
Personskadeuheld	-28 %	-71 %	-59 %	-45 %
Materielskadeuheld	+6 %	-46 %	-55 %	-30 %
Ekstrauheld	-6 %	-15 %	-48 %	+21 %
Alle uheld	-1 %	-44 %	-54 %	-26 %

Tablet 83. Effekter af ensrettet trafik baseret på faktormodeller med årsdøgntrafik på primær- og sekundærveje samt faktoren ENSRET (variabel om der er ensrettet trafik på et eller flere vejben). Der er effekter for hhv. T- og F-kryds og signal- og vigepligtsregulerede kryds.

Effekterne af ensrettet trafik opgjort i tabel 83 er forskellige i de fire krydstyper. En gennemsnitlig effekt er større i F-kryds end i T-kryds, og større i vigepligtsregulerede kryds end i signalregulerede kryds. Effekterne er dog forbundet med nogen usikkerhed og konfidensintervaller er overlappende. Man kan derfor operere med samme effekt på tværs af krydstyper. Gennemsnitlige effekter for krydstyperne er; personskadeuheld -51 %, materielskadeuheld -31 %, ekstrauheld -12 % og alle uheld -31 %. Effekten på alle uheld ligner til forveksling effekten af venstresvingsforbud angivet i Trafikksikkerheshåndboken.

Grundet usikkerheden på effekten af ensrettet trafik i kryds, foreslås forsigtigt nogle forholdsvis lave sikkerhedsfaktorer for ensrettet trafik på vejben:

Sikkerhedsfaktor for ensrettet trafik (SF_1)	Ensrettet trafik på et eller flere vejben	
	Ja	Nej
Personskadeuheld og personskader	0,60	1,00
Materielskadeuheld	0,75	1,00
Ekstrauheld	0,90	1,00

Tablet 84. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF_1) for ensrettet trafik i signalregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

Sikkerhedsfaktorerne er 1,00, når krydset ikke har vejben med ensrettet trafik, da grundmodellerne for signalregulerede kryds er baseret på kryds uden vejben med ensrettet trafik. Sikkerhedsfaktorer for ensrettet trafik inkluderer eventuelle afmærkede svingforbud. Der opstilles ikke sikkerhedsfaktorer for svingforbud.

4.1.2 Svingspor, midter- og delehelle

Baseret på et omfattende antal studier angiver Trafikksikkerheshåndboken (Høye et al., 2017), at både venstre- og højresvingsspor har gunstig virkning på trafikksikkerheden. Venstresvingsspor anslås at give et fald i alle uheld på 11 % i T-kryds og 27 % i F-kryds, mens højresvingsspor ser ud til at give et fald i uheld på 19 % og 22 % i hhv. T- og F-kryds. Effekten på uheld af både venstre- og højresvingsspor er angivet til et fald på 8 % og 45 % i hhv. T- og F-kryds. De fleste af studierne undersøger signalregulerede kryds. Trafikksikkerheshåndboken angiver, at effekten af venstresvingsspor synes lidt større i signalregulerede kryds end i vigepligtsregulerede kryds, mens effekten af højresvingsspor synes mindst i signalregulerede kryds. Konfidensintervallerne for effekterne for svingspor overlapper hinanden, og det kan være, at effekterne er ens af højre- og venstresvingsspor og i T- og F-kryds. Det er i Trafikksikkerheshåndboken ikke angivet, om effekten er ved anlæg af fx et, to, tre eller fire svingspor.

En amerikansk undersøgelse viser, at venstresvingsspor på primærvejen i signalregulerede T-kryds giver et fald i uheld på 15 %, mens hhv. et og to venstresvingsspor på primærvejen i signalregulerede F-kryds giver fald på 18 % og 33 % (Harwood et al., 2002). Højresvingsspor giver en væsentlig lavere effekt, da hhv. et og to højresvingsspor på primærvejen giver et fald i uheld på 2,5 % og 5 %.

Uheldsmodellerne i kapitel 3 indikerer, at venstresvingsspor i signalregulerede kryds giver en forbedring af sikkerheden, mens højresvingsspor synes at give en forværring af sikkerheden. Disse effekter fra kapitel 3 er dog upålidelige.

Grundmodeller for signalregulerede T-kryds er baseret på, at krydset har 1 højresvingsspor og 2 venstresvingsspor. På baggrund af oplysningerne opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for svingspor i signalregulerede T-kryds:

Sikkerhedsfaktor for svingspor (SF_2)	Antal svingspor				
	0	1	2	3	4 eller flere
Uheld og personskader – T-kryds	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95

Tabel 85. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF_2) for svingspor i signalregulerede T-kryds i det åbne land.

Grundmodeller for signalregulerede F-kryds er baseret på, at krydset har 2 højresvingsspor og 4 venstresvingsspor. På baggrund af oplysningerne opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for svingspor i signalregulerede F-kryds:

Sikkerhedsfaktor for svingspor (SF ₃)	Antal svingspor								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8 eller flere
Uheld og personskader – F-kryds	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

Tabel 86. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₃) for svingspor i signalregulerede F-kryds i det åbne land.

I Trafikksikkerhedshåndboken er effekter af midterheller i signalregulerede kryds inkluderet i de førnævnte effekter af svingspor (Høye et al., 2017). Det anføres, at effekterne er lidt bedre, når heller udføres kantstensbegrænset i forhold til påmalede heller, men at forskellene i effekter er små og langt fra statistisk signifikante.

Grundmodeller for signalregulerede kryds er baseret på kryds med midterheller i alle vejben. Det antages, at sikkerhedsfaktorer for svingspor inkluderer eventuelle effekter af midterheller. Derfor opstilles ikke sikkerhedsfaktorer for midterheller.

Trafikksikkerhedshåndboken anfører, at forbedring af sigtforhold fra venstresvingsspor giver et ikke signifikant fald i uheld på 2 % (Høye et al., 2017). En sådan forbedring af sigtforhold indebærer typisk en forskydning af venstresvingsspor ved etablering af en kantstensbegrænset eller påmalet delehelle. En påmalet delehelle kaldes ofte for et ”slips”. Jensen og Buch (2017) finder ikke signifikante effekter af slips og deleheller. Der opstilles ikke sikkerhedsfaktorer for slips og deleheller.

4.1.3 Svingpil

Udgangspunktet for grundmodeller for signalregulerede kryds er, at der ikke forefindes svingpile for højre- eller venstresvingende trafikanter. Oftest etableres der først højresvingpile, når krydset har venstresvingpile. Samtidig er sikkerhedseffekter af højresvingpile ikke veldokumenterede (Jensen og Buch, 2017). Derfor opstilles der kun sikkerhedsfaktorer for venstresvingpile.

En dansk undersøgelse (Jensen og Buch, 2017) viste, at etablering af bundet venstresving i 54 kryds gav et signifikant fald i antallet af uheld på 35 %. Faldet var hhv. 66 % i T-kryds og 32 % i F-kryds. Effekter var ret ensartede for forskellige uheldsarter og skadesgrader. Dog var effekterne betydeligt højere i kryds i byer (fald på 38 %) end på landet (fald på 14 %). En senere effekttopgørelse alene for kryds i åbent land udviser et fald i alle uheld på 72 % i T-kryds og 4 % i F-kryds, dog er usikkerheden på de effekter stor. En belgisk undersøgelse (De Pauw et al., 2015) viste, at etablering af bundet venstresving i 103 kryds gav et signifikant fald i antallet af personskadeuheld på 37 %. Denne effekt blev dog ikke opdelt på T- og F-kryds samt by og land.

På baggrund af et litteraturstudie konkluderer Jensen og Buch (2017), at 1-lys venstresvingpil ikke påvirker det samlede antal uheld i signalregulerede kryds. Samme konklusion findes i Trafikksikkerhedshåndboken (Høye et al., 2017).

Uheldsmodellerne i kapitel 3 indikerer, at venstresvingspile forbedrer sikkerheden i signalanlæg, og denne forbedring er større i T-kryds end i F-kryds. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for venstresvingspile:

Sikkerhedsfaktor for venstresvingspile (SF ₄)	Venstresvingspile		
	Ingen	1-lys pil	3-lys pil (bundet venstresving)
Uheld og personskader – T-kryds	1,00	1,00	0,70
Uheld og personskader – F-kryds	1,00	1,00	0,90

Tabel 87. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₄) for venstresvingspile i signalregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

Etablering af venstresvingspile kan kun udføres, hvis der er mindst et venstresvingsspor i krydset. Eventuelle effekter af deleheller ved bundet venstresving er inkluderet i ovenstående sikkerhedsfaktorer.

4.1.4 Cykelfacilitet

Udgangspunktet for grundmodeller for signalregulerede kryds er, at der ikke forefindes cykelfaciliteter på vejbenene. Trafikksikkerhedshåndboken anslår på baggrund af en række studier i både by- og landzone, at etablering af cykelbaner giver en stigning i uheld i kryds på 20 %, mens etablering af enkelt- og dobbeltrettede cykelstier giver en stigning i uheld i kryds på hhv. 4 % og 1 % (Høye et al., 2017). Disse effekter er for alle slags kryds i by- og landzone.

På baggrund af modeller i afsnit 3.1.3 og 3.3.3 for signal- og vigepligtsregulerede kryds kan den gennemsnitlige effekt af kant- og cykelbane opgøres til en stigning i uheld på 6 %, mens gennemsnitlige effekter af enkelt- og dobbeltrettede cykelstier er hhv. et fald i uheld på 4 % og en stigning i uheld på 24 %.

Effekterne af cykelfaciliteter formodes at være nogenlunde ens i hhv. signal- og vigepligtsregulerede kryds samt i hhv. T- og F-kryds. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for cykelfaciliteter i signalregulerede kryds:

Sikkerhedsfaktor for cykelfacilitet (SF ₅)	Cykelfacilitet			
	Ingen	Kant- og cykelbane	Enkeltrettet cykelsti	Dobbeltrettet cykelsti
Uheld og personskader	1,00	1,10	1,00	1,10

Tabel 88. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₅) for cykelfaciliteter i signalregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

4.1.5 Hastighedsbegrænsning

Grundmodeller for signalregulerede kryds har som udgangspunkt, at hastighedsbegrænsningen er 70 km/t på vejbenene. Det er vidt forskelligt, hvilken virkning

hastighedsbegrænsningen er beregnet til at have i kryds og rundkørsler i kapitel 3. Baggrunden herfor er måske, at hastighedsbegrænsningen er korreleret med andre faktorer fx trafiksamensætning, afmærkning, mv., der i flere tilfælde ikke findes oplysninger om i nærværende arbejde. Tidligere undersøgelser af hastighedsbegrænsningens betydning for trafikikkerheden viser, at sikkerheden forværres, når hastighedsbegrænsningen sættes op. Og omvendt at sikkerheden forbedres, når hastighedsbegrænsningen sættes ned.

Elvik (2009) beskriver med potensmodeller forholdsvis klare sammenhænge mellem ændringer i gennemsnitshastighed og ændringer i trafikikkerhed. Disse modeller gælder for strækninger og kryds set under ét med hensyn til uheld og personskader, men hvor hastigheder er målt på strækninger. Potensmodellerne er relativt simple:

$$\frac{Uheld_{efter}}{Uheld_{før}} = \left(\frac{Hastighed_{efter}}{Hastighed_{før}} \right)^{potens}$$

Potensen estimerede Elvik til 1,6 for personskadeuheld, 1,5 for materielskade- og ekstrauehld, 2,2 for personskader, 4,6 for dræbte, 3,5 for alvorlige skader og 1,4 for lette skader for veje i det åbne land. På baggrund af disse potenser, uheld før og hastighed før en ændring er det muligt beregne et forventet antal uheld og personskader, når man har et rimeligt bud på, hvad hastigheden vil være efter en ændring.

Høye et al. (2017) angiver med en anden model, hvordan gennemsnitshastigheden ændrer sig, når hastighedsbegrænsningen ændres. Den model er en relativ simpel andengradsligning: $y = -0,0058 x^2 + 0,2781 x - 0,2343$, hvor y er ændring i gennemsnitshastighed og x er ændring i hastighedsbegrænsning. Sænkes hastighedsbegrænsningen fra 80 til 70 km/t, så kan man forvente, at gennemsnitshastigheden falder, idet $y = -0,0058 \cdot (-10)^2 + 0,2781 \cdot (-10) - 0,2343 = -3,6$ km/t.

Hvis hastighedsbegrænsningen og gennemsnitshastigheden ved et signalreguleret kryds var 80 km/t på vejbenene før en ændring, så ville gennemsnitshastigheden falde til ca. 76,4 km/t, hvis hastighedsbegrænsningen blev sænket til 70 km/t. Med brug af potensmodellerne kan det så beregnes, at antallet af personskadeuheld vil falde med $1 - (76,4 / 80)^{1,6} = 7,1$ %, mens antallet af alvorlige skader vil falde med $1 - (76,4 / 80)^{3,5} = 14,9$ %.

En større dansk undersøgelse (Greibe og Nielsen, 1996) af signalregulerede kryds viste, at uhelds- og skadesfrekvensen afhænger af hastighedsbegrænsningen. De finder, at når risikoen sættes til indeks 100 i kryds, hvor der er 80 km/t hastighedsbegrænsning på primærvejen, så er indekset følgende i andre kryds:

Indeks for risiko	Byzone (km/t)				Landzone (km/t)		
	50	60	70	80	60	70	80
Uheld kun med motorkøretøjer	72	80	82	100	69	79	100
Dræbte og alvorlige skader i disse uheld	62	72	52	100	41	66	100

Tabel 89. Indeks for uhelds- og skadesfrekvens (80 km/t = 100) i signalregulerede kryds med forskellig hastighedsbegrænsning på primærveje i hhv. by- og landzone (Greibe og Nielsen, 1996).

Fald i indeks for uhelds- og skadesfrekvenser i Greibes og Niensens undersøgelse ser ud til at være noget større end de fald, der kan beregnes med baggrund i Elviks potensmodeller samt de modellerede sammenhænge mellem hastighedsbegrænsning og gennemsnitshastighed.

Der gøres brug af modellerede sammenhænge mellem hastighedsbegrænsning og gennemsnitshastighed samt potensmodeller til at estimere sikkerhedsfaktorer for ændringer af hastighedsgrænser. Det antages, at gennemsnitshastigheden er lig med hastighedsbegrænsningen før en ændring af hastighedsgrænser. Det antages, at virkningen på trafiksikkerheden er ens i T- og F-kryds. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejbenene i signalregulerede T- og F-kryds:

Sikkerhedsfaktor for gennemsnitlig hastighedsbegrænsning på vejben (SF_6)	Hastighedsbegrænsning (km/t)				
	50	60	70	80	90
Personskadeuheld	0,82	0,92	1,00	1,05	1,07
Materielskade- og ekstrauheld	0,83	0,92	1,00	1,04	1,07
Dræbte	0,57	0,78	1,00	1,14	1,21
Alvorlige skader	0,65	0,83	1,00	1,10	1,16
Lette skader	0,84	0,93	1,00	1,04	1,06

Tabel 90. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF_6) for den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning på vejben i signalregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

De foreslåede sikkerhedsfaktorer i tabel 90 må anses for tvivlsomme for de signalregulerede kryds, hvor et, to eller flere vejben har ensrettet trafik fx rampekryds og andre toplanskryds.

4.2 Rundkørsler

Jensen (2017) anslår på baggrund af 19 større før-efter uheldsevalueringer, at ombygning af kryds til rundkørsler medfører et fald i personskader på 70 % og et fald i uheld på 43 %. Ifølge en evaluering af danske ombygninger afhænger effekten på uheld dog i høj grad af højeste hastighedsbegrænsning på vejene ved krydset før ombygningen, da effekten er en stigning i uheld på 1 % ved 40-50 km/t, og et fald i uheld på 13 %, 32 %, 43 % og 67 % ved hhv. 60, 70, 80 og 90-130 km/t (Jensen, 2013a). Jensen (2013a) finder, at effekten ved ombygninger af kryds til

rundkørsler i landzone er et fald i uheld på 55 % og fald i personskader på 81 %. Studiet viser tillige, at der opnås bedre sikkerhedseffekter ved ombygning af F-kryds til rundkørsler end ved ombygning af T-kryds. Der opnås bedre effekter ved ombygning af vigepligtsregulerede kryds end ved ombygning af signalregulerede kryds. Og der opnås bedre effekter ved ombygning af kryds til 1-sporede rundkørsler end ved ombygning til flersporede rundkørsler.

Trafikksikkerheshåndboken finder, at ombygninger af kryds til rundkørsler i det åbne land giver et fald i uheld på 68 % (Høye et al., 2017). De finder desuden, at ombygning af vigepligtsregulerede kryds til rundkørsler giver et 15 procentpoint større fald i uheld end ombygning af signalregulerede kryds, mens ombygning af F-kryds giver et 20 procentpoint større fald i uheld end ombygning af T-kryds til rundkørsler.

Der opstilles ikke sikkerhedsfaktorer for ombygning af kryds til rundkørsler eller omvendt, da der haves grundmodeller for signal- og vigepligtsregulerede kryds. Grundet manglende viden om fodgængerfelters betydning for trafikksikkerheden i rundkørsler opstilles heller ikke sikkerhedsfaktorer for fodgængerfelter. Ligeledes er viden om de sikkerhedsmæssige effekter af signalregulering af rundkørsler så begrænset, at der ikke opstilles sikkerhedsfaktorer herfor.

4.2.1 Antal vejgrene, hovedtype og shunt (tilfartskørespor)

Jensen (2013a; 2013b) viser, at 1-sporede rundkørsler er sikrere end flersporede rundkørsler, og at rundkørsler med to cirkulationsspor hele vejen rundt har højere uheldsfrekvens end rundkørsler, hvor der kun er to cirkulationsspor på en del af cirkulationsarealet rundt i rundkørslen, mens andre dele kun har et cirkulationsspor. Undersøgelserne viser også, at frekvensen af personskadeuheld i flersporede rundkørsler er nogenlunde som i 1-sporede rundkørsler, men frekvensen af materielskade- og ekstrauheld i flersporede rundkørsler er langt højere end i 1-sporede rundkørsler.

Jensen (2013b) finder, at jo flere vejgrene rundkørslen har, desto højere er uheldsfrekvensen i rundkørslen. Han finder samtidig, at shunter ikke har nævneværdig indvirkning på sikkerheden i rundkørsler. Jensen (2013a) finder, at det er sikrere at ombygge kryds til 1-sporede rundkørsler med shunter, frem for at ombygge kryds til flersporede rundkørsler.

Modelleringsarbejdet i afsnit 3.2 viser, at det mest hensigtsmæssige er at tage højde for antal vejgrene, hovedtype og shunt ved at betragte antallet af tilfartskørespor og opfatte en shunt som et tilfartskørespor. Når antallet af tilfartskørespor indgår i en uheldsmodel på den måde som variabel, så har antallet af vejgrene og hovedtype reelt ingen betydning for uheldsfrekvensen. Ud fra de mange modeller fås, at et ekstra tilfartskørespor har effekter på personskadeuheld og personskader fra en stigning på 1,8 % til et fald på 1,9 %, mens effekter på materielskade- og

ekstrauheld er en stigning på 20-26 %. Ser man på materielskade- og ekstrauheld under ét, så er effekten af en ekstra shunt en stigning på 24,4 %, mens effekten af et ekstra almindeligt tilfartskørespør er en stigning på 22,6 %.

Grundmodeller har som udgangspunkt, at rundkørslen har 4 vejgrene, er 1-sporet, har 4 tilfartskørespør og 4 frafartskørespør. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for antal tilfartskørespør i rundkørsler, hvor en shunt skal betragtes som et tilfartskørespør:

Sikkerhedsfaktor for tilfartskørespør (SF_7)	Antal tilfartskørespør							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Personskadeuheld og personskader	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Materielskade- og ekstrauheld	0,54	0,77	1,00	1,23	1,46	1,69	1,92	2,15

Tabel 91. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF_7) for antal tilfartskørespør i rundkørsler i det åbne land. En shunt skal betragtes som et tilfartskørespør.

4.2.2 Sekundærhelle

Jensen (2013a) finder, at parallelheller er mindre sikre end trekants- og trompetheller både i 1-sporede og flersporede rundkørsler i by- og landzone. Tallene er dog usikre, når det alene gælder 1-sporede rundkørsler i landzone. Det er ud fra Jensens undersøgelse ikke muligt at sige, om rundkørsler uden sekundærheller eller blandede typer af sekundærheller er mere eller mindre sikre end rundkørsler med fx trekantsheller.

Arbejdet med uheldsmodeller i afsnit 3.2 viser, at rundkørsler med parallelheller har en 17 % højere uheldsfrekvens end rundkørsler med trekants- eller trompetheller. Ses alene på personskadeuheld, så er uheldsfrekvensen 23 % højere. Da der kun er 2 rundkørsler uden sekundærheller i det åbne land, er det ikke muligt at angive pålidelige effekter herfor.

Grundmodeller har som udgangspunkt, at rundkørslen har 4 vejgrene, er 1-sporet, har 4 tilfartskørespør og 4 frafartskørespør. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for antal tilfartskørespør i rundkørsler, hvor en shunt skal betragtes som et tilfartskørespør:

Sikkerhedsfaktor for type af sekundærheller (SF_8)	Type af sekundærhelle		
	Ingen / blandet	Parallel	Trekant / trompet
Personskadeuheld og personskader	1,00	1,20	1,00
Materielskade- og ekstrauheld	1,00	1,15	1,00

Tabel 92. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF_8) for type af sekundærhelle i rundkørsler i det åbne land.

4.2.3 Midterø diameter og højde

Trafiksikkerhedshåndboken finder, at uheldsfrekvensen stiger med stadig større midterø diameter (Høye et al., 2017). Jensen (2013a) finder, at de bedste sikkerhedseffekter ved ombygninger af kryds til rundkørsler fås, når midterøens diameter inklusiv eventuelt overkørselsareal er 20-40 meter.

Uheldsmodelleringen i afsnit 3.2 indikerer klart, at uheldsfrekvensen i rundkørsler stiger med stadig større midterø diameter. Det kan skyldes, at trafikarbejdet pr. køretøj stiger med stadig større rundkørsel. Effekter af midterøens diameter er ret ens for de enkelte uheldsarter og skadesgrader. Når midterøens diameter øges med 1 meter, så øges antallet af uheld med ca. 1,3 %. Der findes kun få rundkørsler med en midterø diameter over 60 meter i det åbne land. Man skal være klar over, at hver gang midterøens diameter øges med 2 meter, så bliver strækninger hen til rundkørslen 1 meter kortere – alt andet lige.

Udgangspunktet for grundmodeller er en rundkørsel med midterø diameter på 30 meter (eksklusiv eventuelt overkørselsareal). Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for midterøens diameter:

Sikkerhedsfaktor for midterøens diameter (SF₉)	Midterø diameter (meter)						
	10 meter og derunder	20	30	40	50	60	70 meter og derover
Uheld og personskader	0,77	0,88	1,00	1,14	1,30	1,49	1,70

Tabel 93. Forslag til sikkerhedsfaktorer (**SF₉**) for midterøens diameter i rundkørsler i det åbne land.

Ifølge Jensen (2017) er 1-sporede rundkørsler med høje midterøer (2 meter eller højere på midten i forhold til cirkulationsarealet) ca. 20 % og 23 % sikrere i hhv. by- og landzone end 1-sporede rundkørsler med lave midterøer. Jensen (2013a) finder, at midterøens højde ikke har betydning for sikkerheden i flersporede rundkørsler. Når midterøen er 2 meter eller højere på midten, så kan en personbil ”gemme” sig på den modsatte side af midterøen. Midterøens højde kan udgøres af fx jordhøj, tæt beplantning, skulpturer, osv.

Uheldsmodeller fra afsnit 3.2 viser, at 1-sporede rundkørsler med høje midterøer (2 meter eller højere på midten i forhold til cirkulationsarealet) i det åbne land har 21 % færre uheld og 23 % færre personskader end 1-sporede rundkørsler med lave midterøer i det åbne land. Udgangspunkt for grundmodeller er en rundkørsel med 0-1,9 meter høj midterø. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for midterøens højde i rundkørsler:

Sikkerhedsfaktor for midterøens højde (SF₁₀)	Midterø højde på midten (meter)	
	0-1,9	2,0-10,0
Uheld og personskader – 1-sporede rundkørsler	1,00	0,78
Uheld og personskader – flersporede rundkørsler	1,00	1,00

Tabel 94. Forslag til sikkerhedsfaktorer (**SF₁₀**) for midterøens højde i rundkørsler i det åbne land.

4.2.4 Bredde af overkørsels- og cirkulationsareal

Udgangspunkt for grundmodeller for rundkørsler er et 2 meter bredt overkørselsareal ind mod midterøen og et 6,5 meter bredt cirkulationsareal. Trafikksikkerhedshåndboken beskriver ikke, hvordan bredder af overkørsels- og cirkulationsareal påvirker sikkerheden i rundkørsler (Høye et al., 2017).

Jensen (2015) viser, at 1-sporede rundkørsler har den bedste sikkerhed, når overkørselsarealet ind mod midterøen er ca. 2 meter bredt. Afmærkning af kantlinje ved overkørselsarealet har ikke nævneværdig betydning for sikkerheden i rundkørsler i det åbne land. Bredden af overkørselsarealet synes dog kun at kunne påvirke sikkerheden med op til ca. 20 %. Det er uvist, hvordan overkørselsarealet bredde påvirker sikkerheden i flersporede rundkørsler.

Uheldsmodellerne i afsnit 3.2 indikerer, at uheldsfrekvensen falder, jo bredere overkørselsarealet er. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for bredde af overkørselsareal i rundkørsler:

Sikkerhedsfaktor for bredde af overkørselsareal (SF ₁₁)	Bredde af overkørselsareal (meter)				
	0	0,5-1,4	1,5-2,4	2,5-3,4	3,5-7,0
Uheld og personskader – 1-sporede rundkørsler	1,20	1,10	1,00	1,05	1,05
Uheld og personskader – flersporede rundkørsler	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 95. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₁₁) for bredde af overkørselsarealet i rundkørsler i det åbne land.

Jensen (2013a) viser, at ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler giver de bedste sikkerhedseffekter, når cirkulationsarealet er 6,0-6,9 meter bredt. Fundne sikkerhedseffekter af ombygninger er fald i uheld på 22 %, 36 %, 53 % og 43 %, når cirkulationsarealet er hhv. 4,0-4,9 meter, 5,0-5,9 meter, 6,0-6,9 meter og 7,0-9,8 meter bredt. Jensen (2015) finder i et litteraturstudie, at den bedste sikkerhed i 1-sporede rundkørsler oftest opnås, når cirkulationsarealet er 6-8 meter bredt. Det er uvist, hvordan bredden af cirkulationsarealet påvirker sikkerheden i flersporede rundkørsler.

Uheldsmodellerne i afsnit 3.2 indikerer, at uheldsfrekvensen stort set er upåvirket af bredden af cirkulationsarealet. Cirkulationsarealet er 3,5-10,5 meter bredt i rundkørsler i det åbne land. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for bredde af cirkulationsareal i rundkørsler:

Sikkerhedsfaktor for bredde af cirkulationsareal (SF ₁₂)	Bredde af cirkulationsareal (meter)				
	3,5-4,9	5,0-5,9	6,0-6,9	7,0-7,9	8,0-10,5
Uheld og personskader – 1-sporede rundkørsler	1,20	1,10	1,00	1,05	1,05
Uheld og personskader – flersporede rundkørsler	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 96. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₁₂) for bredde af cirkulationsarealet i rundkørsler i det åbne land.

En pointe er, at når bredder af overkørsels- eller cirkulationsareal øges, så bliver strækninger hen til rundkørslen kortere – alt andet lige.

4.2.5 Cykelfacilitet

Uheldsmodellerne i afsnit 3.2 indikerer, at cykelfaciliteter i rundkørsler i det åbne land er af betydning for trafikssikkerheden i rundkørslerne. Udgangspunktet for grundmodellerne er, at der ikke forefindes cykelfacilitet i rundkørslen, men at cykling er tilladt. Det findes, at effekten på uheld af cykelbane i rundkørslen er en stigning i uheld på 40 %, mens en cykelsti, hvor bilister skal vige for cyklister ved vejgrene, giver en stigning i uheld på 5 %. Omvendt giver et forbud mod cykling i rundkørslen et fald i uheld på 13 %, og en cykelsti, hvor cyklister skal vige for bilister ved vejgrene, giver et fald i uheld på 23 %. Disse effekter af cykelfacilitet skal ses i lyset af, at ca. 29 % af personskaderne i rundkørsler i det åbne land er blandt fodgængere, cyklister og knallertkørere. En baggrund for cykelbaners ringe effekt kan være, at de reelt udvider bredden af cirkulationsarealet.

Jensen (2017) beskriver effekter på cykeluheld af cykelfaciliteter i 1-sporede rundkørsler og finder, at etablering af cykelbaner øger antallet af cykeluheld med 33 %. Etablering af cykelsti, hvor bilister skal vige for cyklister ved vejgrene, giver et fald i cykeluheld på 26 %, mens etablering af cykelstier, hvor cyklister skal vige for bilister ved vejgrene, giver et fald i cykeluheld på 84 %. Ifølge Jensen (2013a) er effekter af cykelfaciliteter i hhv. 1-sporede og flersporede rundkørsler næsten ens, men effekterne for flersporede rundkørsler er usikre.

Sikkerhedsfaktor for cykelfacilitet (SF_{13})	Type af cykelfacilitet				
	Ingen	Cykling forbudt	Cykelbane	Cykelsti, bil viger	Cykelsti, cykel viger
Uheld og personskader	1,00	0,90	1,25	1,00	0,80

Tabel 97. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF_{13}) for cykelfacilitet i rundkørsler i det åbne land.

Ved rundkørsler, hvor cykling er forbudt i rundkørslen, kan der være stier i eget tracé, som føres i tunnel under en eller flere vejgrene. På en cykelsti, hvor cyklister skal vige ved vejgrene, er der afmærket hjattænder på stien og opsat B11-tavler (trekant på spids). Stier er oftest trukket flere meter væk fra cirkulationsarealet.

4.2.6 Belysning

Spahn og Bäumlér (2007) finder, at 1-sporede rundkørsler med belysning i åbent land har en 43 % lavere uheldsfrekvens end sammenlignelige rundkørsler uden belysning.

Uheldsmodellerne i afsnit 3.2 viser, at belysning har en stor signifikant betydning for sikkerheden i rundkørsler. Belysning er estimeret til at give et fald i uheld på 74 % og et fald i personskader på 77 %.

I de få rundkørsler i åbent land uden belysning i Danmark sker 21 af 27 uheld i mørke / tussmørke svarende til 78 %, mens kun 32 % af uheldene i rundkørsler med belysning sker i mørke / tussmørke. Det indikerer, at belysning af rundkørsler giver en stor procentuel reduktion i antallet af uheld i mørke.

Udgangspunktet i grundmodeller for rundkørsler er, at der er belysning. Effekter af belysning i rundkørsler er store men usikre. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for belysning i rundkørsler:

Sikkerhedsfaktor for belysning (SF ₁₄)	Belysning	
	Ja, belysning	Nej, ingen belysning
Personskadeuheld	1,00	2,25
Materielskade- og ekstrauheld	1,00	1,75
Dræbte	1,00	3,50
Alvorlige skader	1,00	2,50
Lette skader	1,00	2,00

Tabel 98. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₁₄) for belysning i rundkørsler i det åbne land.

4.2.7 Hastighedsbegrænsning

Hverken Trafikksikkerhåndboken (Høje et al., 2017) eller Jensen (2015) kan i deres litteraturstudier pege på, at hastighedsbegrænsningen på vejgrene skulle øve indflydelse på sikkerheden i rundkørsler. Rundkørsler er i sig selv en fartdæmpende foranstaltning, og litteraturen tyder på, at designet af rundkørslen er styrende for trafikanters valg af hastighed i og ved rundkørslen.

Jensen (2013) udførte uheldsmodellering af rundkørsler og fandt en stigende uheldsfrekvens med stigende hastighedsbegrænsning, når man tog udgangspunkt i den laveste hastighedsbegrænsning på vejgrene. Omvendt fandt han en faldende uheldsfrekvens med stigende hastighedsbegrænsning, når man tog udgangspunkt i den højeste hastighedsbegrænsning på vejgrene.

Uheldsmodellerne i afsnit 3.2 har en stærk sammenhæng mellem uheldsfrekvens og den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning på vejgrene for rundkørsler i det åbne land. Her er der et fald i uheld på ca. 1,7 % og et fald i personskader på ca. 1,2 %, når den gennemsnitlige hastighedsbegrænsning falder med 1 km/t. Disse sammenhænge kan skyldes, at afmærkning (fx forvarsling) og trafiksammensætningen i rundkørsler korrelerer med hastighedsbegrænsningen.

Udgangspunktet for grundmodellerne er en hastighedsbegrænsning på alle vejgrene på 80 km/t. Det er særledes usikkert, om hastighedsbegrænsningen på vejgrene har en reel betydning for sikkerheden i rundkørslerne. Sikkerhedsfaktoren **SF₁₅** sættes derfor til 1,00 for alle niveauer af hastighedsbegrænsninger på vejgrene i 1-sporede og flersporede rundkørsler i det åbne land.

4.3 Vigepligtsregulerede kryds

Det er under afsnit 4.1 og 4.2 beskrevet, hvordan trafikikkerheden påvirkes, når vigepligtsregulerede kryds enten signalreguleredes eller ombygges til rundkørsel. Der opstilles ikke sikkerhedsfaktorer for signalregulering af kryds eller ombygning til rundkørsel, da der haves grundmodeller for alle tre krydstyper.

4.3.1 Type af vigepligt

Trafikikkerhethåndboken finder, at afmærkning af ubetinget vigepligt i kryds reducerer antallet af personskadeuheld med 4 %, mens antallet af uheld kun med materielle skader stiger med 9 % (Høye et al., 2017). Disse effekter er ikke statistisk signifikante. Hvis der ikke er afmærket vigepligt i kryds, så er der højrevigepligt. Afmærkning af ubetinget vigepligt har de bedste sikkerhedseffekter i kryds med beskeden trafik på sekundærveje.

Trafikikkerhethåndboken finder, at afmærkning af stoppligt i form af stoplinjer og stoptavler i stedet for ubetinget vigepligt i kryds reducerer antallet af personskadeuheld med 31 % i T-kryds og med 44 % i F-kryds (Høye et al., 2017). Disse resultater er bl.a. baseret på en større dansk undersøgelse (Helberg et al., 1996).

Kapitel 3 indikere, at uheds- og skadesfrekvenser er højere i kryds med stoppligt end i kryds med ubetinget vigepligt. En mulig forklaring herpå kan være, at stoptavler og -linjer ofte er blevet afmærket i uhedsbelastede kryds. Alligevel er det sandsynligt, at effekter af stoppligt er mindre i Danmark end angivet i Trafikikkerhethåndboken. Grundmodeller for vigepligtsregulerede kryds er baseret på kryds med ubetinget kryds afmærket i form af hjaltænder og B11-tavler (Trekant på spids). Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for type af vigepligt:

Sikkerhedsfaktor for type af vigepligt (SF₁₆)	Type af vigepligt		
	Højre	Ubetinget	Stop
Personskadeuheld og personskader – T-kryds	1,04	1,00	0,75
Materielskade- og ekstrauheld – T-kryds	0,92	1,00	0,75
Personskadeuheld og personskader – F-kryds	1,04	1,00	0,65
Materielskade- og ekstrauheld – F-kryds	0,92	1,00	0,65

Tabel 99. Forslag til sikkerhedsfaktorer (**SF₁₆**) for type af vigepligt i vigepligtsregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

4.3.2 Ensrettet trafik og svingforbud

Grundmodeller for vigepligtsregulerede kryds er for kryds, hvor alle vejben har dobbeltrettet trafik. Der opereres med de samme sikkerhedsfaktorer for ensrettet trafik i vigepligtsregulerede kryds som i signalregulerede kryds (se eventuelt afsnit 4.1.1):

Sikkerhedsfaktor for ensrettet trafik (SF ₁₇)	Ensrettet trafik på et eller flere vejben	
	Ja	Nej
Personskadeuheld og personskader	0,60	1,00
Materielskadeuheld	0,75	1,00
Ekstrauheld	0,90	1,00

Tabel 100. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₁₇) for ensrettet trafik i vigepligtsregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

Sikkerhedsfaktorer for ensrettet trafik inkluderer evt. afmærkede svingforbud. Der opstilles ikke sikkerhedsfaktorer særskilt for svingforbud.

4.3.3 Svingspor og heller

Grundmodeller for vigepligtsregulerede kryds er baseret på, at krydset ikke har svingspor og ikke har heller. Som beskrevet i afsnit 4.1.2 anslår Trafikksikkerhedshåndboken (Høye et al., 2017), at højre- og venstresvingsspor har en gunstig virkning på trafiksikkerheden.

En amerikansk undersøgelse viser, at venstresvingsspor på primærvejen i vigepligtsregulerede T-kryds giver et fald i uheld på 22 %, mens hhv. et og to venstresvingsspor på primærvejen i vigepligtsregulerede F-kryds giver fald på 24 % og 42 % (Harwood et al., 2002). Højresvingsspor giver en lavere effekt, da hhv. et og to højresvingsspor på primærvejen giver et fald i uheld på 5 % og 10 %.

Det antages, at den gunstige virkning kun gælder for svingspor på primærvejen i vigepligtsregulerede kryds, mens svingspor på sekundærvejen antages ikke at påvirke trafiksikkerheden. På denne baggrund opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for svingspor på primærvejen i vigepligtsregulerede T- og F-kryds:

Sikkerhedsfaktor for svingspor (SF ₁₈)	Antal svingspor		
	0	1	2
Alle uheld og personskader – T-kryds	1,00	0,85	0,75

Tabel 101. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₁₈) for svingspor på primærvejen i vigepligtsregulerede T-kryds i det åbne land.

Sikkerhedsfaktor for svingspor (SF ₁₉)	Antal svingspor				
	0	1	2	3	4
Alle uheld og personskader – F-kryds	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60

Tabel 102. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₁₉) for svingspor på primærvejen i vigepligtsregulerede F-kryds i det åbne land.

Sikkerhedsfaktorer for svingspor på primærveje inkluderer effekter af primær- og eventuelle deleheller.

Trafikksikkerhedshåndboken anslår, at sekundærheller giver en stigning i uheld på 11 % i T-kryds og et fald i uheld på 28 % i F-kryds (Høye et al., 2017). Det er ikke anført, om de effekter gælder, når krydset har eller ikke har primærheller. I afsnit 3.3.3 viste modellerne, at kantstensbegrænsede sekundærheller medfører en stigning i uheld på 18 % i T-kryds og en stigning i uheld på 14 % i F-kryds, når krydset ikke har primærheller. Disse oplysninger indikerer, at sekundærheller er til ugunst for sikkerheden i vigepligtsregulerede kryds uden primærheller, mens de formentligt er til gunst for sikkerheden i kryds med primærheller. Ligeledes ser det ud til, at effekter af sekundærheller er bedre i F-kryds end i T-kryds. På denne baggrund opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for sekundærheller:

Sikkerhedsfaktor for sekundærhelle (SF ₂₀)	Sekundærheller	
	0	1-2
Alle uheld og personskader – T-kryds uden primærheller	1,00	1,15
Alle uheld og personskader – T-kryds med primærheller	1,00	1,00
Alle uheld og personskader – F-kryds uden primærheller	1,00	1,05
Alle uheld og personskader – F-kryds med primærheller	1,00	0,85

Tabel 103. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₂₀) for sekundærheller i vigepligtsregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

4.3.4 Cykelfacilitet

Udgangspunktet for grundmodeller for vigepligtsregulerede kryds er, at der ikke forefindes cykelfaciliteter på vejbenene. I henhold til afsnit 4.1.4 opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for cykelfaciliteter i vigepligtsregulerede kryds:

Sikkerhedsfaktor for cykelfacilitet (SF ₂₁)	Cykelfacilitet			
	Ingen	Kant- og cykelbane	Enkeltrettet cykelsti	Dobbeltrettet cykelsti
Alle uheld og personskader	1,00	1,10	1,00	1,10

Tabel 104. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₂₁) for cykelfaciliteter i vigepligtsregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

4.3.5 Belysning

Grundmodeller for vigepligtsregulerede kryds har som udgangspunkt, at der ikke er vej- eller krydsbelysning i og ved krydset.

Trafikksikkerheshåndboken viser, at anlæg af belysning giver et fald i dødsuheld i mørke på 52 %, mens faldet i personskader i mørke er på 26 % (Høye et al., 2017). I byområder er effekten af belysning større i kryds end på strækninger, mens effekten på motorveje synes ens på motorvejsstrækninger og i rampekryds. Tidligere udgaver af Trafikksikkerheshåndboken viser klart, at effekter af belysning bliver større, desto mere alvorlig uheldet eller personskaden er. Faktormodeller fra afsnit 3.3.2 viser, at belysnings effekt på personskadeuheld (alle personskadeuheld – både mørke og dagslys) er et fald på 20 % i T-kryds og 20 % i F-kryds, mens effekten på materielskade- og ekstrauehld er et fald på 7 % i T-kryds og 9 % i F-kryds. Effekten af belysning på personskader er estimeret til 30 % i T-kryds og 20 % i F-kryds. Det skal nævnes, at 25 % af uheld og personskader sker i mørke og tussmørke i vigepligtsregulerede kryds uden belysning. På denne baggrund opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for vej- og krydsbelysning i vigepligtsregulerede T- og F-kryds:

Sikkerhedsfaktor for belysning (SF ₂₂)	Belysning	
	Ja, belysning	Nej, ingen belysning
Personskadeuheld	0,91	1,00
Materielskade- og ekstrauehld	0,96	1,00
Dræbte	0,82	1,00
Alvorlige skader	0,90	1,00
Lette skader	0,93	1,00

Tabel 105. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₂₂) for belysning i vigepligtsregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

4.3.6 Hastighedsbegrænsning

Grundmodeller for vigepligtsregulerede kryds har udgangspunktet, at hastighedsbegrænsningen er 80 km/t på vejbenene. Der gøres brug af de samme modellerede sammenhænge mellem hastighedsbegrænsning og gennemsnitshastighed samt potensmodeller til estimering af sikkerhedsfaktorer for ændringer af hastighedsgrænser, som angivet i afsnit 4.1.5 om hastighedsbegrænsning i signalregulerede kryds.

Som noget anderledes antages, at gennemsnitshastigheden er lig med hastighedsbegrænsningen på primærvejen før en ændring af hastighedsgrænser. Det antages, at virkningen på trafikksikkerheden er ens i T- og F-kryds. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for hastighedsbegrænsning på primærvejen i vigepligtsregulerede T- og F-kryds:

Sikkerhedsfaktor for hastighedsbegrænsning på primærvejen (SF_{23})	Hastighedsbegrænsning (km/t)				
	50	60	70	80	90
Personskadeuheld	0,74	0,84	0,93	1,00	1,04
Materielskade- og ekstrauheld	0,75	0,85	0,93	1,00	1,04
Dræbte	0,42	0,61	0,81	1,00	1,12
Alvorlige skader	0,52	0,69	0,85	1,00	1,09
Lette skader	0,77	0,86	0,94	1,00	1,03

Tabel 106. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF_{23}) for hastighedsbegrænsning på primærvejen i vigepligtsregulerede T- og F-kryds i det åbne land.

Med sikkerhedsfaktorerne i tabel 106 antages det, at hastighedsbegrænsningen på sekundærveje er uden betydning for sikkerheden i vigepligtsregulerede kryds. Den antagelse er måske kun rimelig med god forvarsling af krydset på sekundærveje.

4.4 Strækninger

Der opstilles i det følgende sikkerhedsfaktorer knyttet til linjeføring, længdeprofil, tværprofil for og regulering af strækninger i det åbne land. Der opstilles dog ikke sikkerhedsfaktorer for alle forhold på strækninger. Eksempelvis opstilles der ikke sikkerhedsfaktorer for gang- og cykelfaciliteter, faste genstande, autoværn, kurve-afmærkning og overhalingsforbud.

4.4.1 Kurvatur

Relationerne mellem trafiksikkerhed og vejens linjeføring er komplekse. Det skyldes, at kurver kan beskrives ved flere forhold fx kurveradius, afbøjningsvinkel, kurvelængde, overgangskurver (klotoider), tværfald, sigtforhold, mv. Et andet element er, at en kurves virkning på sikkerheden er forskellig afhængig af, hvordan strækningen i øvrigt er udformet fx forekomsten af andre kurver. Når man ser på en længere strækning, der evt. har flere kurver, er det vanskeligt at udvælge et eller to mål for linjeføringens betydning for sikkerheden. Det er dog valgt at benytte kurvatur (graders sving pr. km) til dette.

Trafikksikkerheshåndboken angiver en sammenhæng mellem uheldsfrekvens på norske veje (personskadeuheld) og kurveradius, $U_f = 2,3337 \cdot x^{-0,421}$ (Høye et al., 2017). Med den formel fås, at uheldsfrekvensen er 0,45, 0,34, 0,25, 0,17 og 0,13 for kurver med radius på hhv. 50, 100, 200, 500 og 1.000 meter. Uheldsfrekvensen er således ca. dobbelt så stor ved en kurveradius på 200 meter end ved 1.000 meter. Andre undersøgelser viser, at en lige vej har en ca. 10 % højere uheldsfrekvens end en kurvet vej med kurveradier over 1.000 meter.

En australsk undersøgelse angiver en sammenhæng mellem antallet af kurver pr. 10 km og uheldsfrekvensen, hvor uheldsfrekvensen er 1,03, 1,14, 1,30, 1,71, 2,86

og 4,46 for strækninger med hhv. 1, 5, 10, 20, 40 og 60 kurver (Jurewicz et al., 2014). Et tilsvarende amerikansk studie finder, at på 4-sporede veje øges uheldsfrekvensen med ca. 4-5 % for hver ekstra kurve pr. km (Lord et al., 2008).

Et europæisk studie sammenholder en række tidligere undersøgelser, og finder, at når kurvaturen (grader pr. km) øges, så stiger uheldsfrekvensen både på gamle og nye veje (Dietze et al., 2008). Relationen mellem kurvatur og uheldsfrekvens er betydeligt stærkere på gamle veje, hvor uheldsfrekvensen stiger med ca. 6 %, når kurvaturen øges med 10 grader pr. km, end på nye veje, hvor den tilsvarende stigning kun er ca. 1 %.

Uheldsmodeller i kapitel 3 viser, at uheldsfrekvensen stiger med ca. 3 %, når kurvaturen øges med 10 grader pr. km. Mere detaljeret viser det sig, at nærmest lige veje med en kurvatur på 0-9 grader pr. km har en 8-9 % højere uheldsfrekvens end veje med en kurvatur på 10-29 grader pr. km. Kurvaturen har nogenlunde samme effekt på personskader og uheld.

Grundmodeller for strækninger er baseret på, at strækningen har en kurvatur på 10 grader pr. km. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for kurvatur på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for kurvatur (SF ₂₄)	Kurvatur (graders sving pr. km)							
	0	10	20	30	40	60	90	120-
Uheld og personskader	1,10	1,00	1,03	1,06	1,09	1,16	1,27	1,40

Tabel 107. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₂₄) for kurvatur på strækninger i det åbne land.

4.4.2 Stigningsforhold

Stigningsforholdet har også betydning for sikkerheden ifølge Trafikksikkerheds-håndboken, se tabel 108. Jo mindre stigningen er, desto bedre er sikkerheden og derfor vil reduktion af stigning give et fald i uheld (Høye et al., 2017). Uheld på vej ned ad bakke er mere alvorlige end på flad vej, mens uheld på vej op ad bakke har ca. samme alvorlighed som på flad vej.

Reduktion af stigning	Effekt på uheld	
	Effekt	Konfidensinterval
Fra over 70 til 50-70 promille	-20 %	[-38; +1]
Fra 50-70 til 30-50 promille	-10 %	[-20; +0]
Fra 30-50 til 20-30 promille	-10 %	[-15; -5]
Fra 20-30 til 10-20 promille	-7 %	[-12; -1]
Fra 10-20 til under 10 promille	-2 %	[-8; +6]

Tabel 108. Effekt på uheld af reduceret stigning (Høye et al., 2017).

IHSDM (2004) angiver, at uheldsfrekvensen stiger med højere stigningsforhold frem til dette når 120 promille. Uheldsfrekvensen er 5 % højere ved 30 promille end ved 0 promille, mens uheldsfrekvensen er 15 % højere ved 90 promille end ved 0 promille.

Uheldsmodeller i kapitel 3 angiver effekter af det maksimale stigningsforhold på en strækning, hvorimod effekter angivet i tabel 108 ovenfor er for det gennemsnitlige stigningsforhold på strækningen. Effekten af det maksimale stigningsforhold er en stigning i uheld på 3-4 % ved en øgning af stigningsforholdet med 1 % (10 promille). Effekten af det maksimale stigningsforhold er større for personskader og personskadeuheld (ca. 10 % stigning pr. 10 promille) end for materielskade- og ekstrauheld (ca. 2 % stigning pr. 10 promille), lidt ligesom det står angivet for stigningsforholdet i Trafikksikkerhåndboken.

Grundmodeller for strækninger er baseret på, at strækningen har et maksimalt stigningsforhold på 2 %. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for det maksimale stigningsforhold på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for det maksimale stigningsforhold (SF ₂₅)	Maksimalt stigningsforhold (%)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9-
Personskadeuheld og personskader	0,96	0,98	1,00	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41
Materielskade- og ekstrauheld	0,98	0,99	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15

Tabel 109. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₂₅) for det maksimale stigningsforhold på strækninger i det åbne land.

4.4.3 Midterrabat

Trafikksikkerhåndboken viser, at midterrabat på strækninger giver et fald i uheld med dræbte/alvorlige skader på 22 %, et fald i personskadeuheld på 8 % og et fald i uheld kun med materielle skade på 2 %, mens det samlede fald i uheld er 8 % (Høye et al., 2017). Samtidig angiver håndbogen, at når midterrabattens bredde øges med 1 meter, så reduceres antallet af uheld på 1-2 %. Håndbogen angiver dog også, at strækninger med kantstensbegrænset midterrabat har 43 % færre uheld end strækninger med venstresvingsspor ved kryds men uden kantstensbegrænsede midterrabatter og -heller.

Faktormodellerne viser, at strækninger med midterrabat har 12 % færre uheld og 39 % færre personskader end strækninger uden midterrabat, mens strækninger delvis midteradskillelse har 5 % færre uheld og 15 % færre personskader end strækninger uden midterrabat.

Mere detaljeret fås af faktormodellerne fald på 31 % og 16 % i personskadeuheld af hhv. midterrabat og delvis midteradskillelse, mens fald i materielskade- og eks-

trauheld kun er 7 % ved midterrabat og 5 % ved delvis midteradskillelse. Der synes ikke at være forskel i effekter på hhv. personskader, dræbte, alvorlige og lette skader, så alvorligheden af personskader ændres ikke med midterrabat.

En øgning af den gennemsnitlige midteradskillelse med 1 meter estimeres via faktormodellerne til at give fald i uheld på 6-8 % og fald i personskader på 15-19 %.

Grundmodeller for strækninger er baseret på, at strækningen ikke har midterrabat. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for midterrabat på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for midterrabat (SF ₂₆)	Midterrabat		
	Ingen	Delvis (>50 %)	Ja, hele vejen
Personskadeuheld og personskader	1,00	0,90	0,75
Materielskade- og ekstrauheld	1,00	0,97	0,95

Tabel 110. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₂₆) for midterrabat på strækninger i det åbne land.

4.4.4 Kørespor

Trafikksikkerheshåndboken viser, at en nyt (ekstra) kørespor giver et fald på 1 % i antallet af uheld, mens veje med et kørespor mere end andre veje har samme antal uheld (Høye et al., 2017). Antallet af kørespor har således ingen virkning på uheldstætheden ifølge Trafikksikkerheshåndboken.

Faktormodellerne i kapitel 3 viser også, at antallet af kørespor ikke påvirker hverken uhelds- eller personskadetætheden. Grundmodeller for strækninger er baseret på, at strækningen har 2 gennemgående kørespor. Sikkerhedsfaktoren SF₂₇ for antallet af kørespor sættes til 1,00, uanset hvor mange kørespor strækningen i det åbne land (ej motorveje) har.

Trafikksikkerheshåndboken finder, at udvidelse af et kørespor med 0,3-0,5 meter reducerer antallet af uheld og personskader med 4 % (Høye et al., 2017). Det fremstår usikkert, hvad den belagte bredde har af betydning for sikkerheden på smalle veje uden midtlinje (smallere end 5,6 meter). En gennemgang af studier indikerer, at køresporsbredde har lidt mindre betydning på veje uden midterrabat end på veje med midterrabat. Der er store forskelle i de sikkerhedseffekter, der er fundet af køresporsbredden, fx fandt Zegeer og Council (1993), at en udvidelse af køresporsbredden med 0,3 meter giver et fald i uheldsfrekvensen på ca. 10 %.

Tyske og amerikanske studier tyder på, at køresporsbredden har en stadig større betydning for sikkerheden, jo mere trafik der er på den 2-sporede vej i det åbne land. Ved meget lav trafik under 400 biler/døgn har køresporsbredden næsten ingen betydning. Amerikanske studier indikerer, at den fulde effekt af køresporsbredde opnås, når trafikmængden er over 2.000 biler/døgn, og her sker 1,18 gange flere uheld i et kørespor på 2,74 meter i forhold til et kørespor på 3,66 meter

(IHSDM, 2004). Tyske studier viser, at køresporsbredden blot har en tiltagende betydning, så forskellen i sikkerhed øges (Vieten et al., 2010). Et problem er, at trafikmængden er korreleret med en række forhold fx linjeføring, længdeprofil og andre tværsnitselementer, men det tages der ikke højde for i disse studier, og det er muligt, at køresporsbredden har næsten samme betydning ved høje som ved lave trafikmængder.

Uheldsmodellerne i kapitel 3 viser, at en øgning af køresporsbredden med 0,25 meter reducerer antallet af uheld og personskader med ca. 6-16 %. Altså en effekt der er ca. 1,5-4 gange større end i Trafikksikkerhåndboken. Samtidig er der en optimal køresporsbredde på omkring 3,75-3,85 meter. Øgning af bredden af kørespor ud over denne optimale bredde medfører en stigning i antallet af uheld og personskader.

Grundmodeller for strækninger er baseret på, at bredden af kørespor er 3,50 meter. Der opereres med disse sikkerhedsfaktorer for køresporsbredden på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for bredde af kørespor (SF₂₈)	Bredde af kørespor (meter)						
	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25-6,75
Uheld og personskader	1,18	1,12	1,06	1,00	0,94	1,00	1,06

Tabel III. Forslag til sikkerhedsfaktorer (**SF₂₈**) for bredde af kørespor på strækninger i det åbne land.

4.4.5 Nødspor og kantbaner

Trafikksikkerhåndboken angiver, at kantbaner af en bredde på 0,3-1,0 meter reducerer antallet af uheld og personskader med ca. 15 % i forhold til en bredde på 0,0 meter (Høye et al., 2017). Et egentligt nødspor angives at reducere uheld og personskader med ca. 19 % i forhold til smalle kantbaner. Håndbogen angiver også, at udvidelse af kantbaner/nødspor giver et fald i risiko.

Flere studier indikerer, at der en synergieffekt mellem bredden af kørespor og bredden af kantbane/nødspor. Det fremstår dog ganske forskelligt fra studie til studie, hvordan den synergieffekt er.

Uheldsmodeller i kapitel 3 viser, at antallet af uheld falder, jo bredere kantbanen er. De viser også, at faldet i uheld og personskader er stort (omkring 10-15 %) af at gå fra ingen kantbane (bredde på ca. 0,0 meter) til en smal bredde på ca. 0,5 meter. Faldet i uheld og personskader fra en kantbane på 0,3-1,9 meter til et egentligt nødspor på 2,0-3,5 meter er ca. 10-20 %. Der synes ikke at være forskel i effekt på hhv. uheld og personskader. Trafikksikkerhåndboken og uheldsmodeller giver således nogenlunde samme effekter af nødspor og kantbaner.

Grundmodeller for strækninger er baseret på, at bredden af kantbaner/nødspor er 0,50 meter. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for bredden af nødspor og kantbaner på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for bredde af kantbaner og nødspor (SF ₂₉)	Bredde af kantbaner og nødspor (meter)					
	0,0	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0-3,5
Uheld og personskader	1,12	1,02	1,00	0,95	0,90	0,81

Table 112. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₂₉) for bredde af kantbaner og nødspor på strækninger i det åbne land.

4.4.6 Yderrabatter

Trafikksikkerheshåndboken indikerer, at bredden af yderrabatten kan have en indflydelse på sikkerheden på op mod 10-15 %, men at det afhænger af yderrabattens design og beskaffenhed og hvad der er ved siden af yderrabatten (Høye et al., 2017). Jo bredere og bedre yderrabat desto lavere risiko.

Uheldsmodeller i kapitel 3 indikerer, at jo bredere yderrabatten er, desto lavere er uheldstætheden. Udvidelse af yderrabatten kan også her reducere uheldstætheden med op mod 10-20 %. Modellerne viser dog også, at bredere yderrabat enten ikke påvirker personskadeuheld eller ligefrem øger antallet af personskadeuheld, mens antallet af materielskade- og ekstrauehld falder kraftigt med bredere yderrabat.

Grundmodeller for strækninger er baseret på, at bredden af yderrabat er 2,0 meter. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for bredden af yderrabat på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for bredde af yderrabat (SF ₃₀)	Bredde af yderrabat (meter)						
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0-
Personskadeuheld og personskader	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Materielskade- og ekstrauehld	1,12	1,09	1,06	1,03	1,00	0,98	0,96

Table 113. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₃₀) for bredde af yderrabat på strækninger i det åbne land.

4.4.7 Vejbelysning

Trafikksikkerheshåndboken viser, at anlæg af vejbelysning giver et fald i dødsuheld i mørke på 52 %, mens faldet i personskader i mørke er på 26 % (Høye et al., 2017).

Uheldsmodeller i kapitel 3 viser, at strækninger med vejbelysning har 4 % højere uheldstæthed, men 10 % færre dræbte og alvorlige skader og 9 % lavere tæthed af lette skader. Det peger i retning af, at vejbelysning giver mindre alvorlige uheld.

På strækninger uden vejbelysning sker 30 % af uheldene i mørke, 3 % i tusmørke og 67 % i dagslys. På strækninger med vejbelysning sker 24 % i mørke, 4 % i tusmørke og 73 % i dagslys. Disse forskelle i fordelingen af uheldene indikerer, at vejbelysning har en gunstig sikkerhedseffekt på uheld. På strækninger uden vejbelysning er 36 % af de dræbte indtruffet i mørke/tusmørke, mens den andel er 35 % for alvorlige skader og 29 % for lette skader. Grundmodeller for strækninger er baseret på, at der ikke er vejbelysning. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for vejbelysning på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for vejbelysning (SF ₃₁)	Vejbelysning	
	Ja, belysning	Nej, ingen belysning
Personskadeuheld	0,91	1,00
Materielskade- og ekstrauehld	0,96	1,00
Dræbte	0,82	1,00
Alvorlige skader	0,90	1,00
Lette skader	0,93	1,00

Tabel 114. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₃₁) for vejbelysning på strækninger i det åbne land.

4.4.8 Adgangsbegrænsning, trafikarter

Uheldsmodeller i kapitel 3 viser, at frekvensen af personskader og personskadeuheld er 25-30 % lavere på veje med cykelforbud (inklusive motortrafikveje) set i forhold til veje, hvor cykling er tilladt. Nærmere analyser indikerer, at denne effekt er nogenlunde ens for de enkelte uheldsarter. Motortrafikveje har en lidt dårligere trafikikkerhed end andre strækninger med cykelforbud, hvilket formentligt skyldes en højere hastighedsbegrænsning. Det er sandsynligt, at en del af denne effekt skyldes, at veje med cykelforbud i gennemsnit er anderledes designet end veje med cykling tilladt. Selve tavlen med cykelforbud eller motortrafikvej har formentligt en lavere effekt end et fald på 25-30 % i uheld og personskader.

På strækninger med cykelforbud er 6 % af personskaderne blandt fodgængere, cyklister, knallertkørere og traktorførere. Disse trafikarter er involveret i 3 % af alle uheld på strækninger med cykelforbud. På strækninger med cykling tilladt er 16 % af personskaderne blandt fodgængere, cyklister, knallertkører og traktorførere, mens disse trafikarter er involveret i 12 % af uheldene. Disse andele kunne indikere, at ca. 10 % af uheldene og personskaderne forsvinder med et forbud mod cykling. Grundmodeller for strækninger er baseret på, at cykling er tilladt. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for forbud mod cykling:

Sikkerhedsfaktor for forbud mod cykling (SF ₃₂)	Forbud mod cykling	
	Ja, forbud mod cykling	Nej, cykling tilladt
Uheld og personskader	0,85	1,00

Tabel 115. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₃₂) for forbud mod cykling på strækninger i det åbne land.

4.4.9 Adgangsbegrænsning, sideveje

Trafikksikkerheshåndboken viser, at der er en sammenhæng mellem på den ene side antallet af sideveje og ind-/udkørsler og på den anden side uheldsfrekvensen. I disse sammenhænge tages dog ikke højde for vejens tværprofil, linjeføring mv. Håndboken angiver med baggrund i en række studier, at antallet af personskadeuheld reduceres med ca. 25-30 %, når antallet af sideveje og ind-/udkørsler halveres og trafikken til de fjernede sideveje mv. forsvinder (Høye et al., 2017). Det er uklart om denne effekt hidrører vejnet i byer eller på landet.

Uheldsmodeller i kapitel 3 viser, at uhelds- og personskadetætheden øges med ca. 8 % for hver ekstra defineret sidevej pr. km strækning. Der er en tendens til, at når der er omkring 4-5 sideveje pr. km, så påvirkes antallet af uheld og personskader ikke længere af en stigning i antallet af sideveje.

Grundmodeller for strækninger er baseret på, at der er 0 definerede sideveje pr. km strækning. Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for sideveje på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for sideveje (SF ₃₃)	Antal "definerede sideveje" pr. km					
	0	1	2	3	4	5-
Uheld og personskader	1,00	1,08	1,16	1,24	1,32	1,40

Tabel 116. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₃₃) for sideveje på strækninger i det åbne land.

4.4.10 Hastighedsbegrænsning

Grundmodeller for strækninger har udgangspunktet, at hastighedsbegrænsningen er 80 km/t. Der gøres brug af de samme modellerede sammenhænge mellem hastighedsbegrænsning og gennemsnitshastighed samt potensmodeller til estimering af sikkerhedsfaktorer for ændringer af hastighedsgrænser, som angivet i afsnit 4.3.6 om hastighedsbegrænsning i vigepligtsregulerede kryds.

Der opereres med følgende sikkerhedsfaktorer for hastighedsbegrænsning på strækninger:

Sikkerhedsfaktor for hastighedsbegrænsning (SF ₃₄)	Hastighedsbegrænsning (km/t)					
	50	60	70	80	90	100
Personskadeuheld	0,74	0,84	0,93	1,00	1,04	1,06
Materielskade- og ekstrauheld	0,75	0,85	0,93	1,00	1,04	1,06
Dræbte	0,42	0,61	0,81	1,00	1,12	1,19
Alvorlige skader	0,52	0,69	0,85	1,00	1,09	1,14
Lette skader	0,77	0,86	0,94	1,00	1,03	1,05

Tabel 117. Forslag til sikkerhedsfaktorer (SF₃₄) for hastighedsbegrænsning på strækninger i det åbne land.

Det er vidt forskelligt, hvilken virkning hastighedsbegrænsningen er beregnet til at have på strækninger i kapitel 3. Hastighedsbegrænsningen indgår i faktormodeller for materielskade- og ekstraueheld, men ikke for personskader og personskadeueheld. Ses på alle ueheld fås, at en øgning af hastighedsgrænsen med 10 km/t giver 16 % færre ueheld, mens antallet af personskader er upåvirket. Baggrunden herfor er, at hastighedsbegrænsningen er korreleret med andre faktorer fx trafiksammensætning, afmærkning, mv., der i flere tilfælde ikke findes oplysninger om i nærværende arbejde. Faktormodellerne står i kontrast til de forslåede sikkerhedsfaktorer i tabel 117. Tidligere undersøgelser af hastighedsbegrænsningens betydning for trafiksikkerheden viser, at sikkerheden forværres, når hastighedsbegrænsningen sættes op. Og omvendt at sikkerheden forbedres, når hastighedsbegrænsningen sættes ned.

5. IT-værktøjer for landevejsnettet

I dette kapitel gives en oversigt af grundmodeller, sikkerhedsfaktorer mv. for de enkelte dele af landevejsnettet. Denne samling af information er bl.a. benyttet til at opstille IT-værktøjer i form af regneark, der kan beregne de forventede antal uheld og personskader for et eller flere alternative design af landevejsnet.

5.1 Grundmodeller

Landevejsnettet blev opdelt og defineret i afsnit 2.2. Der er i kapitel 3 opstillet grundmodeller for signalregulerede kryds, rundkørsler, vigepligtsregulerede kryds og strækninger. Grundmodellerne beskriver sammenhænge mellem uhelds- og personskadetæthed på den ene side og trafikmængde på den anden side for specifikke varianter af hver kryds- og strækningstype. For kryds gælder grundmodeller for varianter med følgende udformning, udstyr og regulering:

Udformning, udstyr og Regulering	Signal-reguleret T-kryds	Signal-reguleret F-kryds	Rundkørsel	Vigepligts-reguleret T-kryds	Vigepligts-reguleret F-kryds
Antal vejben / vejgrene	3	4	4	3	4
Antal tilfartskørespor	-	-	4	-	-
Midterø diameter	-	-	30 meter	-	-
Midterø højde	-	-	0-1,9 meter	-	-
Bredde af overkørselsareal	-	-	2,0 meter	-	-
Antal cirkulationsspor	-	-	1	-	-
Bredde af cirkulationsareal	-	-	6,5 meter	-	-
Midterheller	Ja, alle ben	Ja, alle ben	-	-	-
Primærheller	-	-	-	Ingen	Ingen
Sekundærheller	-	-	Trekant/ trompet	Ingen	Ingen
Venstresvingsspor pr. kryds	2	4	-	0	0
Højresvingsspor pr. kryds	1	2	-	0	0
Deleheller – shunter	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Cykelfacilitet	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Fodgængerfelter	-	-	Ingen	Ingen	Ingen
Vej- og krydsbelysning	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
Type af vigepligt	Stop	Stop	Ubetinget	Ubetinget	Ubetinget
Svingforbud	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Hastighedsbegrænsning	70 km/t	70 km/t	80 km/t	80 km/t	80 km/t
Venstresvingspile	Nej	Nej	-	-	-
Højresvingspile	Nej	Nej	-	-	-
Dobbeltrettet trafik	Ja, alle ben	Ja, alle ben	Ja, alle grene	Ja, alle ben	Ja, alle ben

Tabel 118. Grundmodeller gælder specificerede kryds. Note: - = irrelevant.

Grundmodeller kan anvendes til at estimere antallet af uheld og personskader på de velspecificerede varianter af de fem typer af kryds. Grundmodeller for signal- og vigepligtsregulerede kryds har følgende funktionsudtryk:

$$\text{UHT} = a \cdot N_{\text{pri}}^{p_1} \cdot N_{\text{sek}}^{p_2} \quad (1)$$

hvor UHT er tæthed af uheld eller personskader pr. kryds pr. år, a , p_1 og p_2 er estimerede konstanter samt N_{pri} og N_{sek} er årsgøgntrafik på primær- og sekundærveje. I kryds indgår krydspunktet, hvor stationeringslinjer for primær- og sekundærvej skærer hinanden, og de 25 meter af vejbenene nærmest krydspunktet.

For rundkørsler ser funktionsudtrykket lidt anderledes ud:

$$\text{UHT} = a \cdot (N_{\text{pri}} + N_{\text{sek}})^{p_1} \quad (2)$$

hvor UHT er tæthed af uheld eller personskader pr. rundkørsel pr. år, a og p_1 er estimerede konstanter, N_{pri} og N_{sek} er den samlede indkørende årsgøgntrafik på alle vejgrene. I rundkørsler indgår cirkulationsarealet, krydspunkter, hvor stationeringslinjer for cirkulationsareal og vejgrene skærer hinanden, og de 25 meter af vejgrene nærmest krydspunkter.

I kapitel 3 er de grundmodeller for kryds og rundkørsler, der anbefales at benytte, markeret med gråt. Her er de estimerede konstanter beskrevet. Disse grundmodeller er yderligere beskrevet i bilag 1. Grundmodellerne kan estimere følgende uhedsarter og skadesgrader:

Type af uheld eller personskade	Signal-reguleret T-kryds	Signal-reguleret F-kryds	Rundkørsel	Vigepligts-reguleret T-kryds	Vigepligts-reguleret F-kryds
Personskadeuheld			X	X	
Materielskadeuheld				X	
Ekstrauheld				X	
Person- og materielskadeuheld					
Materielskade- og ekstrauheld			X		
Alle uheld	X	X			X
Dræbte og alvorlige skader				X	
Lette skader				X	

Tabel 119. Type af uheld / personskade, som anbefalede grundmodeller estimerer.

På baggrund af faktorer kan estimerede uheld og personskader fra grundmodeller omregnes til antal uheld og personskader for enkelte uhedsarter og skadesgrader. Et eksempel er, at en grundmodel for vigepligtsregulerede T-kryds estimerer et samlet antal dræbte og alvorlige skader, mens to faktorer benyttes til at opdele dette antal i hhv. dræbte og alvorlige skader. Ved brug af disse faktorer antages, at

p-værdier er ens – fx at p-værdien for dræbte er den samme som p-værdien for alvorlige skader i vigepligtsregulerede T-kryds. De benyttede faktorer er beskrevet i tabel 120.

Type af uheld eller personskade	Signal-reguleret T-kryds	Signal-reguleret F-kryds	Rundkørsel	Vigepligts-reguleret T-kryds	Vigepligts-reguleret F-kryds
Personskadeuheld	0,1091 ^a	0,1457 ^a	-	-	0,3022 ^a
Materielskadeuheld	0,5455 ^a	0,6457 ^a	0,5897 ^b	-	0,5495 ^a
Ekstrauheld	0,3455 ^a	0,2085 ^a	0,4103 ^b	-	0,1484 ^a
Dræbte	0,0061 ^a	0,0040 ^a	0,0390 ^c	0,1075 ^d	0,0110 ^a
Alvorlige skader	0,0545 ^a	0,0931 ^a	0,7013 ^c	0,8925 ^d	0,1758 ^a
Lette skader	0,0606 ^a	0,0870 ^a	0,4286 ^c	-	0,1978 ^a

Tabel 120. Faktorer, der ganges på grundmodellens resultat, for at få et forventet antal uheld og personskader opdelt på uheldsarter og skadesgrader. Note: ^a faktor ganges på model for alle uheld, ^b faktor ganges på model for materielskade- og ekstrauheld, ^c faktor ganges på model for personskadeuheld, ^d faktor ganges på model for dræbte og alvorlige skader.

Grundmodeller og faktorer i tabel 120 kan anvendes til at beregne antallet af uheld og personskader opdelt på uheldsart og skadesgrad manuelt eller i et udviklet IT-værktøj med oplysninger om årsdøgntrafik på vejben / vejgrene. Beregnede antal uheld og personskader pr. år gælder for perioden 2011-2016. Der er ikke estimeret årsfaktorer, så resultater kan ikke opgøres for ét bestemt år.

For strækninger gælder grundmodeller for en variant med følgende udformning, udstyr og regulering:

- Kurvatur på 10 graders sving pr. km
- Maksimalt stigningsforhold på 2 %
- Ingen midterrabat
- 2 kørespor á 3,5 meters bredde
- Kantbaner á 0,5 meters bredde
- Yderrabatter á 2,0 meters bredde
- Ingen fortov
- Ingen vejbelysning
- Cykling er tilladt
- Ingen sideveje
- 80 km/t hastighedsbegrænsning

Grundmodeller for strækninger har følgende funktionsudtryk:

$$UHT = a \cdot N^p \quad (3)$$

hvor UHT er tæthed af uheld eller personskader pr. km pr. år, a og p er estimerede konstanter samt N er årsdøgntrafik på strækningen.

I kapitel 3 er de grundmodeller for strækninger, der anbefales at benytte, markeret med gråt. Her er de estimerede konstanter beskrevet. Disse grundmodeller er yderligere beskrevet i bilag 1. Disse grundmodeller kan estimere hver uheldsart og skadesgrad. Der er således ikke behov for faktorer til at omregne grundmodellens resultat til fx antallet af hhv. dræbte og alvorlige skader.

Grundmodellerne for strækninger kan anvendes til at beregne antallet af uheld og personskader opdelt på uheldsart og skadesgrad manuelt eller i et udviklet IT-værktøj med oplysninger om årsdøgntrafik. Beregnede antal uheld og personskader pr. år gælder for perioden 2011-2016. Der er ikke estimeret årsfaktorer, så resultater kan ikke opgøres for ét bestemt år.

På landevejsnettet findes andre kryds- og strækningstyper end dem, der er opstillet grundmodeller for. Det omhandler fx jernbaneoverkørsler, forsatte kryds og flettestrækninger. Det er ikke forsøgt at opstille uheldsmodeller for disse andre kryds- og strækningstyper, da der enten mangler essentielle data eller der er for få data (få uheld eller få kryds / strækninger) til, at der kan opstilles pålidelige modeller.

De estimerede uheld og personskader omregnes til uheldsomkostninger ved brug af enhedspriser for personrelaterede og materielle omkostninger. Der er benyttet følgende enhedspriser opgjort i 2017 prisniveau: 29.492.829 kr. pr. dræbt, 4.654.307 kr. pr. alvorlig skade, 608.667 kr. pr. let skade og 740.934 kr. pr. rapporteret uheld i materielle skader (Transport DTU, 2017). Med rapporteret uheld menes person- og materielskadeuheld. Ekstrauheld er således ikke værdsat – og har ikke tilknyttet en enhedspris.

5.2 Sikkerhedsfaktorer

I kapitel 4 er foreslået i alt 34 sikkerhedsfaktorer relateret til forskellige ændringer af vej- og krydsudformning, vejudstyr og trafikregulering. En sikkerhedsfaktor beskriver de konsekvenser for trafiksikkerheden, som en ændring af det specifikke design, som grundmodellen er baseret på, medfører. Sikkerhedsfaktorerne knytter sig til de ændringer af designet og knytter sig til de typer af kryds og strækninger, der er beskrevet i tabel 121 på næste side.

De foreslåede sikkerhedsfaktorer ganges på de estimerede uheld og personskader, der er fremkommet ved brug af grundmodeller (og faktorer til omregning til de enkelte uheldsarter og skadesgrader) fx:

$$UHT = a \cdot N_{pri}^{p_1} \cdot N_{sek}^{p_2} \cdot SF_1 \cdot SF_2 \dots,$$

hvor SF_i er en sikkerhedsfaktor.

Sikkerhedsfaktor / Type af design	Signal- reguleret T-kryds	Signal- reguleret F-kryds	Rund- kørsel	Vigepligts- reguleret T-kryds	Vigepligts- reguleret F-kryds	Stræk- ning
Ensrettet trafik	X	X		X	X	
Antal svingspor	X	X		X	X	
Venstresvingespil	X	X				
Cykelfacilitet	X	X	X	X	X	
Hastighedsbegrænsning	X	X	X	X	X	X
Antal tilfartskørespør			X			
Sekundærhelle			X	X	X	
Midterø diameter			X			
Midterø højde			X			
Bredde af overkørselsareal			X			
Bredde af cirkulationsareal			X			
Vej- og krydsbelysning			X	X	X	X
Type af vigepligt				X	X	
Kurvatur						X
Stigningsforhold						X
Midterrabat						X
Bredde af kørespør						X
Bredde af kantbane/nødspør						X
Bredde af yderrabat						X
Cykelforbud						X
Sideveje						X

Table 121. Foreslåede sikkerhedsfaktorer for kryds- og strækningstyper.

Et eksempel: Grundmodellen for personskadeuheld i vigepligtsregulerede T-kryds er: $UHT = 0,000007284 \cdot N_{pri}^{0,6952} \cdot N_{sek}^{0,4186}$. Sikkerhedsfaktoren for belysning i vigepligtsregulerede kryds 0,91 for personskadeuheld. Hvis et T-kryds med samme design som varianten i grundmodellen har årsdøgntrafik på 5.300 på primærvejens ene vejben og 4.700 på primærvejens andet vejben samt 1.000 på sekundærvejen, så ville der ske $0,000007284 \cdot 5.000^{0,6952} \cdot 500^{0,4186} = 0,0366$ personskadeuheld pr. år i perioden 2011-2016. Hvis der var belysning i krydset ville der i stedet være sket $0,0366 \cdot 0,91 = 0,0333$ personskadeuheld pr. år.

De foreslåede sikkerhedsfaktorer er indlejret i IT-værktøjer, så man ved valg af et andet design af et kryds eller en strækning automatisk får beregnet antallet af uheld og personskader for det anderledes design.

For både grundmodeller og sikkerhedsfaktorer er det valgt ikke at angive, hvilken usikkerhed der kan knyttes til de beregnede antal uheld og personskader. En sådan usikkerhed kunne fx have været en standardafvigelse eller et konfidensinterval. Den primære årsag til det valg er, at det ikke er muligt at give en korrekt angivelse af usikkerheden på sikkerhedsfaktorer.

5.3 Vejledning til IT-værktøjer

IT-værktøjer er EXCEL-regneark, hvori uheldsmodeller, sikkerhedsfaktorer samt faktorer til beregning af uheldsarter og skadesgrader er indbygget.

KRYDS-ID	Type af kryds	Antal vejben	Vejben 1			Årsdøgntrafik	Oplysninger til beregning af sikkerhedsfaktorer						
			Vejnavn/nr	KM	M		Signalregulerede kryds	Ensstreget trafik	Svingspor	Venstresvingspile	Cykelfacilitet	Gns. hastighedsbegrænsning	Type af rundkørsel
111	Signalreguleret	4	Nordvej	0	0	3000	Ja/nej	Antal	Type	Type	(km/t)	Type	Antal
12	Rundkørsel	4	Nordvej	0	0	3000							
13	Vigepligtsreguleret	4	Nordvej	0	0	3000							
14													
16	Signalreguleret	3	Nordvej	0	0	3000							
17	Rundkørsel	3	Nordvej	0	0	3000							
18	Vigepligtsreguleret	3	Nordvej	0	0	3000							

Figur 17. Screenshot fra IT-værktøj om kryds på landevejsnettet, ark "Inddata".

Et IT-værktøj kan beregne de forventede antal uheld og personskader i kryds på landevejsnettet ved, at man indtaster data om krydstype, antal vejben og årsdøgntrafik på alle vejben. Værktøjet kan kun håndtere signal- og vigepligtsregulerede kryds med 3 eller 4 vejben samt rundkørsler med 2-6 vejgrene. Et andet IT-værktøj kan beregne de forventede antal uheld og personskader på strækninger på landevejsnettet ved, at man indtaster data om strækningens længde og årsdøgntrafik. Kun værdier mellem 1 og 50.000 accepteres som årsdøgntrafik i IT-værktøjerne.

Disse data indtastes i arket kaldet "Inddata". I det ark kan desuden indtastes oplysninger om fx KRYDS-ID, vejnavne, kilometreringer, mv. Strækningens længde beregnes, hvis man i IT-værktøjet for strækninger indtaster oplysninger om FRA og TIL kilometrering, men man kan også indtaste længden i kolonnen "Længde" i km ved at overskrive 0-værdien. Type af kryds vælges via en rullemenu med de tre forskellige krydstyper.

I arket "Inddata" kan der også indtastes oplysninger, der anvendes til beregning af sikkerhedsfaktorer. I værktøjet for kryds er disse data opdelt i tre grupper – en for hver krydstype. I tabel 122 på næste side er vist de værdier, som accepteres af IT-værktøjerne.

Type	Kolonne	Accepterede værdier
Signalregulerede kryds	Ensrettet trafik	Rullemenu: 2 valgmuligheder
	Svingspor	Helt tal: $0 \leq \text{antal} \leq 16$
	Venstresvingspile	Rullemenu: 3 valgmuligheder
	Cykelfacilitet	Rullemenu: 4 valgmuligheder
	Gns. hastighedsbegrænsning	Decimaltal: $25 \leq \text{hastighed km/t} \leq 125$
Rundkørsler	Type af rundkørsel	Rullemenu: 2 valgmuligheder
	Tilfartskørespør (inkl. shunt)	Helt tal: $2 \leq \text{antal} \leq 20$
	Sekundærheller	Rullemenu: 4 valgmuligheder
	Midterø diameter	Decimaltal: $1 \leq \text{diameter meter} \leq 250$
	Midterø højde	Rullemenu: 2 valgmuligheder
	Bredde af overkørselsareal	Decimaltal: $0 \leq \text{bredde meter} \leq 20$
	Bredde af cirkulationsareal	Decimaltal: $2 \leq \text{bredde meter} \leq 20$
	Cykelfacilitet	Rullemenu: 5 valgmuligheder
	Belysning	Rullemenu: 2 valgmuligheder
Vigepligtsregulerede kryds	Type af vigepligt	Rullemenu: 3 valgmuligheder
	Ensrettet trafik	Rullemenu: 2 valgmuligheder
	Svingspor primærvej	Helt tal: $0 \leq \text{antal} \leq 4$
	Sekundærheller	Rullemenu: 2 valgmuligheder
	Cykelfacilitet	Rullemenu: 4 valgmuligheder
	Belysning	Rullemenu: 2 valgmuligheder
	Hastighedsbegrænsning primærvej	Decimaltal: $25 \leq \text{hastighed km/t} \leq 125$
Strækninger	Kurvatur	Decimaltal: $0 \leq \text{grader pr. km} \leq 1500$
	Maksimalt stigningsforhold	Decimaltal: $0 \leq \text{stigning \%} \leq 20$
	Midterrabat	Rullemenu: 3 valgmuligheder
	Bredde af kørespør	Decimaltal: $2,75 \leq \text{bredde meter} \leq 7,00$
	Bredde af kantbane/nødspor	Decimaltal: $0 \leq \text{bredde meter} \leq 4$
	Bredde af yderrabat	Decimaltal: $0 \leq \text{bredde meter} \leq 20$
	Vejbelysning	Rullemenu: 2 valgmuligheder
	Cykelforbud	Rullemenu: 2 valgmuligheder
	Sideveje	Decimaltal: $0 \leq \text{sideveje pr. km} \leq 40$
	Hastighedsbegrænsning	Rullemenu: 6 valgmuligheder

Tabel 122. Accepterede indtastede værdier i "inddata" ark.

Der skal knyttes kommentarer til flere oplysninger, der kan indtastes i "inddata" ark og anvendes til modelberegninger og opgørelse af sikkerhedsfaktorer:

- **Venstresvingspile, signalregulerede kryds:** Der kan kun forekomme 1-lys og 3-lys pil, hvis der forefindes svingspor i krydset.
- **Cykelfacilitet, signal- og vigepligtsregulerede kryds:** Der kan være forskellige cykelfaciliteter på krydsets vejben. Der indtastes "dobbeltrettet cykelsti", hvis sådan en forefindes på et eller flere vejben, ellers "enkeltrettet cykelsti" hvis den findes på et eller flere vejben (men ingen dobbeltrettet cykelsti), ellers

”kant-/cykelbane” med den på et eller flere vejben (men ingen cykelsti). Hvis der ikke er cykelfacilitet på nogen vejben indtastes ”ingen”.

- **Tilfartskørespor (inkl. shunt), rundkørsler:** Hvis man ikke indtaster et antal tilfartskørespor for rundkørslen, så antages, at antallet af tilfartskørespor er lig med antal vejgrene i 1-sporede rundkørsler, mens antallet af tilfartskørespor er lig 2 gange antal vejgrene i flersporede rundkørsler.
- **Sekundærheller, vigepligtsregulerede kryds:** Det antages, at der forefindes primærheller, hvis der er svingspor på primærvejen.
- **Midterrabat, strækning:** En strækning med midterrabat har midteradskillelse fra ende til anden. En strækning med delvis midteradskillelse har midteradskillelse på mindst halvdelen af strækningen, men ikke fra ende til anden.
- **Bredde af kørespor, kantbane/nødspor og yderrabat, strækning:** Det er den gennemsnitlige bredde af ét gennemgående kørespor, der skal indtastes. Det er den gennemsnitlige bredde af kantbane/nødspor og yderrabat i en vejside, der skal indtastes.

Indtastes ikke data til beregning af sikkerhedsfaktorer i arket ”inddata”, så antages, at kryds eller strækning er udformet og reguleret som i grundmodellen.

I arket ”Anvendte oplysninger” ses oplysningerne, som IT-værktøjerne bruger ved beregning af uheld og personskader. Der vises kun oplysninger, når der er indtastet de nødvendige oplysninger i arket ”inddata”, så kryds eller strækning er accepteret af programmet. I værktøjet for kryds vises kun oplysninger for den valgte krydstype.

KRYDS-ID	Type af kryds	Antal vejben	Vejben 1	Kilometring krydspunkt	Oplysninger til beregning af sikkerhedsfaktorer										
					Centrale oplysninger			Signalregulerede kryds							
			Vejnavn/-nr	KM	M	Årsdøgntrafik	Accepteret krydstype	Primærtrafik	Sekundærtrafik	Ensi rettet trafik	Svingspor	Venstresvingspole	Cykelfacilitet	Gr (kr)	
							Ja/nej	Biler/døgn	Biler/døgn	Ja/nej	Antal	Type	Type		
6	1	Signalreguleret	4	Nordvej	0	0	3000	Ja	3500	1250	Nej	6	Ingen	Ingen	70
7	2	Rundkørsel	4	Nordvej	0	0	3000	Ja	3500	1250					
8	3	Vigepligtsreguleret	4	Nordvej	0	0	3000	Ja	3500	1250					
9							Nej								
10							Nej								
11	4	Signalreguleret	3	Nordvej	0	0	3000	Ja	3500	1250	Nej	3	Ingen	Ingen	70
12	5	Rundkørsel	3	Nordvej	0	0	3000	Ja	3500	1250					
13	6	Vigepligtsreguleret	3	Nordvej	0	0	3000	Ja	3500	1250					

Figur 18. Screenshot fra IT-værktøj om kryds på landevejsnettet, ark ”Anvendte oplysninger”.

I arket ”Beregningsark” kan man se de beregnede sikkerhedsfaktorer, som IT-værktøjerne benytter. I arket anvendes en række forkortelser, hvor PSK står for personskader, P-uheld er personskadeuheld, M-uheld er materielskadeuheld, E-uheld er ekstra uheld og ME-uheld er materielskade- og ekstra uheld. Yderst til

højre i arket findes resultaterne af beregninger af forventede antal uheld og personskader, når relevante grundmodeller anvendes. Her ses altså antallet af uheld og personskader pr. år i 2011-2016, når sikkerhedsfaktorer ikke er anvendt i beregningerne.

Figur 19. Screenshot fra IT-værktøj om kryds på landevejsnettet, ark ”Beregningsark”.

I arket ”Resultat 2011-2016” er angivet de beregnede, forventede antal uheld og personskader pr. år, hvor sikkerhedsfaktorer er anvendt. I dette ark er også angivet den beregnede uheldsomkostning i 2017-priser.

Figur 20. Screenshot fra IT-værktøj om kryds på landevejsnettet, ark ”Resultat 2011-2016”.

Det er ikke muligt at indtaste oplysninger i de tre ark ”Anvendte oplysninger”, ”Beregningsark” og ”Resultat 2011-2016”.

Referencer

- De Pauw, E., Daniels, S., Van Herck, S. og G. Wets (2015): Safety Effects of Protected Left-Turn Phasing at Signalized Intersections: An Empirical Analysis. *Safety*, vol. 1, pp. 94-102.
- Dietze, M., Ebersbach, D., Lippold, C., Mallschützke, K., Gatti, G. og A. Wieczynski (2008): *Safety Performance Function*. EU-projektet Ripcord-Iserest, Deliverable D10, TUD, Tyskland.
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T. og M. Sørensen (2009): *The handbook of road safety measures*. Second edition. Emerald Group Publishing Limited, Bingley, Storbritannien.
- Elvik, R. (2009): *The Power Model of the relationship between speed and road safety – Update and new estimates*. Report 1034. Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norge.
- Greibe, P. og M. A. Nielsen (1996): Hastighed og uheldsrisiko i kryds. *Trafikdage på Aalborg Universitet*, Aalborg, Danmark.
- Harwood, D., Bauer, K., Potts, I., Torbic, D., Richard, K., Rabbani, E., Hauer, E. og L. Elefteriadou (2002): *Safety Effectiveness of Intersection Left- and Right-Turn Lanes*. Federal Highway Administration, FHWA-RD-02-089, Washington DC, USA.
- Helberg, N., Hemdorff, S., Højgaard, H., Lund, H. & Ludvigsen, H. (1996): *Effekt af stoptavler. Effektivurdering af forsøgsopstilling i 4-benede kryds i åbent land*. Rapport 8, Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, Gentofte, Danmark.
- Hoff & Overgaard (1976): *Den sikkerhedsmæssige effekt af signalregulering i landevejskryds*. Vejdirektoratet, Sekretariatet for Sikkerhedsfremmende Vejforanstaltninger, Næstved, Danmark.
- Høy, A., Elvik, R., Vaa, T. og M. Sørensen (2017): *Trafikksikkerheshåndboken*. Netudgave på <http://tsh.toi.no> tilgængeligt 7. august 2017. Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norge.
- IHSDM (2004): *Crash Prediction Module, Engineer's Manual*. Interactive Highway Safety Design Model, USA.
- Jensen, S. U. (2017): Safe roundabouts for cyclists. *Accident Analysis and Prevention*, vol. 105, pp. 30-37.

- Jensen, S. U. (2015): Safety Effects of Height of Central Islands, Sight Distances, Markings and Signage at Single-lane Roundabouts. *5th International Symposium on Highway Geometric Design*, Vancouver, Canada.
- Jensen, S. U. (2013a): *Evaluering af effekter af rundkørsler med forskellig udformning*. Trafitec, Lyngby, Danmark.
- Jensen, S. U. (2013b): *Uheldsmodeller for rundkørsler*. Trafitec, Lyngby, Danmark.
- Jensen, S. U. (2010): Safety effects of intersection signalization: A before-after study. *Proceedings of Transportation Research Board 89th Annual Meeting*, Washington, D.C., USA.
- Jensen, S. U. og T. S. Buch (2017): *Trafiksikkerhedsmæssige effekter af signalanlæg*. Trafitec, Lyngby, Danmark.
- Jurewicz, C., Phillips, C., Tziotis, M. og B. Turner (2014): *Model National Guidelines for Setting Speed Limits at High-risk Locations*. Austroads, research report AP-R455-14, Sydney, Australien.
- Lord, D., Geedipally, S. R., Persaud, B. N., Washington, S. P., Schalkwyk, I., Ivan, J. N., Lyon, C. og T. Jonsson (2008): *Methodology to Predict the Safety Performance of Rural Multilane Highways*. Transportation Research Board, NCHRP web-only document 126, Washington DC, USA.
- Spahn, V. og G. Bäumlner (2007): Sicherheit von Kreisverkehrsplätzen und Lichtzeichenanlagen in Bayern. *Strassenverkehrstechnik*, no. 7, pp. 357-362.
- Transport DTU (2017): *Transportøkonomiske enhedspriser – version 1.71*. Netudgave på <http://www.modelcenter.transport.dtu.dk/Noegletal/> Transportøkonomiske-Enhedspriser tilgået 16. august 2017. Transport DTU, Lyngby, Danmark.
- Vieten, M., Dohmen, R., Dürhager, U. og K. Legge (2010): *Quantifizierung der Sicherheitswirkungen verschiedener Bau-, Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstraßen*. Bast (Bundesanstalt für Straßenwesen), heft V 201, Bergisch Gladbach, Tyskland.

Bilag 1. Grundmodeller

Bilaget beskriver grundmodeller. For konstanter og spredningsparameter, k , er angivet standardafvigelse. Konstanten a er angivet som $\ln(a)$, hvilket vil sige, at der skal tages eksponentialet af $\ln(a)$ for at få a -værdien. Et 95 % konfidensinterval kan afrundet beregnes til $\pm 1,96$ x standardafvigelsen. Der er desuden angivet kalibrerede a -værdier, der indgår i endelige grundmodeller, hvor kun a - og p -værdier indgår og øvrige faktorer er sat til bestemte værdier, se eventuelt afsnit om grundmodeller i kapitel 3.

B1.1 Signalregulerede kryds

Forhold	Emne	Model for ...			
		Materielskade- uheld	Person- og ma- terielskade- uheld	Materielskade- og ekstrauheld	Alle uheld
Konstant a	Estimat ln(a)	-7,0956	-6,8840	-8,1344	-7,3659
	Signifikansniveau	0,0932	0,0737	0,0146	0,0126
	Standardafvigelse	4,2265	3,8494	3,3319	2,9540
Konstant p ₁	Estimat	0,9094	0,8424	0,8167	0,7749
	Signifikansniveau	0,0332	0,0371	0,0107	0,0083
	Standardafvigelse	0,4269	0,4041	0,3201	0,2937
Konstant p ₂	Estimat	0,4243	0,2176	0,5476	0,3732
	Signifikansniveau	0,1336	0,3766	0,0134	0,0499
	Standardafvigelse	0,2828	0,2461	0,2214	0,1905
Hastighedsbegrænsning (b ₁)		-0,0799 (0,0247)	-0,0510 (0,0219)	-0,0642 (0,0182)	-0,0496 (0,0163)
Venstresvings- pil (b ₂)	1-lys pil	-0,1830 (0,5723)	-0,0509 (0,5705)	-0,4432 (0,4643)	-0,3348 (0,4354)
	3-lys pil (bundet ven- stresving)	-0,5931 (0,4064)	-0,4420 (0,3953)	-0,5586 (0,3038)	-0,4676 (0,2843)
Venstresvingsspor pr. tilfart (b ₃)		0,9837 (0,7331)	0,7440 (0,6960)	0,7129 (0,5230)	0,6236 (0,4754)
Højresvingsspil (b ₄)	1-lys pil	-0,0036 (0,4715)	-0,0962 (0,4429)	-0,0476 (0,3528)	-0,0789 (0,3230)
	3-lys pil (bundet højre- sving)	0,1477 (0,4734)	0,2323 (0,4425)	0,2889 (0,3513)	0,3089 (0,3238)
Højresvingsspor pr. tilfart (b ₅)		-1,2455 (0,8482)	-0,5159 (0,7481)	-0,7505 (0,6123)	-0,3791 (0,5435)
Cykelfacilitet (b ₆)	Cykel- og kantbaner	-1,3653 (1,3020)	-1,2615 (1,3080)	-1,5206 (1,1786)	-1,4890 (1,1550)
	Dobbeltrettede stier	0,2063 (0,5945)	-0,0865 (0,5705)	0,4781 (0,4699)	0,2567 (0,4381)
	Enkeltrettede stier	-0,1888 (0,4327)	-0,1398 (0,4055)	0,2082 (0,3443)	0,1676 (0,3131)
Sprednings- parameter k	Estimat	0,2325	0,2827	0,1195	0,1050
	Standardafvigelse	0,2040	0,1831	0,1170	0,0972
Kalibreret ln(a)		-12,4525	-10,1229	-12,4085	-10,5456

Tabel B1.1. Oplysninger om grundmodeller for signalregulerede T-kryds med faktorer for hastighedsbegrænsning, venstre- og højresvingsspile, antal venstre- og højresvingsspor samt cykelfacilitet. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstanten er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Estimer for ingen venstresvingsspil, ingen højresvingsspil og ingen cykelfacilitet er nul, da de kategorier er basis. Kalibrerede a -værdier gælder, hvor faktorer er sat til 70 km/t, ingen svingpile, 0,6667 venstresvingsspor og 0,3333 højresvingsspor pr. tilfart samt ingen cykelfacilitet.

Forhold	Emne	Model for ...				
		Materielska- deuheld	Ekstrauheld	Person- og materielska- deuheld	Materiel- skade- og ekstrauheld	Alle uheld
Konstant a	Estimat ln(a)	-6,5103	-5,8427	-5,9578	-5,8945	-5,5703
	Signifikansniveau	0,0052	0,0972	0,0072	0,0042	0,0061
	Standardafvigelse	2,3312	3,5229	2,2158	2,0605	2,0300
Konstant p ₁	Estimat	0,4247	0,1896	0,4577	0,3683	0,4078
	Signifikansniveau	0,0465	0,5626	0,0237	0,0505	0,0274
	Standardafvigelse	0,2134	0,3275	0,2024	0,1883	0,1849
Konstant p ₂	Estimat	0,2381	0,2470	0,1900	0,2462	0,2069
	Signifikansniveau	0,1022	0,2572	0,1680	0,0559	0,1014
	Standardafvigelse	0,1457	0,2180	0,1378	0,1288	0,1263
Hastighedsbegrænsning (b ₁)		0,0034 (0,0124)	-0,0086 (0,0176)	0,0018 (0,0117)	0,0019 (0,0108)	0,0012 (0,0106)
Venstre- svingspil (b ₂)	1-lys pil	-0,2275 (0,3253)	0,5620 (0,4566)	-0,1612 (0,3002)	-0,0461 (0,2820)	-0,0214 (0,2723)
	3-lys pil (bundet venstresving)	-0,1307 (0,2185)	0,4358 (0,3344)	-0,1298 (0,2072)	-0,0134 (0,1921)	-0,0292 (0,1888)
Venstresvingsspor pr. tilfart (b ₃)		0,2859 (0,4925)	0,8527 (0,7566)	-0,0004 (0,4667)	0,3901 (0,4366)	0,1398 (0,4292)
Højresvings- pil (b ₄)	1-lys pil	-0,2391 (0,2160)	0,3447 (0,2883)	-0,1892 (0,2037)	-0,0710 (0,1881)	-0,0536 (0,1853)
	3-lys pil (bundet højresving)	0,2941 (0,4838)	0,8491 (0,5468)	0,3778 (0,4576)	0,4549 (0,4132)	0,4990 (0,4108)
Højresvingsspor pr. tilfart (b ₅)		-0,2907 (0,3037)	-0,7995 (0,4256)	-0,2114 (0,2881)	-0,4356 (0,2679)	-0,3521 (0,2641)
Cykelfacilitet (b ₆)	Cykel- og kant- baner	0,3473 (0,3048)	0,6611 (0,4327)	0,4616 (0,2889)	0,4411 (0,2687)	0,5149 (0,2647)
	Dobbeltrettede stier	0,0836 (0,3155)	-0,4028 (0,5173)	0,1435 (0,3016)	0,0111 (0,2819)	0,0628 (0,2784)
	Enkeltrettede stier	-0,1058 (0,2408)	0,1000 (0,3565)	-0,0590 (0,2296)	-0,0459 (0,2122)	-0,0182 (0,2093)
Sprednings- parameter k	Estimat	0,1791	0,0817	0,1797	0,1422	0,1582
	Standardafvigelse	0,0723	0,1376	0,0642	0,0551	0,0531
Kalibreret ln(a)		-6,1307	-5,9968	-5,9395	-5,5868	-5,5228

Tabel B1.2. Oplysninger om grundmodeller for *signalregulerede F-kryds* med faktorer for hastighedsbegrænsning, venstre- og højresvingpile, antal venstre- og højresvingsspor samt cykelfacilitet. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstanten er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Estimer for ingen venstresvingpil, ingen højresvingpil og ingen cykelfacilitet er nul, da de kategorier er basis. Kalibrerede a -værdier gælder, hvor faktorer er sat til 70 km/t, ingen svingpile, 1 venstresvingsspor og 0,5 højresvingsspor pr. tilfart samt ingen cykelfacilitet.

B1.2 Rundkørsler

Forhold	Emne	Model for ...				
		Personskadeuheld	Materielskadeuheld	Ekstrauheld	Materiel-skade- og ekstrauheld	Alle uheld
Konstant a	Estimat ln(a)	-11,4892	-8,2184	-13,8478	-9,5233	-9,2429
	Signifikansniveau	0,0011	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	3,5214	2,0127	2,4781	1,6140	1,4875
Konstant p ₁	Estimat	1,0924	0,7584	1,2915	0,9666	0,9732
	Signifikansniveau	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	0,2915	0,1681	0,2152	0,1382	0,1271
Cykelfacilitet (b ₁)	Cykelbane	0,8619 (0,4916)	0,3307 (0,2859)	0,6317 (0,3350)	0,4175 (0,2280)	0,4805 (0,2109)
	Ingen facilitet	0,5009 (0,5815)	-0,3451 (0,3571)	0,7458 (0,3815)	0,0897 (0,2696)	0,1422 (0,2496)
	Cykelsti (bil viger)	0,3944 (0,5437)	0,1733 (0,2990)	0,1541 (0,3650)	0,1471 (0,2406)	0,1937 (0,2241)
	Cykelsti (cykel viger)	0,0337 (0,5094)	-0,3129 (0,2923)	0,2380 (0,3301)	-0,1344 (0,2280)	-0,1188 (0,2117)
Hastighedsbegrænsning (b ₂)		-0,0156 (0,0154)	-0,0219 (0,0094)	-0,0066 (0,0107)	-0,0159 (0,0074)	-0,0162 (0,0069)
Midterø diameter (b ₃)		0,0104 (0,0156)	-0,0049 (0,0096)	0,0370 (0,0104)	0,0131 (0,0074)	0,0132 (0,0068)
Midterø højde (b ₄)	2-10 meter høj	-0,0642 (0,2573)	-0,1825 (0,1530)	-0,3977 (0,1818)	-0,2528 (0,1226)	-0,2294 (0,1137)
Antal vejgrene (b ₅)		-0,2577 (0,2577)	0,3557 (0,1584)	-0,2539 (0,1618)	0,0693 (0,1180)	0,0307 (0,1104)
Sekundærheller (b ₆)	Blandet	0,1308 (0,3255)	-0,0283 (0,2002)	0,2548 (0,2218)	0,1119 (0,1557)	0,1058 (0,1449)
	Ingen	-19,9223 (58307,32)	-22,1974 (65535,67)	1,5363 (1,2183)	-0,0472 (1,1375)	-0,1805 (1,1189)
	Parallel	0,6570 (0,5596)	0,1679 (0,3990)	-0,2164 (0,4943)	0,0481 (0,3221)	0,1533 (0,2906)
Bredde af overkørselsareal (b ₇)		0,0966 (0,1173)	-0,1048 (0,0701)	-0,0134 (0,0844)	-0,0649 (0,0561)	-0,0427 (0,0518)
Bredde af cirkulationsareal (b ₈)		-0,0455 (0,1730)	0,0395 (0,1016)	0,0196 (0,1171)	0,0249 (0,0812)	0,0060 (0,0750)
Spredningsparameter k	Estimat	0,3296	0,3979	0,3834	0,2884	0,2488
	Standardafvigelse	0,3203	0,1340	0,1594	0,0797	0,0658
Kalibreret ln(a)		-13,0585	-8,9949	-13,4414	-10,0027	-9,9238

Tabel B1.3. Oplysninger om grundmodeller for **rundkørsler** med faktorer for cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning, midterø diameter og højde, antal vejgrene, sekundærheller, bredde af overkørsels- og cirkulationsareal. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstant er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Estimer for cykling forbudt, 0-1,9 meter høj midterø samt trekants- og/eller trompetheller er nul, da de kategorier er basis. Kalibrerede a-værdier gælder, hvor faktorer er sat til ingen cykelfacilitet, 80 km/t, 30 meter midterø diameter, 0-1,9 meter høj midterø, 4 vejgrene, trekants- og/eller trompetheller, 2 meter overkørselsareal og 6,5 meter cirkulationsareal.

Forhold	Emne	Model for ...		
		Alvorlige skader	Dræbte og alvorlige skader	Personskader
Konstant a	Estimat ln(a)	-9,4325	-10,1936	-12,7588
	Signifikansniveau	0,0338	0,0208	0,0005
	Standardafvigelse	4,4430	4,4092	3,6498
Konstant p ₁	Estimat	0,8605	0,8078	1,1865
	Signifikansniveau	0,0196	0,0253	0,0001
	Standardafvigelse	0,3686	0,3610	0,3063
Cykelfacilitet (b ₁)	Cykelbane	0,9371 (0,7439)	1,1182 (0,7459)	0,8907 (0,5064)
	Ingen facilitet	0,6815 (0,8401)	0,9353 (0,8302)	0,6159 (0,5947)
	Cykelsti (bil viger)	0,2344 (0,8207)	0,3367 (0,8243)	0,2843 (0,5711)
	Cykelsti (cykel viger)	0,2957 (0,7602)	0,4605 (0,7558)	0,0798 (0,5189)
Hastighedsbegrænsning (b ₂)		-0,0070 (0,0228)	-0,0016 (0,0228)	-0,0093 (0,0168)
Midterø diameter (b ₃)		-0,0128 (0,0251)	-0,0024 (0,0243)	0,0117 (0,0167)
Midterø højde (b ₄)	2-10 meter høj	-0,5074 (0,3696)	-0,5198 (0,3636)	-0,2347 (0,2752)
Antal vejgrene (b ₅)		0,0975 (0,3873)	0,0222 (0,3834)	-0,1962 (0,2825)
Sekundærheller (b ₆)	Blandet	-0,1727 (0,5061)	-0,0978 (0,4982)	0,1747 (0,3527)
	Ingen	-20,6254 (66989,48)	-20,7248 (74684,73)	20,6355 (83920,47)
	Parallel	0,9431 (0,7067)	0,9303 (0,7166)	0,6308 (0,6074)
Bredde af overkørselsareal (b ₇)		-0,0260 (0,1629)	0,0392 (0,1593)	0,0695 (0,1217)
Bredde af cirkulationsareal (b ₈)		-0,2470 (0,2471)	-0,1548 (0,2409)	-0,0579 (0,1800)
Spredningsparameter k	Estimat	1,8250	2,0232	1,0692
	Standardafvigelse	0,9350	0,9704	0,4570
Kalibreret ln(a)		-10,9439	-10,2776	-13,5458

Tabel B1.4. Oplysninger om grundmodeller for **rundkørsler** med faktorer for cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning, midterø diameter og højde, antal vejgrene, sekundærheller, bredde af overkørsels- og cirkulationsareal. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstant er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Estimer for cykling forbudt, 0-1,9 meter høj midterø samt trekants- og/eller trompetheller er nul, da de kategorier er basis. Kalibrerede a-værdier gælder, hvor faktorer er sat til ingen cykelfacilitet, 80 km/t, 30 meter midterø diameter, 0-1,9 meter høj midterø, 4 vejgrene, trekants- og/eller trompetheller, 2 meter overkørselsareal og 6,5 meter cirkulationsareal.

B1.3 Vigepligtsregulerede kryds

Forhold	Emne	Model for ...				
		Personskadeuheld	Materielskadeuheld	Ekstrauheld	Person- og materielskadeuheld	Materielskade- og ekstrauheld
Konstant a	Estimat ln(a)	-13,8889	-12,6505	-14,5137	-12,3505	-12,5920
	Signifikansniveau	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	2,0663	1,3977	2,0000	1,2225	1,1968
Konstant p ₁	Estimat	0,6952	0,7246	0,9263	0,7240	0,7948
	Signifikansniveau	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	0,1466	0,0982	0,1466	0,0864	0,0852
Konstant p ₂	Estimat	0,4186	0,4661	0,3320	0,4453	0,4143
	Signifikansniveau	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	0,0764	0,0542	0,0701	0,0461	0,0441
Sekundærheller (b ₁)	Ingen helle	-0,3215 (0,2273)	-0,2048 (0,1614)	0,1143 (0,2530)	-0,2408 (0,1428)	-0,1179 (0,1430)
Cykelfacilitet (b ₂)	Kant- eller cykelbane	0,2107 (0,2598)	0,0128 (0,1735)	0,2835 (0,2165)	0,0546 (0,1542)	0,1058 (0,1435)
	Enkeltrettet sti	0,1714 (0,2699)	-0,4269 (0,2365)	-0,3460 (0,2943)	-0,2099 (0,1913)	-0,4096 (0,1955)
	Dobbeltrettet sti	0,2798 (0,2665)	0,1627 (0,1854)	-0,0047 (0,2930)	0,2226 (0,1633)	0,1594 (0,1637)
Hastighedsbegrænsning (b ₃)		0,0312 (0,0175)	0,0142 (0,0116)	0,0135 (0,0159)	0,0187 (0,0102)	0,0141 (0,0098)
Politikreds (b ₄)	Bornholms	-0,4167 (0,5724)	0,1328 (0,4570)	-0,8623 (0,7205)	-0,0670 (0,3784)	-0,1505 (0,3941)
	Fyns	-0,7901 (0,5160)	0,3745 (0,3938)	0,3504 (0,5231)	0,0311 (0,3275)	0,3414 (0,3311)
	Midt- og Vestjyllands	-0,2551 (0,4536)	0,0850 (0,3916)	-0,8796 (0,5830)	-0,0659 (0,3204)	-0,1887 (0,3350)
	Midt- og Vestsjællands	0,0696 (0,5243)	0,1953 (0,4503)	0,9331 (0,5300)	0,1046 (0,3710)	0,5330 (0,3588)
	Nordjyllands	0,9514 (0,4422)	-0,2283 (0,4818)	-0,7553 (0,7472)	0,4143 (0,3470)	-0,3937 (0,4157)
	Nordsjællands	-0,0053 (0,7100)	1,0386 (0,5054)	0,7614 (0,6635)	0,6644 (0,4448)	0,9283 (0,4333)
	Sydøstjyllands	-0,5531 (0,5309)	-0,0534 (0,4305)	0,0499 (0,5655)	-0,2510 (0,3558)	-0,0451 (0,3588)
	Syd- og Sønderjyllands	-0,0209 (0,4276)	0,7250 (0,3732)	0,3826 (0,5028)	0,4621 (0,3049)	0,6006 (0,3150)
	Sydsjælland og Lolland-Falsters	-0,1944 (0,4754)	0,3473 (0,4029)	0,8881 (0,5087)	0,1416 (0,3314)	0,5555 (0,3318)
Spredningsparameter k	Estimat	0,2469	0,4233	0,2170	0,5290	0,4278
	Standardafvigelse	0,3290	0,1980	0,2575	0,1523	0,1359
Kalibreret ln(a)		-11,8299	-11,3695	-13,0860	-10,9316	-11,2933

Tabel B1.5. Oplysninger om grundmodeller for vigepligtsregulerede T-kryds med faktorer for sekundærheller, cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning og politikreds. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstanten er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Estimer for kantstensbegrænset helle, ingen cykelfacilitet og Østjyllands politikreds er nul, da de kategorier er basis. Kalibrerede a-værdier gælder for Danmark og faktorer er sat til ingen helle, ingen cykelfacilitet og 80 km/t.

Forhold	Emne	Model for ...				
		Alle uheld	Alvorlige skader	Lette skader	Dræbte og alvorlige skader	Personskader
Konstant a	Estimat ln(a)	-12,3356	-14,9433	-12,1227	-15,1777	-13,1610
	Signifikansniveau	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	1,0894	2,9307	3,1207	2,8095	2,2436
Konstant p ₁	Estimat	0,7826	0,6683	0,6155	0,6578	0,6298
	Signifikansniveau	<0,0001	0,0009	0,0054	0,0006	<0,0001
	Standardafvigelse	0,0777	0,2015	0,2214	0,1914	0,1561
Konstant p ₂	Estimat	0,4105	0,4692	0,3850	0,4892	0,4508
	Signifikansniveau	<0,0001	<0,0001	0,0009	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	0,0398	0,1132	0,1159	0,1086	0,0856
Sekundærheller (b ₁)	Ingen helle	-0,1680 (0,1306)	-0,3280 (0,3403)	-0,5326 (0,3915)	-0,2291 (0,3245)	-0,2983 (0,2847)
Cykelfacilitet (b ₂)	Kant- eller cykelbane	0,1175 (0,1337)	-0,3017 (0,4179)	0,2500 (0,3937)	-0,2227 (0,3916)	-0,0037 (0,2985)
	Enkelttrettet sti	-0,2525 (0,1703)	0,0243 (0,4195)	0,0293 (0,4819)	0,1572 (0,3901)	0,1571 (0,3400)
	Dobbelttrettet sti	0,2102 (0,1485)	0,2042 (0,3974)	0,0506 (0,4476)	0,2778 (0,3722)	0,2200 (0,3164)
Hastighedsbegrænsning (b ₃)		0,0175 (0,0090)	0,0395 (0,0267)	0,0120 (0,0251)	0,0434 (0,0258)	0,0296 (0,0193)
Politikreds (b ₄)	Bornholms	-0,2264 (0,3439)	-0,6028 (0,9107)	0,6815 (0,8881)	-0,3243 (0,7896)	0,2821 (0,6435)
	Fyns	0,0967 (0,2919)	-0,6313 (0,7436)	-0,5182 (0,8773)	-0,8400 (0,7034)	-0,7115 (0,6165)
	Midt- og Vestjyllands	-0,2363 (0,2907)	-0,6590 (0,7021)	0,0455 (0,8178)	-0,7541 (0,6533)	-0,4052 (0,5784)
	Midt- og Vestsjællands	0,3873 (0,3189)	0,0023 (0,8049)	0,1072 (0,9561)	-0,2071 (0,7655)	-0,0387 (0,6796)
	Nordjyllands	0,2368 (0,3194)	0,4333 (0,7208)	2,0646 (0,8351)	0,3165 (0,6702)	1,2692 (0,5990)
	Nordsjællands	0,6648 (0,3992)	-0,4866 (1,2953)	0,4280 (1,2378)	-0,0520 (1,0377)	0,0888 (0,9223)
	Sydøstjyllands	-0,1945 (0,3155)	-0,4154 (0,7601)	-1,1633 (1,0489)	-0,2470 (0,6803)	-0,5038 (0,6327)
	Syd- og Sønderjyllands	0,4304 (0,2743)	0,1510 (0,6485)	0,2067 (0,7733)	-0,0004 (0,6038)	0,0927 (0,5459)
	Sydsjælland og Lolland-Falsters	0,3602 (0,2915)	0,1286 (0,6981)	-0,3578 (0,8904)	-0,0995 (0,6533)	-0,1964 (0,6019)
Spredningsparameter k	Estimat	0,4923	3,4901	6,1446	3,1185	4,0840
	Standardafvigelse	0,1164	1,3573	1,7538	1,1699	0,8548
Kalibreret ln(a)		-10,9428	-12,2500	-11,4282	-12,1684	-11,0997

Tabel B1.6. Oplysninger om grundmodeller for vigepligtsregulerede T-kryds med faktorer for sekundærheller, cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning og politikreds. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstanten er statistisk signifikant (p≤0,05). Estimer for kantstensbegrænset helle, ingen cykelfacilitet og Østjyllands politikreds er nul, da de kategorier er basis. Kalibrerede a-værdier gælder for Danmark og faktorer er sat til ingen helle, ingen cykelfacilitet og 80 km/t.

Forhold	Emne	Model for ...				
		Personskadeuheld	Materielskadeuheld	Person- og materielskadeuheld	Materielskade- og ekstrauheld	Alle uheld
Konstant a	Estimat ln(a)	-4,0019	-7,4681	-5,0971	-6,4804	-4,5929
	Signifikansniveau	0,1700	0,0052	0,0121	0,0032	0,0102
	Standardafvigelse	2,9165	2,6716	2,0319	2,1995	1,7884
Konstant p ₁	Estimat	0,1304	0,3047	0,2412	0,3839	0,2957
	Signifikansniveau	0,5167	0,0783	0,0737	0,0122	0,0180
	Standardafvigelse	0,2011	0,1730	0,1348	0,1532	0,1249
Konstant p ₂	Estimat	0,2722	0,4606	0,3859	0,4592	0,3929
	Signifikansniveau	0,0819	0,0002	0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	0,1564	0,1251	0,1014	0,1096	0,0934
Sekundærheller (b ₁)	Ingen helle	0,4252 (0,3969)	-0,5057 (0,2772)	-0,2163 (0,2321)	-0,3276 (0,2435)	-0,1321 (0,2155)
Cykelfacilitet (b ₂)	Kant- eller cykelbane	-0,1588 (0,4099)	0,4557 (0,2875)	0,2269 (0,2437)	0,3793 (0,2519)	0,1965 (0,2256)
	Enkeltrettet sti	-0,7493 (0,6467)	0,1332 (0,4360)	-0,2040 (0,3745)	0,2067 (0,3561)	-0,0804 (0,3266)
	Dobbeltrettet sti	0,4279 (0,5610)	0,1344 (0,4989)	0,2683 (0,3892)	0,2346 (0,4054)	0,3101 (0,3471)
Hastighedsbegrænsning (b ₃)		-0,0064 (0,0267)	0,0076 (0,0241)	0,0002 (0,0185)	-0,0097 (0,0190)	-0,0110 (0,0159)
Politikreds (b ₄)	Bornholms	-1,5991 (0,8438)	-0,3122 (0,6267)	-0,8796 (0,5315)	-0,4273 (0,5476)	-0,8840 (0,4935)
	Fyns	-1,4535 (0,6427)	-1,0757 (0,5773)	-1,3462 (0,4641)	-1,2006 (0,4897)	-1,3811 (0,4255)
	Midt- og Vestjylland	-1,2735 (0,6287)	-0,5117 (0,5564)	-0,9434 (0,4545)	-0,4834 (0,4662)	-0,8692 (0,4126)
	Midt- og Vestsjælland	-0,0697 (1,2825)	-22,0472 (65056,88)	-0,7906 (1,2029)	-0,2556 (1,1506)	-0,2611 (0,9295)
	Nordjyllands	-2,0337 (0,9551)	-1,4509 (0,8984)	-1,8189 (0,6858)	-1,5338 (0,7444)	-1,8428 (0,6211)
	Sydøstjyllands	-1,7713 (0,8176)	-0,4033 (0,6405)	-1,0731 (0,5356)	-0,5743 (0,5461)	-1,0891 (0,4884)
	Syd- og Sønderjylland	-1,6486 (0,5918)	-0,2835 (0,5099)	-0,9305 (0,4209)	-0,4120 (0,4331)	-0,9245 (0,3854)
	Sydsjælland og Lolland-Falsters	-0,9869 (0,6909)	-0,3139 (0,6290)	-0,6975 (0,5025)	-0,5358 (0,5389)	-0,7884 (0,4630)
Spredningsparameter k	Estimat	0,2382	0,2195	0,2534	0,1203	0,2001
	Standardafvigelse	0,3610	0,2198	0,1521	0,1489	0,1286
Kalibreret ln(a)		-5,5055	-7,8268	-6,2614	-8,1648	-6,5751

Tabel B1.7. Oplysninger om grundmodeller for vigepligtsregulerede F-kryds med faktorer for sekundærheller, cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning og politikreds. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstanten er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Estimer for kantstensbegrænset helle, ingen cykelfacilitet og Østjyllands politikreds er nul, da de kategorier er basis. Kalibrerede a-værdier gælder for Danmark og faktorer er sat til ingen helle, ingen cykelfacilitet og 80 km/t.

Forhold	Emne	Model for ...		
		Alvorlige skader	Dræbte og alvorlige skader	Personskader
Konstant a	Estimat ln(a)	-3,6882	-4,9959	-4,9224
	Signifikansniveau	0,2867	0,1458	0,1463
	Standardafvigelse	3,4618	3,4347	3,3881
Konstant p ₁	Estimat	0,3497	0,4733	0,1478
	Signifikansniveau	0,2358	0,1038	0,4747
	Standardafvigelse	0,2950	0,2909	0,2068
Konstant p ₂	Estimat	0,2557	0,2634	0,4456
	Signifikansniveau	0,2372	0,2113	0,0140
	Standardafvigelse	0,2163	0,2107	0,1813
Sekundærheller (b ₁)	Ingen helle	0,6998 (0,5909)	0,8205 (0,5816)	0,7796 (0,4396)
Cykelfacilitet (b ₂)	Kant- eller cykelbane	-0,2768 (0,5299)	-0,2887 (0,5036)	-0,3595 (0,4649)
	Enkeltrettet sti	-0,8765 (0,8036)	-0,9568 (0,7950)	-0,8577 (0,7391)
	Dobbelrettet sti	-17,4273 (5028,503)	-17,3909 (4432,134)	0,0982 (0,6877)
Hastighedsbegrænsning (b ₃)		-0,0409 (0,0299)	-0,0388 (0,0301)	-0,0050 (0,0325)
Politikreds (b ₄)	Bornholms	-1,8077 (1,3005)	-1,0195 (1,0735)	-1,6779 (0,9952)
	Fyns	-0,8518 (0,7957)	-0,8347 (0,7817)	-1,8190 (0,8469)
	Midt- og Vestjyllands	-1,7764 (0,9224)	-1,8093 (0,9158)	-1,3999 (0,8130)
	Midt- og Vestsjællands	0,4204 (1,4786)	0,3464 (1,4251)	-0,4584 (1,8425)
	Nordjyllands	-18,2628 (4749,740)	-18,0958 (4450,903)	-2,3124 (1,1629)
	Sydøstjyllands	-1,2456 (0,9891)	-1,2056 (0,9768)	-2,2476 (1,0183)
	Syd- og Sønderjyllands	-1,7517 (0,7869)	-1,5765 (0,7615)	-1,8149 (0,7890)
	Sydsjælland og Lolland-Falsters	-1,1362 (0,9272)	-1,1013 (0,9073)	-1,2514 (0,9002)
Spredningsparameter k	Estimat	0,4609	0,3432	1,6855
	Standardafvigelse	0,6172	0,5383	0,6438
Kalibreret ln(a)		-7,5672	-8,4972	-6,1855

Tabel B1.8. Oplysninger om grundmodeller for vigepligtsregulerede F-kryds med faktorer for sekundærheller, cykelfacilitet, hastighedsbegrænsning og politikreds. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstanten er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Estimer for kantstensbegrænset helle, ingen cykelfacilitet og Østjyllands politikreds er nul, da de kategorier er basis. Kalibrerede a-værdier gælder for Danmark og faktorer er sat til ingen helle, ingen cykelfacilitet og 80 km/t.

B1.4 Strækninger

Forhold	Emne	Model for ...					
		Personskade- uheld	Materielskade- uheld	Ekstrauheld	Person- og mate- rielskadeuheld	Materielskade- og ekstrauheld	Alle uheld
Konstant a	Estimat ln(a)	-8,5526	-7,6153	-10,2126	-7,3649	-8,3505	-7,8578
	Signifikansniveau	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	0,9561	0,8893	0,9368	0,7069	0,6849	0,5933
Konstant p	Estimat	0,8138	0,8381	1,1480	0,8387	1,0084	0,9652
	Signifikansniveau	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	0,1152	0,1090	0,1168	0,0865	0,0850	0,0734
Bredde af kørespor (b ₁)		-0,5351 (0,2431)	-0,5992 (0,2317)	-0,6020 (0,2436)	-0,5915 (0,1837)	-0,6002 (0,1787)	-0,5961 (0,1548)
Kurvatur, grader pr. km (b ₂)		0,0028 (0,0020)	0,0033 (0,0018)	0,0032 (0,0019)	0,0031 (0,0014)	0,0033 (0,0013)	0,0031 (0,0012)
Maksimalt stigningsforhold (b ₃)		0,0808 (0,0254)	0,0082 (0,0249)	0,0218 (0,0266)	0,0403 (0,0197)	0,0154 (0,0194)	0,0340 (0,0168)
Definerede sidevej pr. km (b ₄)		0,0721 (0,0614)	0,1371 (0,0533)	0,0200 (0,0589)	0,1064 (0,0441)	0,0797 (0,0422)	0,0740 (0,0373)
Bredde af yderrabat (b ₅)		0,1006 (0,0546)	-0,0659 (0,0557)	-0,1550 (0,0594)	0,0049 (0,0429)	-0,1141 (0,0432)	-0,0563 (0,0366)
Bredde af kantbane (b ₆)		0,0324 (0,1855)	-0,2940 (0,1793)	-0,0140 (0,1756)	-0,1542 (0,1401)	-0,1488 (0,1329)	-0,0973 (0,1152)
Sprednings- parameter k	Estimat	0,0693	0,1589	0,3270	0,1690	0,2040	0,1675
	Standardafvigelse	0,0773	0,0724	0,0813	0,0484	0,0443	0,0337
Kalibreret ln(a)		-10,0958	-9,9896	-12,5826	-9,4448	-10,7237	-10,0460

Tabel B1.9. Oplysninger om grundmodeller for uheld på **strækninger** med faktorer for bredde af kørespor, yderrabat og kantbane, kurvatur, maksimalt stigningsforhold og definerede sideveje. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstanten er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Kalibrerede a-værdier gælder for Danmark og faktorer er sat til 3,5 meter kørespor, 10 grader pr. km, 2 % stigning, 0 sideveje, 2,0 meter yderrabat og 0,5 meter kantbane.

Forhold	Emne	Model for ...				
		Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader	Dræbte og alvorlige skader	Personskader
Konstant a	Estimat ln(a)	-10,6408	-7,9297	-11,3312	-8,0663	-8,8509
	Signifikansniveau	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	2,4580	1,3163	1,5808	1,2556	1,1251
Konstant p	Estimat	0,7373	0,8410	1,0197	0,8486	0,9453
	Signifikansniveau	0,0126	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Standardafvigelse	0,2956	0,1610	0,1914	0,1545	0,1390
Bredde af kørespor (b ₁)		-0,3918 (0,6128)	-0,9487 (0,3480)	-0,4707 (0,4055)	-0,8761 (0,3313)	-0,7356 (0,2976)
Kurvatur, grader pr. km (b ₂)		-0,0004 (0,0068)	0,0044 (0,0022)	0,0046 (0,0027)	0,0037 (0,0023)	0,0037 (0,0020)
Maksimalt stigningsforhold (b ₃)		0,0864 (0,0659)	0,0909 (0,0362)	0,0959 (0,0459)	0,0909 (0,0354)	0,0946 (0,0336)
Definerede sidevej pr. km (b ₄)		-0,0375 (0,1704)	-0,0028 (0,0914)	0,1037 (0,1012)	-0,0146 (0,0879)	0,0273 (0,0775)
Bredde af yderrabat (b ₅)		0,1331 (0,1345)	0,1112 (0,0772)	0,1689 (0,0902)	0,1006 (0,0741)	0,1193 (0,0669)
Bredde af kantbane (b ₆)		0,7014 (0,4272)	0,0708 (0,2544)	-0,0107 (0,3029)	0,1812 (0,2371)	0,0984 (0,2133)
Spredningsparameter k	Estimat	0,3933	0,5772	1,3224	0,7171	0,9764
	Standardafvigelse	0,5011	0,1697	0,2974	0,1696	0,1533
Kalibreret ln(a)		-11,3408	-10,8985	-12,4273	-10,7334	-10,9653

Tabel B1.10. Oplysninger om grundmodeller for personskader på **strækninger** med faktorer for bredde af kørespor, yderrabat og kantbane, kurvatur, maksimalt stigningsforhold og definerede sideveje. For konstanter b_i er angivet estimatet og standardafvigelse i parentes, mens en grå markering betyder, at konstanten er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$). Kalibrerede a -værdier gælder for Danmark og faktorer er sat til 3,5 meter kørespor, 10 grader pr. km, 2 % stigning, 0 sideveje, 2,0 meter yderrabat og 0,5 meter kantbane.