

Cyklisters sikkerhed i rundkørsler

Sammenfatningsrapport



Søren Underlien Jensen

Marts 2013

<p>Titel: Cyklisteres sikkerhed i rundkørsler</p> <p>Forfatter(e): Søren Underlien Jensen</p> <p>Publiceringsdato: Marts 2013</p> <p>Sprog: Dansk</p> <p>Antal sider: 36</p> <p>Rekvirent/finansiel kilde: Cykelpuljen</p> <p>Projekt: Cyklisteres sikkerhed i rundkørsler</p> <p>Kvalitetssikring: Thomas Skallebæk Buch</p> <p>Emneord: Rundkørsel, sikkerhed, cyklister</p> <p>Resumé:</p> <p>Projektets formål er at beskrive sikkerhedsmæssige konsekvenser med fokus på cyklister af at ombygge kryds til rundkørsler og designe rundkørsler på bestemte måder. Dette formål opfyldes ved at udføre et litteraturstudie, et uheldsmodelstudie og en før-efter uheldsevaluering.</p> <p>Cyklisteres sikkerhed forværres ofte ved ombygning af kryds til rundkørsler. Dog er der stor forskel på de sikkerhedseffekter, der opnås for cyklister. Det er fundet, at særligt hastighedsbegrænsning, forekomst af dobbeltrettede cykelstier langs veje hen til kryds, type af cykelfacilitet og højde af midterø i rundkørsler er af stor betydning for sikkerhedseffekterne for cyklister. Det er muligt at ombygge kryds til rundkørsler, så cyklisteres sikkerhed forbedres. Man skal vælge kryds med omhu og designe rundkørsler på en sikkerhedsmæssig optimal facon.</p> <p>En lang række forhold ved rundkørselsdesignet er af betydning for sikkerheden. Det gælder bl.a. type af rundkørsel, antal vejgrene, vinkel mellem vejgrene, diameter og højde af midterø, bredde af tilfarts-, frafarts- og cirkulationsspor, arrangement af frafarts- og cirkulationsspor og shunts, type af cykelfacilitet, type af sekundærhelle, belysning, antal og placering af forvarslings- og vejvisningstavler samt oversigt før rundkørsel til cirkulationsareal og vejgrene til venstre.</p>	<p>Title: Cyclist safety at roundabouts</p> <p>Author(s): Søren Underlien Jensen</p> <p>Report date: March 2013</p> <p>Language: Danish</p> <p>No. of pages: 36</p> <p>Client/financial source: Cykelpuljen</p> <p>Project: Cyclist safety at roundabouts</p> <p>Quality management: Thomas Skallebæk Buch</p> <p>Key words: Roundabout, safety, cyclist</p> <p>Abstract:</p> <p>The purpose of the project is to describe safety consequences with focus on cyclists of converting intersections to roundabouts and designing roundabouts in certain ways. This purpose is fulfilled by completing a literature study, a crash modeling study and a before-after safety study.</p> <p>Cyclists' safety often worsens due to conversion of intersections to roundabouts. However, there are major differences in safety effects of different conversions. This is particularly due to different speed limits, presence of dual-way cycle paths along roads, type of bicycle facility and height of central island at roundabouts. It is possible to convert an intersection to a roundabout and improve cyclist safety at the same time. One has to choose the intersection with care and design the roundabout in an optimal way in terms of safety.</p> <p>A large number of roundabout design features have an impact on safety. This is true for e.g. type of roundabout, number of arms, angle between arms, diameter and height of central island, width of entry, exit and circulation lanes, combined layout of exit, circulation and right-turn bypass lanes, type of bicycle facility, type of splitter island, road lighting, number and placement of pre-warning and direction signs, and also sight distances to circulation and arm to the left.</p>
<p>Rapporten kan hentes fra www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Ved gengivelse af materiale fra publikationen skal fuldstændig kildeangivelse udføres.</p>	<p>The report can be acquired from www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Reprinting material from this publication must include a complete reference to original source.</p>

Indhold

1. Indledning	4
1.1 Baggrund	4
1.2 Formål og aktiviteter	4
1.3 Definition af rundkørsler	5
2. Datagrundlag og metoder	8
2.1 Rundkørsler	8
2.2 Uheld og personskader	12
3. Resultater	17
3.1 Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler	17
3.2 Krydsdesignets betydning for sikkerhedseffekter	20
3.3 Rundkørselsdesignets betydning for sikkerhedseffekter	21
3.3.1 Minirundkørsler	23
3.3.2 1-sporede rundkørsler	25
3.3.3 Flersporede rundkørsler	28
3.3.4 Signalregulerede rundkørsler	30
3.4 Uheldsmodeller og uheldsfrekvenser	30
4. Konklusion	34
Referencer	36

1. Indledning

Forskningsprojektet *Cyklisters sikkerhed i rundkørsler* er udført af Trafitec og finansieret af *Cykelpuljen*. Projektets formål er at studere de sikkerhedsmæssige konsekvenser med særlig fokus på cyklister af at ombygge kryds til rundkørsler og af at designe rundkørsler på bestemte måder.

1.1 Baggrund

Baggrunden for at iværksætte projektet var, at cyklisters sikkerhed ofte synes at blive forværret i modsætning til andre trafikanter, når kryds ombygges til rundkørsler. Det viser studier fra bl.a. Belgien, Holland og Danmark. Samtidig synes der ikke at være dokumenteret et sikkert rundkørselsdesign for cyklister, der er bredt accepteret. Der er heller ikke ført nævneværdige videnskabelige beviser for, at bestemte elementer ved rundkørslers design påvirker cyklisters sikkerhed.

I Danmark er der udført flere undersøgelser af rundkørslers sikkerhed og cyklister i rundkørsler. Disse undersøgelser antyder svagt, hvad ombygning af kryds til rundkørsel og rundkørselsdesignet betyder for cyklisters sikkerhed. Ingen af disse undersøgelser opstiller klare resultater, fordi det anvendte datamateriale er for beskedent eller af for ringe kvalitet.

Viden om sikkerhed i danske rundkørsler har desuden været begrænset af, at ”rundkørsel” ikke figurerer som en krydstype i landsdækkende vejdatabanker. Det har medvirket til, at der ikke er opstillet pålidelige uheldsmodeller for rundkørsler i Danmark, der angiver sammenhænge mellem uheldsforekomst, trafik og design.

1.2 Formål og aktiviteter

Forskningsprojektets hovedformål er at studere sikkerhedsmæssige konsekvenser med særlig fokus på cyklister af at ombygge kryds til rundkørsler og af at designe rundkørsler på bestemte måder. Projektet er delt i tre; et litteraturstudie, et studie med opstilling af uheldsmodeller for rundkørsler og en før-efter uheldsevaluering af ombygninger fra kryds til rundkørsler. I det følgende er de tre dele beskrevet med aktiviteter og ti forskningsmæssige målsætninger.

Litteraturstudie: Tilgængelige studier af trafiksikkerhed i relation til rundkørsler i Danmark og udlandet granskes. Forskningsmål: En syntese skal 1) angive kvantitative sikkerhedseffekter for cyklister og andre trafikanter af at ombygge kryds til rundkørsler, 2) angive resultater om betydningen af rundkørselsdesignet for trafik-sikkerheden for cyklister og andre trafikanter samt 3) beskrive udviklede uheldsmodeller for rundkørsler.

Uheldsmodeller: Med baggrund i uheldsforekomst, trafikmængder og design for danske rundkørsler opstilles uheldsmodeller. Forskningsmål: Uheldsmodellerne skal 4) belyse sammenhænge mellem uheldsforekomst og trafikmængder, 5) beskrive sikkerhedsmæssige relationer mellem uheldsforekomsten og rundkørselsdesignet fx cykelfaciliteter, midterøens diameter og rundkørslens fartdæmpende egenskaber samt 6) angive tal for bilisters og cyklisteres risiko og uheldsfrekvens i fire typer af rundkørsler.

Før-efter uheldsevaluering: Kryds, der er ombygget til rundkørsel i Danmark, undersøges i en før-efter uheldsevaluering. Forskningsmål: Evalueringen skal 7) angive kvantitative sikkerhedseffekter for cyklister og andre trafikanter af at ombygge kryds til rundkørsler hhv. for krydset der bygges om og de tilstødende veje, 8) angive betydningen af krydsudformning, trafikmængder, mv. før ombygningen for sikkerhedseffekters størrelse, 9) angive betydningen af rundkørslers udformning, trafikmængder mv. efter ombygningen for sikkerhedseffekters størrelse samt 10) beskrive kvantitative sikkerhedseffekter opdelt på antal år efter ombygning, dvs. hhv. kort- og langtidseffekter.

Udover de tre delprojekter er data fra før-efter uheldsevalueringen blevet anvendt til en *Evaluering af effekter af rundkørsler med forskellig udformning*, som er et arbejde udført for Vejdirektoratet på vegne af vejregelgruppen for Trafiksikkerhed (Jensen, 2013b).

1.3 Definition af rundkørsler

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



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

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



D12

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

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



D11.3

Rundkørslerne inddeles efter fire hovedtyper:

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



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

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

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

2. Datagrundlag og metoder

I studierne indgår data og litteratur, som behandles ved at benytte flere metoder.

I litteraturstudiet er der udført systematisk søgning af litteratur, og meta-analyse er anvendt til at kombinere fundne sikkerhedseffekter på tværs af studierne. Der henvises til litteraturstudiet af Jensen og Madsen (2012), hvor litteratursøgning og meta-analyse metode er nærmere beskrevet.

Opstilling af uheldsmodeller for rundkørsler er udført med data om rundkørsler, trafik og uheld. Uheldsmodellerne er opstillet efter en state-of-the-art metode, der er beskrevet i studier af Jensen (2011; 2013a). Arbejdet med at indsamle data om rundkørsler og uheld er beskrevet i nærværende kapitel. Trafikdata stammer især fra den landsdækkende trafikmodel opstillet af DTU Transport, men der er også indsamlet data fra en række kommuner. Behandlingen af trafikdata er beskrevet i studiet af Jensen (2013a). Det har ikke været muligt at finde cykeltrafikdata i et så stort omfang, at cyklisters risiko i rundkørsler kan beskrives.

Før-efter uheldsevalueringen af Jensen (2012) er udført med data om rundkørsler og uheld, der er nærmere beskrevet i nærværende kapitel. I *Evaluering af effekter af rundkørsler med forskellig udformning* (Jensen, 2013b), der blev udført for Vejdirektoratet, indgår tillige trafikdata for en del af rundkørslerne. Behandlingen af disse trafikdata er beskrevet af Jensen (2013b). Begge evalueringer gør brug af en metode til estimering af sikkerhedseffekter, der skyldes ombygninger af kryds til rundkørsler, hvor der tages højde for generelle udviklinger i trafiksikkerheden og regressionseffekter (tilfældige ophobninger af uheld). Metoden er beskrevet af Jensen (2012). En sikkerhedseffekt angives i procent fx svarer ”-30%” til, at ombygningen har medført et fald på 30% i antallet af uheld.

2.1 Rundkørsler

Før projektet blev iværksat, var det forventningen, at der samlet fandtes ca. 900 rundkørsler i Danmark. Det var også et mål at registrere alle danske rundkørsler. Et kort af Danmark med angivelse af rundkørsler pr. 1. januar 2010 fra det norske firma Teleatlas har udgjort grundlaget for at finde frem til rundkørslerne.

Med baggrund i luftfotos, Google Streetview, mv. er der indsamlet oplysninger om rundkørslers design, året for etablering af rundkørslen og design af eventuelle tidligere kryds. Kortlægningen af rundkørsler viste efter nogen tid, at der var langt flere end 900 rundkørsler i Danmark.

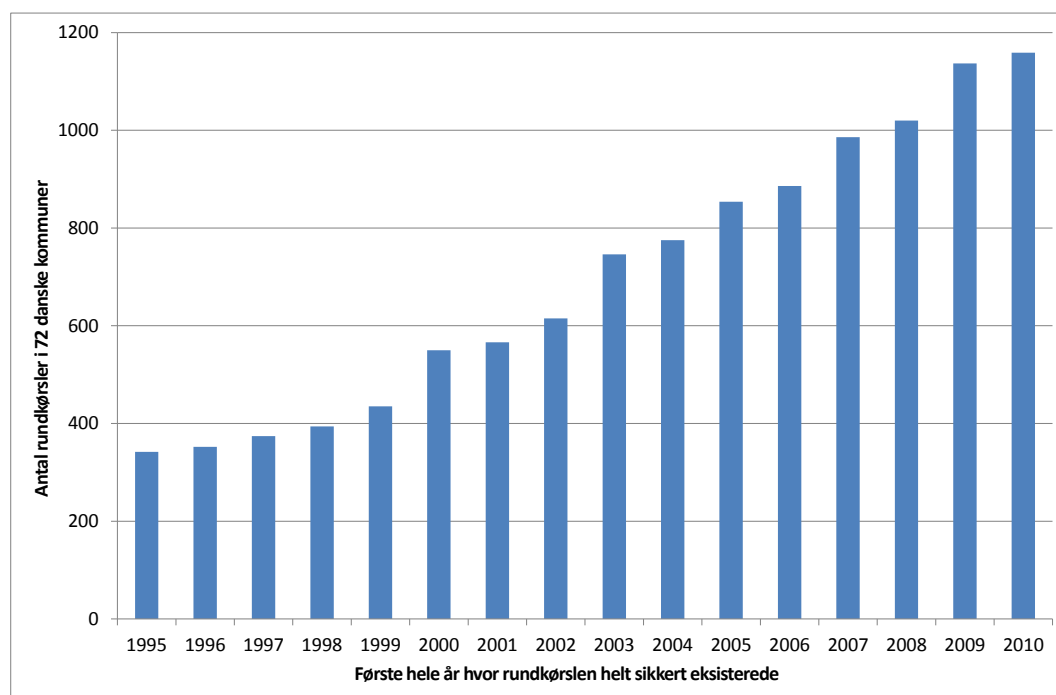
Registreringen af rundkørsler blev stoppet, da alle rundkørsler i 72 ud af landets 98 kommuner var registreret. I de 72 kommuner fandtes 1.159 rundkørsler og 64

rundkørselslignende steder, der ikke levede op til definitionen for rundkørsler. Med baggrund i kortet fra Teleatlas formodes, at der totalt pr. 1. januar 2010 fandtes ca. 1.450 rundkørsler i Danmark.

Selve registreringen af rundkørslerne blev gennemført i 2010-2011. Her udgjorde luft- og gadefotos fra perioden 1995-2009 grundlaget for registrering af rundkørslers design og designet af eventuelle tidligere kryds. For en del af rundkørslerne blev registreringen alene baseret på luftfotos.

I efteråret 2012 blev der foretaget en kvalitetssikring af rundkørslers design med yderligere luft- og gadefotos fra perioden 2010-2012. Denne kvalitetssikring blev foretaget i forbindelse med evalueringen for Vejdirektoratet. En del fejl, mangler og unøjagtigheder blev fundet og er beskrevet nærmere af Jensen (2013b).

I det følgende er de 1.159 rundkørsler præsenteret. Data for i alt 698 rundkørsler inklusiv samtlige rundkørsler i før-efter uheldsevaluering og uheldsmodelstudie er kvalitetssikrede med baggrund i luft- og gadefotos 2010-2012. I figur 1 er vist, hvornår rundkørslerne begyndte at eksistere. Ved starten af 1995 fandtes kun 342 rundkørsler i de 72 kommuner. I årene 1995-2009 blev 817 rundkørsler etableret, så der i 2010 var 1.159.



Figur 1. Udvikling i antallet af rundkørsler i de 72 danske kommuner, hvor samtlige rundkørsler, der eksisterede pr. 1. januar 2010, er registreret.

For årene 1995-2009 er der fundet 35 rundkørsler, som er blevet bygget om, men som fortsat er en rundkørsel. Ombygninger er ofte udvidelser med et bredere cirkulationsareal eller ændringer af cykelfaciliteter. Der er for stor variation i om-

bygningerne til, at de sikkerhedsmæssige konsekvenser af specifikke typer af ombygninger kan anføres med en rimelig statistisk pålidelighed.

Rundkørselsdesign i 2010		Antal af rundkørsler i år (pr. 1. januar)			
		1995	2000	2005	2010
Hovedtype	Mini	22	36	79	103
	1-sporet	304	488	736	997
	Flersporet	15	24	37	56
	Signal	1	2	2	3
Vejgrene	1	0	0	0	1
	2	2	5	7	12
	3	53	108	192	262
	4	243	370	559	764
	5	32	50	78	99
	6	10	14	15	16
	7	1	2	2	4
	8	1	1	1	1
Zone	By	264	378	555	729
	Land	78	172	299	430
Fodgængerfelt	Ja, 1-6 fodgængerfelter	153	216	298	370
	Nej, 0 fodgængerfelter	189	334	556	789
Cykelfacilitet	Ingen	84	127	199	277
	Cykelbane	108	170	263	355
	Farvet cykelbane	35	48	72	82
	Cykelsti	60	94	138	179
	Farvet cykelsti	28	36	43	50
	Separat sti	20	56	110	181
	To-plan	7	19	29	35
Shunts	Ja, 1-4 shunts	5	12	18	25
	Nej, 0 shunts	337	538	836	1.134
Belysning	Ja, kryds-/vejbelysning	318	517	806	1.095
	Nej, ingen belysning	4	9	10	11
	Ukendt	20	24	38	53
Højeste hastighedsbegrænsning på vejgrene ca. 100 m fra rundkørsel	Under 50 km/t	7	11	14	21
	50 km/t	203	285	418	545
	60 km/t	23	42	66	85
	70 km/t	14	23	28	35
	80 km/t	65	137	241	347
	90-130 km/t	6	21	46	68
	Ukendt	24	31	41	58
I alt		342	550	854	1.159

Tabel 1. Antal rundkørsler i 1995, 2000, 2005 og 2010 i 72 danske kommuner opdelt efter diverse designforhold for rundkørslen i 2010.

Stigningen i antallet af rundkørsler i perioden 1995-2010 har ikke været ”jævnt fordelt”, når stigningen opgøres efter rundkørselsdesignet, se tabel 1. Eksempelvis

er der i år 2010 4,7 gange flere minirundkørsler end i år 1995, mens der kun er 3,3 gange flere 1-sporede rundkørsler. Den procentuelle stigning har været særlig høj, hvad angår minirundkørsler, rundkørsler med 2-3 vejgrene, i det åbne land, uden fodgængerfelter, med separat sti, i to-plan, med shunts samt ved hastighedsgrænser på 80-130 km/t.

Rundkørselsdesign i 2010		Antal af rundkørsler		
		I alt registreret	Indgår i før-efter uheldsevaluering	Indgår i uheldsmodeller
Hovedtype	Mini	103	60	24
	1-sporet	997	255	329
	Flersporet	56	16	24
	Signal	3	1	2
Vejgrene	1	1	0	0
	2	12	2	2
	3	262	89	77
	4	764	234	253
	5	99	5	34
	6	16	1	8
	7	4	1	1
	8	1	0	0
Zone	By	729	199	202
	Land	430	133	173
Fodgængerfelt	Ja, 1-6 fodgængerfelter	370	119	131
	Nej, 0 fodgængerfelter	789	213	244
Cykelfacilitet	Ingen	277	84	57
	Cykelbane	355	109	102
	Farvet cykelbane	82	29	40
	Cykelsti	179	33	64
	Farvet cykelsti	50	12	32
	Separat sti	181	59	62
	To-plan	35	6	18
Shunts	Ja, 1-4 shunts	25	9	13
	Nej, 0 shunts	1.134	323	362
Belysning	Ja, kryds-/vejbelysning	1.095	329	372
	Nej, ingen belysning	11	3	3
	Ukendt	53	0	0
Højeste hastighedsbegrænsning på vejgrene ca. 100 m fra rundkørsel	Under 50 km/t	21	6	4
	50 km/t	545	155	156
	60 km/t	85	36	31
	70 km/t	35	9	16
	80 km/t	347	120	135
	90-130 km/t	68	6	33
	Ukendt	58	0	0
I alt		1.159	332	375

Tabel 2. Antal rundkørsler opdelt efter diverse designforhold.

I tabel 2 er rundkørslernes design beskrevet ved en række forhold. Dette er gjort for alle registrerede rundkørsler i 2010, rundkørsler i før-efter uheldsevalueringen samt rundkørsler, der indgår i uheldsmodeller. Af tabellen ses, at de fleste af de i alt 1.159 rundkørsler er almindelige 1-sporede rundkørsler, idet disse udgør 86% af alle rundkørsler. 89% af rundkørslerne har 3-4 vejgrene og 63% findes i byzone. Der forefindes fodgængerfelter i 32% af rundkørslerne, cykelbaner i 38%, cykelsti i 20%, separat sti i 16% og 3% af rundkørsler er i to plan typisk med fællestier i nedre plan. Der er shunts i 2% af rundkørslerne og belysning i 99%.

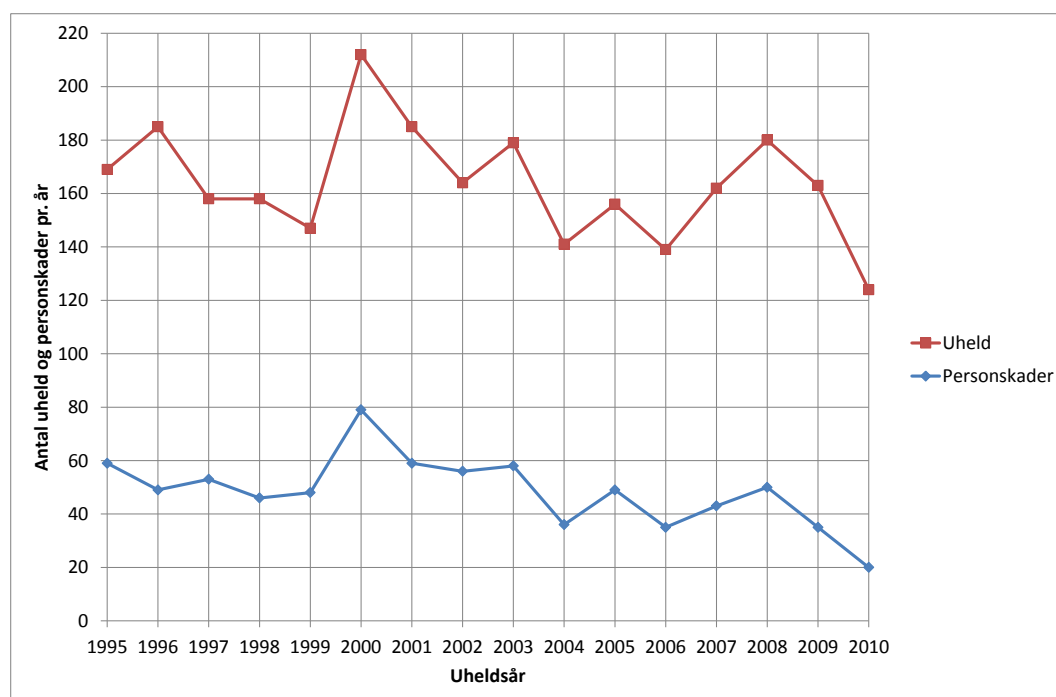
Af de 817 rundkørsler, der blev etableret i årene 1995-2009 i de 72 kommuner, indgår 332 i før-efter uheldsevalueringen. Et krav i før-efter uheldsevalueringen var, at der samtidig med etablering af rundkørslen ikke må have været anlagt nye veje, der fører ind i rundkørslen, fx i forbindelse med anlæg af motorveje, omfartsveje eller byudvikling. Der skulle altså være tale om ombygning af et eksisterende kryds med fx fire vejben til en rundkørsel med fire vejgrene. Langt de fleste af de 485 rundkørsler, der blev etableret i årene 1995-2009, men som ikke indgår i før-efter uheldsevalueringen, er anlagt i forbindelse med anlæg af nye veje. Der er en relativ stor andel minirundkørsler i før-efter uheldsevalueringen set i forhold til den andel, som minirundkørsler udgør af alle rundkørsler i de 72 kommuner i 2010. Der er omvendt en relativ beskedent andel rundkørsler med flere end fire vejgrene, rundkørsler med cykelsti eller i to-plan samt rundkørsler med vejgrene med hastighedsbegrænsning over 80 km/t i før-efter uheldsevalueringen. Det skyldes, at sådanne rundkørsler fx med fem-syv vejgrene oftere etableres i forbindelse med anlæg af nye veje. De 332 rundkørsler i før-efter uheldsevalueringen var før ombygningerne 258 vigepligtsregulerede kryds, 43 signalregulerede kryds og 31 forsatte kryds, der hver for sig bestod af 2-3 kryds heriblandt to lyskryds.

Kun rundkørsler, som var etableret ved indgangen til år 2004, og som ikke blev ombygget i årene 2004-2010, indgår i uheldsmodeller for rundkørsler. I 2004 var der 775 rundkørsler i de 72 kommuner, dog blev 23 ombygget. Af de resterende 752 haves dog kun oplysninger om trafikmængder for 375 rundkørsler. Det er især rundkørsler med høje trafikmængder, der haves trafikdata for. Derfor er en større andel af fx flersporede rundkørsler repræsenteret i uheldsmodelstudiet. Og ligeså er rundkørsler i landzone, med farvede cykelfaciliteter eller i to-plan, samt med shunts og ved hastighedsbegrænsninger over 60 km/t oftere repræsenteret i uheldsmodelstudiet.

2.2 Uheld og personskader

Alle politiregistrerede uheld (personskade-, materielskade- og ekstrauheld) i årene 1985-2010 er udtrukket af vejman.dk og indgår i studierne, dog indgår kun uheld i perioden 2004-2010 i uheldsmodellerne. I 1985-2010 er der sket uheld på 749 af de 1.159 steder, hvor der pr. 1. januar 2010 var en rundkørsel i de 72 kommuner. I alt er der sket 13.082 uheld i årene 1985-2010 på de 749 steder med uheld. Jensen (2012) har nøje beskrevet, hvordan uheld, der er sket i rundkørsler (og eventuelle

tidligere kryds), er identificeret. Processen med at identificere relevante uheld viste ganske hurtigt, at det ikke var muligt med en rimelig præcision at stedfæste uheld på vejene hen til rundkørsler (og eventuelle tidligere kryds), fordi mange af disse veje ikke var kilometerede. Uheld på veje hen til rundkørsler indgår derfor ikke i studierne, og det har således ikke været muligt at opgøre sikkerhedseffekter for tilstødende veje ved ombygninger af kryds til rundkørsler.

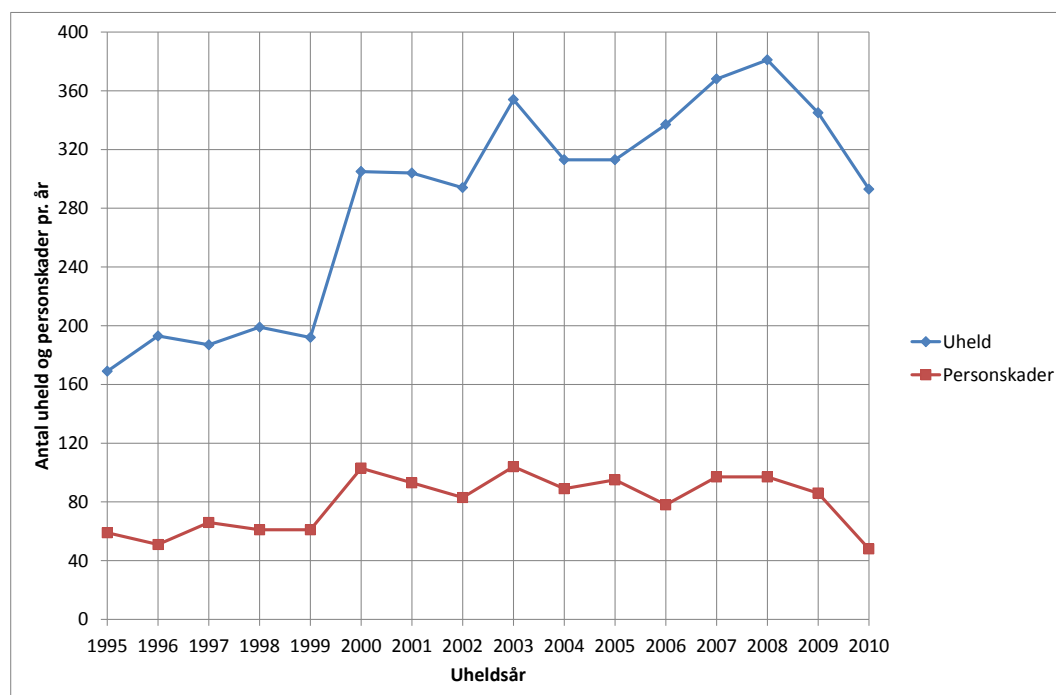


Figur 2. Udvikling i antal uheld og personskader i de 342 rundkørsler, der har eksisteret som rundkørsler i hele perioden 1995-2010.

Antallet af uheld og personskader i rundkørsler udvikler sig over tid, se figur 2. Af figuren ses, at antallet af uheld er faldet svagt (i gennemsnit et fald på 1,1% pr. år) i de 342 rundkørsler, der har eksisteret i hele perioden 1995-2010, mens antallet af personskader er faldet mere (et fald på 4,1% pr. år i gennemsnit). Udviklingen i uheld og personskader i en rundkørsel er nogenlunde den samme som udviklingen på det øvrige vejnet.

Ses på alle rundkørsler i de 72 kommuner, så har antallet af uheld og personskader været stigende i 1995-2010 som følge af et kraftigt stigende antal rundkørsler, se figur 3 på næste side. Dog er uheldstallet i 2010 under niveauet i 2000, og antallet af personskader i 2010 er det laveste i hele perioden. I tabel 3 også på næste side er antal uheld og personskader opgjort mere detaljeret for årene 1995, 2000, 2005 og 2010. Her ses, at antallet af uheld og personskader pr. rundkørsel var højest i år 2000, men er sidenhen faldet meget betydeligt. I år 2000 skete der 305 uheld og 103 personskader i 550 rundkørsler, hvilket svarer til 0,55 uheld og 0,19 personskader pr. rundkørsel. I 2010 var dette faldet til 0,25 uheld og 0,04 personskader

pr. rundkørsel. I årene 1995-2010 er der sket 4.547 uheld og 1.271 personskader, heraf 22 dræbte, i rundkørslerne i de 72 kommuner.



Figur 3. Udvikling i antal uheld og personskader i alle rundkørsler i 72 danske kommuner i årene 1995-2010.

Uheld og personskader i rundkørsler	Antal for året (antal pr. rundkørsel)			
	1995	2000	2005	2010
Rundkørsler	342	550	854	1.159
Alle uheld	169 (0,49)	305 (0,55)	313 (0,37)	293 (0,25)
Personskadeuheld	57 (0,17)	95 (0,17)	87 (0,10)	47 (0,04)
Materielskadeuheld	73 (0,21)	145 (0,26)	140 (0,16)	169 (0,15)
Ekstrauheld	39 (0,11)	65 (0,12)	86 (0,10)	77 (0,07)
Alle personskader	59 (0,17)	103 (0,19)	95 (0,11)	48 (0,04)
Dræbte	3 (0,009)	1 (0,002)	1 (0,001)	0 (0,000)
Alvorlige skader	31 (0,091)	38 (0,069)	42 (0,049)	27 (0,023)
Lette skader	25 (0,073)	64 (0,116)	52 (0,061)	21 (0,018)
Uheld med cyklister	51 (0,15)	90 (0,16)	106 (0,12)	92 (0,08)
Personskader blandt cyklister	39 (0,11)	56 (0,10)	51 (0,06)	26 (0,02)

Tabel 3. Antal uheld og personskader i alt og pr. rundkørsel i 1995, 2000, 2005 og 2010 i 72 danske kommuner.

Af tabel 3 ses også antallet af uheld og personskader blandt cyklister. I de fleste år i perioden 1995-2010 udgør cyklister omkring halvdelen af personskaderne, mens omkring 25-30% af uheldene involverer cyklister. Dette er langt højere andele end for den øvrige del af vejnettet, og derfor må cyklisters relative risiko i rundkørsler være dårligere end på vejnettet i øvrigt.

Rundkørselsdesign i 2010 / efter ombygning		Antal af uheld (uheld pr. år pr. rundkørsel eller kryds)				
		752 rundkørsler 2004-2010	Før-efter uheldsevaluering			Uheldsmodeller 2004-2010
			Før	Forventet	Efter	
Hovedtype	Mini	101 (0,20)	150 (0,50)	87 (0,31)	108 (0,38)	61 (0,36)
	1-sporet	1.648 (0,36)	1364 (1,07)	838 (0,71)	552 (0,47)	1.073 (0,47)
	Flersporet	265 (1,35)	159 (1,99)	95 (1,30)	82 (1,12)	229 (1,36)
	Signal	56 (4,00)	56 (11,20)	32 (6,33)	26 (5,20)	56 (4,00)
Vejgrene	2	8 (0,16)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	8 (0,57)
	3	248 (0,21)	325 (0,73)	198 (0,48)	169 (0,41)	153 (0,28)
	4	1.417 (0,41)	1353 (1,16)	821 (0,76)	569 (0,52)	953 (0,54)
	5	242 (0,53)	31 (1,24)	22 (0,92)	25 (1,04)	183 (0,77)
	6	140 (1,43)	12 (2,40)	6 (1,29)	1 (0,20)	112 (2,00)
	7	14 (1,00)	8 (1,60)	4 (0,78)	4 (0,80)	10 (1,43)
	8	1 (0,14)	-	-	-	-
Zone	By	1.368 (0,39)	770 (0,77)	465 (0,50)	438 (0,47)	839 (0,59)
	Land	702 (0,39)	959 (1,44)	587 (0,95)	330 (0,53)	580 (0,48)
Fodgængerfelt	Ja, 1-6 fodgængerfelter	1.041 (0,56)	501 (0,84)	315 (0,56)	321 (0,57)	657 (0,72)
	Nej, 0 fodgængerfelter	1.029 (0,30)	1228 (1,15)	737 (0,75)	447 (0,45)	762 (0,45)
Cykelfacilitet	Ingen	227 (0,19)	271 (0,65)	157 (0,41)	102 (0,27)	125 (0,31)
	Cykelbane	545 (0,34)	521 (0,96)	308 (0,62)	242 (0,48)	273 (0,38)
	Farvet cykelbane	314 (0,71)	118 (0,81)	72 (0,51)	89 (0,62)	247 (0,88)
	Cykelsti	348 (0,41)	215 (1,30)	144 (0,90)	81 (0,50)	243 (0,54)
	Farvet cykelsti	206 (0,68)	107 (1,78)	61 (1,21)	59 (1,18)	170 (0,76)
	Separat sti	307 (0,46)	450 (1,53)	275 (0,98)	173 (0,62)	256 (0,59)
	To-plan	123 (0,70)	47 (1,57)	33(1,24)	22 (0,81)	105 (0,83)
Shunts	Ja, 1-4 shunts	126 (1,13)	157 (3,49)	101 (2,30)	70 (1,59)	124 (1,36)
	Nej, 0 shunts	1.944 (0,38)	1572 (0,97)	950 (0,63)	698 (0,47)	1.295 (0,51)
Belysning	Ja, kryds-/vejbelysning	2.041 (0,41)	1704 (1,04)	1037 (0,68)	759 (0,50)	1.407 (0,54)
	Nej, ingen belysning	16 (0,23)	25 (1,67)	15 (0,97)	9 (0,60)	12 (0,57)
	Ukendt	13 (0,07)	-	-	-	-
Højeste hastigheds- begrænsning på vejgrene ca. 100 m fra rundkørsel	Under 50 km/t	14 (0,15)	4 (0,13)	2 (0,09)	13 (0,46)	4 (0,14)
	50 km/t	1.021 (0,38)	483 (0,62)	294 (0,41)	287 (0,40)	644 (0,59)
	60 km/t	181 (0,46)	206 (1,14)	125 (0,73)	109 (0,63)	116 (0,53)
	70 km/t	152 (0,80)	77 (1,71)	51 (1,17)	35 (0,80)	96 (0,86)
	80 km/t	531 (0,37)	920 (1,53)	551 (0,99)	315 (0,57)	420 (0,44)
	90-130 km/t	144 (0,51)	39 (1,30)	27 (0,93)	9 (0,31)	139 (0,60)
	Ukendt	27 (0,12)	-	-	-	-
I alt		2.070 (0,39)	1729 (1,04)	1051 (0,68)	768 (0,50)	1.419 (0,54)

Tabel 4. Antal uheld i rundkørsler (uheld pr. år pr. rundkørsel / kryds) opdelt efter diverse designforhold og hhv. for 1) uheld år 2004-2010 i alle 752 rundkørsler, der eksisterede pr. 1. januar 2004 og ikke siden er bygget om, 2) uheld i de 332 ombygninger, der indgår i før-efter uheldsevaluering, med opgørelse af uheld i før- og efterperiode samt forventede uheld i efterperiode, og 3) uheld år 2004-2010 i de 375 rundkørsler, der indgår i uheldsmodeller.

Tabel 4 viser antallet af uheld i alle rundkørsler samt rundkørsler i før-efter uheldsevalueringen og uheldsmodeller opdelt på rundkørselsdesign. Af tabellen

ses, at antallet af uheld pr. år pr. rundkørsel (uheldstæthed) er højere i rundkørslerne, der indgår i uheldsmodellerne, end i alle rundkørslerne der eksisterede i 2004 og frem og ikke siden er bygget om. Rundkørslerne i uheldsmodeller har også en lidt højere uheldstæthed end rundkørslerne i før-efter uheldsevalueringen i efterperioden. Dog er efterperioden i uheldsevalueringen ikke sammenfaldende med uheldsperioden 2004-2010 for rundkørsler i uheldsmodellerne. I opgørelserne (kolonner i tabel 4) har minirundkørsler den laveste uheldstæthed efterfulgt af 1-sporede og flersporede rundkørsler, mens signalregulerede rundkørsler har den højeste uheldstæthed. Uheldstætheden er stigende, jo flere vejgrene der er, dog har rundkørsler med syv og otte vejgrene en lavere uheldstæthed end rundkørsler med seks vejgrene. Uheldstætheden er ca. den samme i by- og landzone. Uheldstætheden er højere i rundkørsler med fodgængerfelter, cykelfaciliteter og shunts end uden.

Uheld og personskader i rundkørsler og kryds	Antal (antal pr. år pr. rundkørsel eller kryds)				
	752 rundkørsler 2004-2010	Før-efter uheldsevaluering			Uheldsmodeller 2004-2010
		Før	Forventet	Efter	
Alle uheld	2.070 (0,393)	1.729 (1,042)	1.051 (0,680)	768 (0,497)	1.419 (0,541)
Personskadeuheld	480 (0,091)	738 (0,445)	371 (0,240)	195 (0,126)	285 (0,109)
Materielskadeuheld	1.054 (0,200)	820 (0,494)	515 (0,333)	366 (0,237)	722(0,275)
Ekstrauheld	536 (0,102)	171 (0,103)	165 (0,107)	207 (0,134)	412 (0,157)
Alle personskader	523 (0,099)	1.111 (0,669)	538 (0,349)	217 (0,140)	310 (0,118)
Dræbte	8 (0,002)	54 (0,033)	23 (0,015)	3 (0,002)	4 (0,002)
Alvorlige skader	239 (0,045)	435 (0,262)	211 (0,137)	88 (0,057)	143 (0,054)
Lette skader	276 (0,052)	622 (0,375)	304 (0,197)	126 (0,082)	163 (0,062)
Uheld med cyklister	629 (0,119)	168 (0,101)	99 (0,064)	164 (0,106)	359 (0,137)
Skadede cyklister	234 (0,044)	115 (0,069)	55 (0,036)	77 (0,050)	124 (0,047)

Tabel 5. Antal uheld og personskader i rundkørsler for hhv. 1) de 752 rundkørsler, der eksisterede pr. 1. januar 2004 og ikke siden er bygget om, 2) de 332 ombygninger, der indgår i før-efter uheldsevaluering, med opgørelse af før- og efterperiode samt forventede uheld i efterperiode, og 3) de 375 rundkørsler, der indgår i uheldsmodeller.

I tabel 5 er opgørelser for uhelds- og personskadetæthed for de samme rundkørsler som i tabel 4. Af tabel 5 erfares, at tæthederne er lavest i de 752 rundkørsler, der eksisterede pr. 1. januar 2004 og ikke siden er ombygget, mens uheldstæthederne er højest i de 375 rundkørsler i uheldsmodellerne og personskadetæthederne er højest i de 332 rundkørsler i før-efter uheldsevalueringen.

3. Resultater

I dette kapitel er en række udvalgte resultater fra litteraturstudie, før-efter uhelds-evalueringer og uheldsmodelstudie beskrevet. Beskrivelsen er organiseret så der først ses på de overordnede sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler. Herefter ses på hhv. kryds- og rundkørselsdesignets betydning for sikkerhedseffekter. I afsnittet om rundkørselsdesignets betydning inddrages også i et mindre omfang viden fra studiet af uheldsmodeller. Endelig præsenteres resultater om uheldsmodeller for rundkørsler og opgørelser af uheldsfrekvenser.

3.1 Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler

Resultater fra litteraturstudiet bygger på 19 før-efter uheldsevalueringer fra hele verden. I disse 19 evalueringer indgår i alt 22.266 uheld og 1.930 personskader. I før-efter uheldsevalueringen af 332 ombygninger i Danmark, der ikke er en del af litteraturstudiet, indgår 2.497 uheld og 1.328 personskader. Overordnede sikkerhedseffekter fra de to studier er vist i tabel 6.

Type af uheld og personskade	Litteraturstudie			Før-efter uheldsevaluering		
	Effekt	95% CI	Homogen?	Effekt	95% CI	Homogen?
Alle uheld	-44%	-50% ; -37%	Nej	-27%	-33% ; -21%	Nej
Personskadeuheld	-60%	-67% ; -50%	Nej	-47%	-56% ; -39%	Nej
Materielskadeuheld	-25%	-36% ; -12%	Nej	-16%	-25% ; -7%	Ja
Alle personskader	-72%	-81% ; -60%	Ja	-60%	-66% ; -54%	Nej
Dræbte	-87%	-98% ; +5%	Ja	-87%	-100% ; -73%	Ja
Alvorlige skader	-75%	-87% ; -53%	Ja	-58%	-68% ; -49%	Nej
Lette skader	-66%	-78% ; -45%	Ja	-59%	-67% ; -51%	Nej

Tabel 6. Overordnede sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler fundet i litteraturstudiet og før-efter uheldsevalueringen. Note: Materielskadeuheld inkluderer ekstrauheld, 95% CI = 95% konfidensinterval.

Af tabel 6 ses tydeligt, at ombygninger af kryds til rundkørsler reducerer antallet og alvorligheden af uheld. Faldene i uheld og personskader er noget mindre i før-efter uheldsevalueringen af 332 danske ombygninger end faldene fundet i litteraturstudiet. Det skyldes, at der er sket mange cykeluheld på de 332 steder i den danske evaluering, og mange rundkørsler er her designet på en usikker måde for cyklister. Fjernes alle cykeluheld fra den danske før-efter uheldsevaluering fås et fald i person- og materielskadeuheld på hhv. 62% og 24%, hvilket må siges at være tæt på resultaterne i litteraturstudiet på hhv. 60% og 25%.

Mange effekter i tabel 6 er ikke homogene, fordi spredningen i effekter mellem steder i før-efter uheldsevalueringen og mellem evalueringer i litteraturstudiet er signifikant større end den tilfældige variation i forekomsten af uheld og person-

skader. Det skyldes, at ombygningerne er foretaget på forskellige lokaliteter, og kryds hhv. rundkørsler er designet ganske forskelligt. Lokaliseringen er af stor betydning. Eksempelvis illustrerer før-efter uheldsevalueringen, at hastighedsbegrænsningen er vigtig, se tabel 7. Faktisk viser modeller for sikkerhedseffekter, at forskelle i hastighedsbegrænsning mellem steder er den væsentligste forklaring på variationen i sikkerhedseffekter (Jensen, 2013b). Der er også markant forskel på sikkerhedseffekter i byer og på landet af ombygninger af kryds til rundkørsler, se tabel 8.

Hastighedsbegrænsning	Effekter på ...		
	Alle uheld	Alle personskader	Uheldsomkostninger
40-50 km/t	+1%	-1%	-12%
60 km/t	-14%	-55%	-38%
70 km/t	-33%	-63%	-64%
80 km/t	-43%	-81%	-78%
90-130 km/t	-67%	-81%	-69%
I alt	-27%	-60%	-58%

Tabel 7. Effekter på uheld, personskader og uheldsomkostninger fundet i før-efter uheldsevaluering af 332 ombygninger af kryds til rundkørsler i Danmark. Note: Hastighedsbegrænsning er den højeste hastighedsbegrænsning på vejgrenene ca. 100 m fra rundkørslen.

Type af uheld og personskade	Litteraturstudie			Før-efter uheldsevaluering		
	Effekt	95% CI	Homogen?	Effekt	95% CI	Homogen?
Uheld i byer	-23%	-39% ; -4%	Nej	-6%	-17% ; +5%	Nej
Uheld på landet	-62%	-68% ; -43%	Nej	-44%	-51% ; -37%	Nej
Personskader i byer	-57%	-74% ; -45%	Ja	-25%	-39% ; -11%	Nej
Personskader på landet	-87%	-94% ; -74%	Ja	-80%	-85% ; -75%	Nej

Tabel 8. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler i hhv. by- og landzone fundet i litteraturstudiet og før-efter uheldsevalueringen. Note: 95% CI = 95% konfidensinterval.

Før-efter uheldsevalueringen viser, at sikkerhedseffekten på uheld ved ombygning af kryds til rundkørsler bliver dårligere, jo mere trafik der kører ind i rundkørslen. Tilsvarende resultat findes i litteraturstudiet, hvor også effekten på personskader bliver dårligere, jo mere trafik der kører ind i rundkørslen. Desuden synes sikkerhedseffekter på uheld og personskader ifølge før-efter uheldsevalueringen at blive dårligere i byzone, jo større en andel af den samlede trafik hovedvejen bærer, når den samlede indkørende trafik er under 10.000 biler pr. døgn. Hovedvejen er de to vejgrene i rundkørslen, der bærer mest trafik.

Før-efter uheldsevalueringen viser, at ombygninger af kryds til rundkørsler reducerer antallet af venstresvinguheld og tværkollisioner markant, mens eneuheld, højresvinguheld, bagende- og frontalkollisioner stiger i antal. Tilsvarende tendenser er fundet i andre studier, dog med den forskel at der oftest er fundet fald i bagende- og frontalkollisioner i andre lande. Antallet af uheld med spirituspåvir-

kede førere stiger markant ved ombygninger af kryds til rundkørsler både i den danske før-efter uheldsevaluering og i udenlandske studier. I Danmark er desuden fundet, at sikkerhedseffekterne bliver dårligere, jo dårligere køreforholdene er, så effekter er dårligere i glat føre, i mørke, med nedsat sigt og i snevejr set i forhold til tørt føre, dagslys, god sigt og tørt vejr. I udlandet har man tilsvarende fundet, at sikkerhedseffekter er dårligere i mørke end i dagslys.

Type af uheld og personskade	Fodgængeruheld og fodgængere	Cykeluheld og Cyklister	Knallert/mc-uheld og knallertkørere og motorcyklister	Biluheld og personer i biler
Alle uheld	-39%	”+65%”	”+46%”	”-31%”
Personskadeuheld	-36%	+31%	+30%	-54%
Materielskadeuheld	-46%	+114%	+67%	”-19%”
Alle personskader	-15%	+40%	+30%	”-85%”
Dræbte	-100%	-49%	-62%	-100%
Alvorlige skader	+2%	+10%	+25%	-86%
Lette skader	-6%	+80%	+50%	”-83%”

Tabel 9. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler på uheld med hhv. fodgænger, cykel, knallert/mc og bil (mere end to hjul)samt på personskader blandt fodgængere, cyklister, knallertkørere/motor-cyklister og personer i bil ifølge før-efter uheldsevalueringen. Note: materielskadeuheld inkluderer ekstrauheld, effekter i grå baggrund er signifikante og effekter i anførselstegn er inhomogene.

Af tabel 9 ses, at ombygninger af kryds til rundkørsler i Danmark har medført en stigning i antallet af uheld med og personskader blandt cyklister på hhv. 65% og 40%. Der ses også en stigning i antallet af uheld og personskader blandt knallertkørere og motorcyklister. Ifølge Jensen (2013b) skyldes den gunstige sikkerhedseffekt af ombygninger af kryds til rundkørsler i Danmark næsten udelukkende fald i flerpartsuheld alene med biler involveret. Af tabel 9 ses, at alvorligheden af uheld falder blandt alle trafikantgrupper. Således ses fx også fald i antallet af dræbte cyklister. I litteraturstudiet var resultaterne en stigning i cykeluheld på 21% som følge af ombygninger af kryds til rundkørsler og et fald i personskader blandt cyklister på 21%. Effekter for cyklister i udlandet er bedre end i Danmark, hvilket primært synes at kunne hænge sammen med, at cykelfaciliteter i rundkørsler er anderledes i Danmark end i udlandet.

Relationer mellem sikkerhedseffekter og hastighedsbegrænsning, der er illustreret i tabel 7, synes at gøre sig gældende blandt alle trafikarter. Antallet af cykeluheld stiger ved hastighedsbegrænsninger på 40-60 km/t ved ombygninger af kryds til rundkørsler, men falder ved højere hastighedsbegrænsninger (Jensen, 2012).

Jensen (2013b) viser, at børn under 15 år og ældre over 64 år har opnået de største procentuelle fald i antal personskader som følge af ombygninger af kryds til rundkørsler, mens de mindste fald ses blandt unge mellem 15 og 24 år. Børn og ældre har fået særligt gode effekter på cykel, mens unge har fået særligt dårlige effekter i bil. Sikkerhedseffekter blandt hhv. mænd og kvinder er nogenlunde ens.

Sikkerhedseffekterne af at bygge kryds om til rundkørsler er bedre på lang sigt end på kort sigt. Det har forskere fundet i Holland og Belgien, hvor effekten på personskadeuheld var 12 procentpoint dårligere 1-2 år efter ombygningen set i forhold til 3-6 år efter. Nogenlunde samme resultat findes i den danske før-efter uheldsevaluering. Her kan forskellen i effekt på kort og lang sigt indsnævres til primært at gælde eneuheld i rundkørsler med lave midterøer, se tabel 10.

Midterøens højde på midten og type af uheld (hhv. eneuheld og flerpartsuheld)	Sikkerhedseffekt					
	1. år	2. år	3-5. år	6-9. år	Kort sigt 1-2. år	Lang sigt 3-9. år
0-1,4 m høj	+3%	-16%	-21%	-28%	-6%	-24%
... heraf eneuheld	+247%	+211%	+126%	+36%	+229%	+82%
... heraf flerpartsuheld	-28%	-44%	-39%	-36%	-36%	-37%
1,5-10 m høj	-32%	-44%	-42%	-37%	-38%	-39%
... heraf eneuheld	+308%	+247%	+214%	+231%	+278%	+223%
... heraf flerpartsuheld	-62%	-69%	-65%	-64%	-66%	-64%
Total	-14%	-29%	-31%	-33%	-22%	-32%

Tabel 10. Sikkerhedseffekter på uheld af ombygninger fra kryds til rundkørsler opdelt på år efter ombygningsperiode samt midterøens højde på midten og type af uheld ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Af tabel 10 ses, at sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler med høje midterøer er langt bedre på kort sigt (-38%) end ved lave midterøer (-6%), mens forskellen på lang sigt er betydeligt mindre på lang sigt (-39% versus -24%). De høje midterøer giver langt bedre effekter på flerpartsuheld end lave midterøer.

3.2 Krydsdesignets betydning for sikkerhedseffekter

Designet af krydset før ombygning til rundkørsel synes ikke at have en meget stor betydning for sikkerhedseffekten af ombygningen. Foruden antallet af vejben, der behandles under rundkørselsdesignets betydning, synes krydssets reguleringsform samt forekomsten af svingbaner og dobbeltrettede cykelstier at være af betydning.

Type af krydsregulering	Litteraturstudie			Før-efter uheldsevaluering		
	Effekt	95% CI	Homogen?	Effekt	95% CI	Homogen?
Uheld, signalreguleret	-27%	-32% ; -21%	Ja	-18%	-31% ; -5%	Ja
Uheld, vigepligtsreguleret	-43%	-47% ; -39%	Ja	-30%	-37% ; -23%	Nej

Tabel 11. Sikkerhedseffekter på uheld af ombygninger af hhv. signal- og vigepligtsregulerede kryds til rundkørsler fundet i litteraturstudiet og før-efter uheldsevalueringen. Note: 95% CI = 95% konfidensinterval.

Af tabel 11 ses, at effekten på uheld af ombygninger af vigepligtsregulerede kryds til rundkørsler er omtrent 15 procentpoint bedre end ved ombygninger af lyskryds. Denne forskel i effekt ses også for personskader og synes at gælde ved alle hastig-

hedsbegrænsninger. Dette harmonerer fint med, at signalregulering af kryds typisk medfører en sikkerhedsmæssig gevinst.

Ombygninger af kryds uden svingbaner til rundkørsler medfører en bedre sikkerhedseffekt på uheld end ombygninger af kryds med svingbaner (Jensen, 2013b). Det passer fint med, at etablering af svingbaner i kryds typisk medfører en sikkerhedsmæssig gevinst. Ombygninger af kryds med dobbeltrettede cykelstier langs vejben til rundkørsler medfører en bedre sikkerhedseffekt på personskader end ombygninger af kryds uden dobbeltrettede cykelstier, vel at mærke uanset typen af cykelfacilitet i rundkørslerne (Jensen, 2013b). Dette harmonerer fint med, at etablering af dobbeltrettede cykelstier typisk forværrer sikkerheden i kryds.

3.3 Rundkørselsdesignets betydning for sikkerhedseffekter

Der synes at være mange elementer ved rundkørslers design, som påvirker sikkerheden i rundkørsler og derved sikkerhedseffekterne ved at bygge kryds om til rundkørsler. De fleste elementer har en særegen betydning for de fire hovedtyper af rundkørsler; mini-, 1-sporet, flersporet og signalreguleret rundkørsel. Der er dog forhold, der synes at være af mere generel betydning fx antallet af vejgrene. Sikkerhedseffekterne er dog også forskellige ved ombygning af kryds til de fire forskellige hovedtyper, se tabel 12.

Type af rundkørsel	Uheld			Personskader		
	Effekt	95% CI	Homogen?	Effekt	95% CI	Homogen?
Mini	+24%	-8% ; +54%	Ja	-6%	-42% ; +27%	Ja
1-sporet	-34%	-41% ; -28%	Nej	-64%	-70% ; -58%	Nej
Flersporet	-13%	-37% ; +9%	Ja	-66%	-86% ; -48%	Nej
Signalreguleret	-18%	-56% ; +18%	Ja	-74%	-100% ; -46%	Ja

Tabel 12. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til fire typer af rundkørsler ifølge før-efter uheldsevalueringen. Note: 95% CI = 95% konfidensinterval.

Af tabel 12 ses, at effekter på uheld og personskader er dårlige ved ombygninger af kryds til minirundkørsler, mens effekten på uheld er bedst ved ombygninger til 1-sporede rundkørsler, og effekten på personskader er næsten ens for 1-sporede, flersporede og signalregulerede rundkørsler. Baggrunden for de ringe effekter ved minirundkørsler kan være, at de alle er lokaliseret på veje med lave hastighedsbegrænsninger på 40-50 km/t. Effekter for 1-sporede rundkørsler er ikke homogene, hvilket primært skyldes, at effekterne bliver stadig bedre, jo højere hastighedsbegrænsningen er. For flersporede rundkørsler varierer effekterne også betydeligt især som følge af forskelligt design af cirkulations- og frafartsspor. I litteraturstudiet findes fald i antallet af uheld ved ombygning af kryds til 1-sporede og flersporede rundkørsler på hhv. 48% og 19%, hvilket må siges at harmonere fint med tabel 12. I London fandt man fald i antallet af uheld og personskader på hhv. 28% og 15% ved at signalregulere eksisterende rundkørsler, og faldene var større blandt cyklister (Jensen, 2013b).

Betydningen af belysning i rundkørsler har vist sig vanskelig at opgøre, fordi der findes meget få rundkørsler uden belysning. I processen med udarbejdelse af uheldsmodeller for danske rundkørsler havde belysning en ikke-signifikant gunstig betydning for sikkerheden. I Tyskland har man fundet, at uheldsfrekvensen i rundkørsler i landzone med belysning er 43% lavere end uden belysning (Jensen og Madsen, 2012).

I studiet af uheldsmodeller for rundkørsler fandt Jensen (2013a), at antallet af vejgrene ikke havde nogen signifikant betydning for frekvensen af uheld kun med biler involveret, men havde en stor signifikant betydning for tætheden af uheld med fx cyklister involveret. Det blev også vist, at antallet af vejgrene er vigtig for uheldsforekomsten i rundkørsler i byzone, men er uvæsentlig i landzone.

Zone, antal vejgrene	Uheld			Personskader		
	Effekt	95% CI	Homogen?	Effekt	95% CI	Homogen?
By, 3 vejgrene	+29%	-4% ; +61%	Ja	+14%	-30% ; +55%	Nej
By, 4 vejgrene	-14%	-26% ; -2%	Nej	-35%	-49% ; -20%	Nej
By, 5-7 vejgrene	-7%	-50% ; +31%	Ja	-19%	-77% ; +33%	Ja
Land, 3 vejgrene	-47%	-62% ; -32%	Nej	-71%	-86% ; -56%	Nej
Land, 4 vejgrene	-43%	-51% ; -35%	Ja	-82%	-87% ; -77%	Nej
Alle, 3 vejgrene	-15%	-31% ; +1%	Nej	-39%	-57% ; -21%	Nej
Alle, 4 vejgrene	-31%	-38% ; -24%	Nej	-65%	-71% ; -59%	Nej

Tabel 13. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler opdelt på by- og landzone samt antal vejgrene ifølge før-efter uheldsevalueringen. Note: 95% CI = 95% konfidensinterval.

Af tabel 13 ses da også, at antallet af vejgrene synes at have en stor betydning for sikkerhedseffekterne ved ombygninger af kryds til rundkørsler i byzone, men kun en beskedne eller ingen betydning i landzone. Det ses, at ombygninger af kryds til rundkørsler med tre vejgrene i byzone har medført flere uheld og personskader, mens andre ombygninger har givet fald i uheld og personskader. Fra før-efter uheldsevalueringen vides, at det især er rundkørsler med tre vejgrene ved hastighedsbegrænsninger på 40-50 km/t, der har medført stigninger i antallet af uheld og personskader. I litteraturstudiet fandt Jensen og Madsen (2012), at ombygninger af kryds til rundkørsler med hhv. tre og fire vejgrene medførte fald i antallet af uheld på 27% og 42%, altså en forskel på 15 procentpoint, hvilket er næsten det samme som i tabel 13.

I relation til antallet af vejgrene er det af betydning, hvordan vejgrene er placeret i forhold til hinanden. Vinklen mellem to hosliggende vejgrenes midtlinjer er målt. Forskellen mellem største og mindste vinkel i en rundkørsel er af betydning for både sikkerhedseffekten ved ombygninger af kryds til rundkørsler, se tabel 14 på næste side, og uheldsfrekvensen i rundkørslen. Jo større forskellen mellem største og mindste vinkel er, desto dårligere er sikkerhedseffekter og jo højere er uheldsfrekvenser. Det synes at gælde i alle typer af rundkørsler.

Antal vejgrene, zone og forskel mellem største og mindste vinkel			Uheld			Personskader		
			Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
3	By	0-59 grader	44	49	+10%	20	19	-4%
		60-119 grader	39	59	+51%	15	21	+37%
	Land	0-59 grader	13	5	-60%	4	1	-76%
		60-119 grader	102	56	-45%	54	16	-70%
4	By	0-29 grader	188	153	-19%	87	48	-45%
		30-103 grader	161	147	-9%	64	51	-20%
	Land	0-29 grader	288	163	-43%	182	29	-84%
		30-103 grader	185	106	-43%	100	22	-78%

Tabel 14. Sikkerhedseffekter på uheld og personskader af ombygninger fra kryds til rundkørsler opdelt efter antal vejgrene, by- og landzone samt forskel mellem største og mindste vinkel mellem hosliggende vejgrenes midtlinjer ifølge før-efter uheldsevalueringen.

3.3.1 Minirundkørsler

I før-efter uheldsevalueringen indgår 258 uheld ved ombygninger af kryds til 60 minirundkørsler og 61 uheld i 24 minirundkørsler indgår i uheldsmodelstudiet. Konklusionerne hviler således på et forholdsvist lille grundlag.

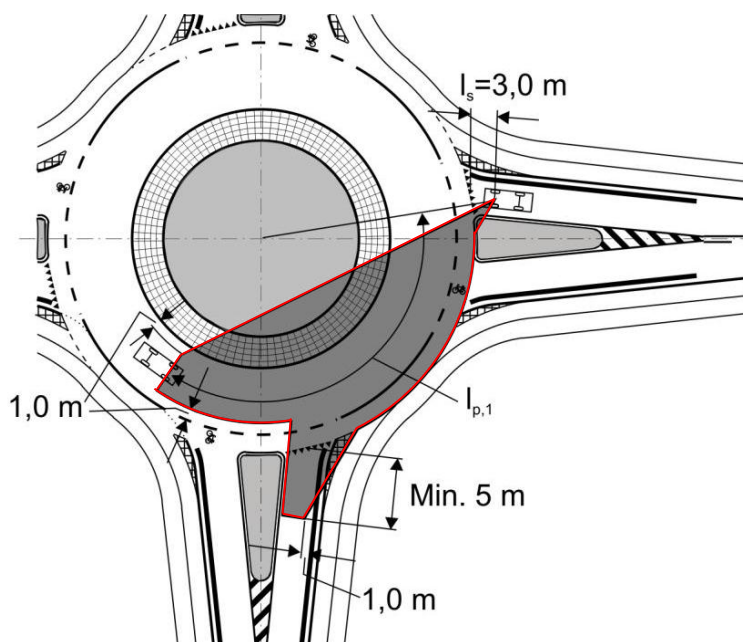
I litteraturstudiet blev der kun fundet to studier af minirundkørsler, hvoraf det ene var af dårlig kvalitet. Det andet studie viste, at midterøens udseende (afmærket, hvælvet eller med kant) i minirundkørsler er næsten uden betydning, dog har minirundkørsler med 4 vejgrene og hvælvet midterø en lavere frekvens af ulykker end andre minirundkørsler med 4 vejgrene. Studiet fandt, at uheldsfrekvensen er stigende med trafikmængden. Studiet viste også, at gode oversigtsforhold mod venstre (cirkulerende trafik og tilfart til venstre) er forbundet med flere uheld.

Litteraturstudiets resultater passer vældig fint med resultater fra før-efter uheldsevalueringen og uheldsmodelstudiet. Eksempelvis viste før-efter uheldsevalueringen, at ombygninger af kryds til minirundkørsler med beskedne trafikmængder giver bedre effekter end ved store trafikmængder, se tabel 15.

Indkørende ÅDT i 2009 (biler pr. døgn)	Uheld			Personskader		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
380-4.999	36	34	-4%	18	16	-9%
5.000-8.557	18	32	+73%	11	13	+22%

Tabel 15. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til minirundkørsler opdelt efter indkørende årsdøgntrafik ifølge før-efter uheldsevalueringen.

I før-efter uheldsevalueringen blev fundet, at ombygninger af kryds til minirundkørsler og 1-sporede rundkørsler i byer giver stigninger i antallet af uheld på hhv. ca. 50% og 25%, når en trafikant på vej hen mod rundkørsler opnår oversigt 20-35 m før vigelinjen til cirkulationsarealet og et køretøj ved vigelinjen i tilfarten til venstre (se det mørke areal omkranset af rød linje i figur 4 på næste side).



Figur 4. Oversigtskrav ved vigelinje i rundkørsel (Vejdirektoratet, 2012). Det mørke areal omkranset af rød linje er det areal, som en trafikant skal have oversigt til 3 m før vigelinjen. Det er målt, hvor langt før vigelinjen, at trafikanten opnår oversigt til dette areal.

Når oversigten til mini- eller 1-sporet rundkørsel i byzone opnås 10-15 m før eller 40-100 m før vigelinjen, så er antallet af uheld uændret eller faldende ifølge før-efter uheldsevalueringen. Når oversigten opnås 0-5 m før vigelinjen er der et stigende antal uheld, især hvor kravet til oversigt 3 m før vigelinje ikke er opfyldt. Uheldsmodelstudiet viser, at rundkørsler i byzone, hvor oversigt opnås 20-35 m før vigelinjen, har en højere uheldsfrekvens end andre rundkørsler.

Der er fundet flere tendenser i før-efter uheldsevalueringen. Det ser ud til, at mini-rundkørsler med et 5-6 m bredt cirkulationsareal fungerer bedre end med smallere eller bredere cirkulationsareal. Det synes bedst med en lille midterø med en diameter der omtrent svarer til cirkulationsarealets bredde. Det synes at være bedst at undlade sekundærheller i minirundkørsler, se tabel 16. Parallelheller må decideret frarådes. Uheldsmodelstudiet viser tillige, at minirundkørsler med parallelheller har en højere uheldsfrekvens end andre minirundkørsler.

Type af sekundærhelle	Uheld			Personskader		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
Ingen	32	23	-27%	12	10	-17%
Parallel	7	23	+215%	5	12	+157%
Trekant	26	36	+39%	12	10	-19%
Blandet	22	26	+18%	13	7	-45%

Tabel 16. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til minirundkørsler opdelt efter type af sekundærhelle ifølge før-efter uheldsevalueringen.



Bredde af tilfarts- og frafartsspor på hhv. 3,4-3,8 m og 3,8-4,3 m synes bedst, dog kan bredere tilfartsspor i minirundkørsler godt være sikre. Det forekommer, at ombygninger af kryds til minirundkørsler, der er forvarslet ca. 20-50 m før vige-linjen, har opnået bedre sikkerhedseffekter end minirundkørsler, der ikke er forvarslet eller er forvarslet tidligere, altså mere end 50 m før vige-linjen.

Type af cykelfacilitet	Cykeluheld			Alle uheld		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
Ingen	10	15	+46%	42	45	+7%
Cykelbane	2	6	+186%	26	28	+9%
Farvet cykelbane	5	16	+235%	19	35	+82%
I alt	17	37	+115%	87	108	+24%

Tabel 17. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til minirundkørsler på hhv. cykeluheld og alle uheld opdelt efter type af cykelfacilitet i minirundkørsel ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Af tabel 16 ses, at ombygninger af kryds til minirundkørsler med farvede cykelbaner har resulteret i markante stigninger i cykeluheld og alle uheld. Cykelbaner med rød eller blå farve må derfor vurderes frarådes. I hovedtræk kan det ikke anbefales at etablere cykelfaciliteter i minirundkørsler.

3.3.2 1-sporede rundkørsler

I før-efter uheldsevalueringen indgår 1.916 uheld ved ombygninger af kryds til 255 1-sporede rundkørsler og 1.073 uheld i 329 1-sporede rundkørsler i uhelds-modelstudiet. Konklusionerne hviler således på et omfangsrigt grundlag.

Vejgrene	Hastighedsbegrænsning	Uheld			Personskader		
		Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
3	40-50 km/t	37	54	+44%	14	22	+56%
	60-70 km/t	46	30	-35%	19	11	-41%
	80-130 km/t	73	28	-61%	42	6	-86%
	I alt	156	112	-28%	75	39	-48%
4-7	40-50 km/t	163	135	-17%	57	54	-5%
	60-70 km/t	115	100	-13%	65	25	-62%
	80-130 km/t	403	205	-49%	250	44	-82%
	I alt	682	440	-35%	372	123	-67%
I alt		838	552	-34%	447	162	-64%

Tabel 18. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt efter antal vejgrene og højeste hastighedsbegrænsning på vejgrene ca. 100 m før rundkørsel ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Hastighedsbegrænsningen har en væsentlig betydning for de sikkerhedseffekter, der opnås ved ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler, se tabel 18. Kun ved lave hastighedsbegrænsninger på 40-50 km/t synes sikkerhedseffekterne at afhænge af antallet af vejgrene.

Zone og den samlede diameter		Uheld			Personskader		
		Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
By	6,0-19,9 m	112	118	+5%	35	43	+24%
	20,0-29,9 m	154	118	-24%	67	48	-28%
	30,0-39,9 m	41	36	-12%	23	11	-51%
	40,0-54,0 m	5	7	+34%	4	0	-100%
Land	6,0-19,9 m	31	23	-26%	24	5	-79%
	20,0-29,9 m	76	39	-49%	38	10	-73%
	30,0-39,9 m	383	179	-53%	248	38	-85%
	40,0-54,0 m	35	32	-8%	10	7	-27%

Tabel 19. Sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt efter by- og landzone og den samlede diameter af midterø og overkørselsareal ifølge før-efter uheldsevalueringen.

I 1-sporede rundkørsler er den samlede diameter for midterø og overkørselsareal væsentlig for sikkerhedseffekter. De bedste effekter opnås, når kryds bygges om til 1-sporede rundkørsler med en samlet diameter på 20-40 m både i by- og landzone. Dette resultat understøttes af litteraturstudiet. Ifølge både uheldsmodelstudiet og før-efter uheldsevalueringen synes afmærkning af en kantlinje ved midterøen at forbedre sikkerheden i 1-sporede rundkørsler enten som følge af tilstedeværelse af et overkørselsareal eller synliggørelse af midterøen.

Midterøens højde på midten	Uheld			Personskader		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
0,0-0,9 m	267	204	-24%	116	66	-43%
1,0-1,9 m	242	177	-27%	126	62	-51%
2,0-10,0 m	329	171	-48%	205	34	-83%

Tabel 20. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt efter midterøens højde på midten ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Midterøens højde på midten har en væsentlig betydning for sikkerhedseffekter ved at bygge kryds om til 1-sporede rundkørsler. Med højde menes koteforskellen på cirkulationsareal og ”ting” på midten af midterøen, som er så brede og ugennem-sigtige, at trafikanter kan gemme sig bag dem. Midterøens højde påvirker især antallet af uheld mellem cirkulerende og ind-/udkørende trafikanter. Uheld med cyklister er voldsomt påvirket af midterøens højde, hvor ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler med høje midterøer resulterer i markante fald i antallet af cykeluheld og ombygninger til rundkørsler med lave midterøer giver store stigninger i antallet af cykeluheld.

Cirkulationsarealets bredde synes ikke i sig selv at være vigtig for sikkerheden. Det er cirkulationsarealets bredde set i lyset af den samlede diameter, der forekommer at være væsentlig. Et cirkulationsareal med en bredde på 0,15-0,25 gange den samlede diameter synes at være sikrest – typisk omkring 7 m. Shunts synes hverken at forbedre eller forværre sikkerheden i 1-sporede rundkørsler.

I byzone forekommer det, at ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler med trekantsheller har medført de bedste sikkerhedseffekter. Det må decideret frarådes at udforme 1-sporede rundkørsler i byzone med parallelheller. I landzone giver parallel-, trekants- og trompetheller anledning til omtrent de samme sikkerhedseffekter, så her er effekter uafhængig af typen af sekundærhelle.

Ifølge før-efter uheldsevalueringen giver 3,4-4,3 m brede tilfartsspor og 3,8-4,7 m brede frafartsspor de bedste sikkerhedseffekter i både by- og landzone, dog kan bredere tilfartsspor i byzone også give gode effekter.

Som nævnt under minirundkørsler, så er oversigten før rundkørslen vigtig. Antallet af uheld stiger ved ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler i byzone, når oversigten opnås 20-35 m før vigelinjen, mens antallet af uheld falder, når oversigten opnås 10-15 m eller 40-100 m før vigelinjen. I landzone synes oversigten før rundkørsel at være knap så væsentlig, men faldet i uheld er dog lidt større, når oversigten opnås 40-100 m før vigelinjen.

Zone, type af cykelfacilitet		Cykeluheld			Alle uheld		
		Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
By	Ingen	2	5	+102%	35	23	-34%
	Cykelbane	28	59	+109%	142	131	-8%
	Farvet cykelbane	6	21	+238%	40	48	+21%
	Cykelsti	10	12	+22%	45	29	-35%
	Farvet cykelsti	5	10	+97%	23	31	+33%
	Separat sti	3	1	-64%	26	16	-39%
	To-plan	0	0	-	3	1	-62%
Land	Ingen	1	0	-100%	71	29	-59%
	Cykelbane	5	10	+104%	141	83	-41%
	Farvet cykelbane	0	1	++	14	6	-56%
	Cykelsti	5	6	+10%	100	52	-48%
	Farvet cykelsti	1	0	-100%	6	2	-65%
	Separat sti	10	2	-81%	166	83	-50%
	To-plan	0	0	-	28	18	-37%

Table 21. Sikkerhedseffekter på cykeluheld og alle uheld af ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt på by- og landzone samt type af cykelfacilitet i rundkørsel ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Typen af cykelfacilitet i 1-sporede rundkørsler har stor betydning for den effekt på cykeluheld, der indtræffer ved ombygning af kryds til 1-sporede rundkørsler. Det er især cykelbaner og farvede cykelfaciliteter, der resulterer i flere cykeluheld. De farvede cykelfaciliteter medfører samtidig dårlige effekter på uheld uden cyklister i byområder. Omvendt er separate stier, hvor cyklister har vigepligt for biler ved krydsning af vejgrene, gavnlige for cyklisters sikkerhed. Litteraturstudiet viser også, at cykelbaner i rundkørsler medfører en dårligere sikkerhed for cyklister, og separate stier forbedrer cyklisters sikkerhed. På denne baggrund må cykelbaner og farvede cykelfaciliteter decideret frarådes i 1-sporede rundkørsler.

Zone, antal forvarslinger/vejvisninger		Forventet	Efter	Effekt
Byzone	0 pr. tilfart	22	38	+70%
	0,25-0,75 pr. tilfart	67	73	+10%
	1 pr. tilfart	107	99	-7%
	1,25-2 pr. tilfart	101	62	-39%
	2,3-7 pr. tilfart	3	0	-100%
Landzone	0,25-0,75 pr. tilfart	10	8	-24%
	1 pr. tilfart	103	56	-45%
	1,25-2 pr. tilfart	324	171	-47%
	2,3-7 pr. tilfart	88	38	-57%

Tabel 22. Sikkerhedseffekter på uheld af ombygninger fra kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt på by- og landzone og det gennemsnitlige antal forvarslinger og vejvisninger pr. tilfart ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Ifølge før-efter uheldsevalueringen giver det de bedste effekter, at der er forvarsling og/eller vejvisning i hver tilfart til den 1-sporede rundkørsel. Jo flere forvarslinger /vejvisninger der er pr. tilfart jo bedre, se tabel 22. Den forvarsling/vejvisning, der er længst fra rundkørslen, kan med fordel være placeret mere end 100 m før vigelinjen ifølge både uheldsmodelstudiet og før-efter uheldsevalueringen.

3.3.3 Flersporede rundkørsler

I før-efter uheldsevalueringen indgår 241 uheld ved ombygninger af kryds til 16 flersporede rundkørsler og 229 uheld i 24 flersporede rundkørsler i uheldsmodelstudiet. Antallet af flersporede rundkørsler i studierne er forholdsvis beskedent. Konklusionerne hviler således på et beskedent grundlag.

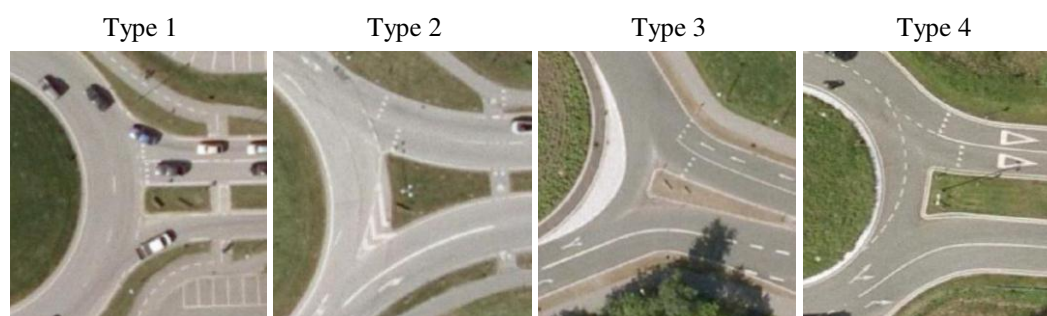
Umiddelbart kan hastighedsbegrænsning ikke dokumenteres at være vigtig for sikkerhedseffekter eller uheldsfrekvenser i flersporede rundkørsler. Det samme kan siges om type af sekundærhelle, bredde af cirkulationsareal, midterøens diameter og højde, type og forekomst af forvarsling samt oversigt før rundkørslen.

Antal vejgrene	Uheld			Personskader		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
3	17	26	+52%	6	8	+34%
4	66	44	-33%	27	1	-96%
5	12	12	+3%	6	4	-35%
I alt	95	82	-13%	39	13	-66%

Tabel 23. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til flersporede rundkørsler opdelt efter antal vejgrene ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Derimod synes antallet af vejgrene at have betydning, se tabel 23. Det ses, at sikkerhedseffekterne for flersporede rundkørsler med 3 vejgrene ikke er gode, mens de er rigtig gode med 4 vejgrene. Uheldsmodelstudiet viser, at uheldsfrekvensen er lavest i flersporede rundkørsler med 4 vejgrene efterfulgt af 3 og 5 vejgrene, mens flersporede rundkørsler med 6 vejgrene har den højeste uheldsfrekvens.

Et andet vigtigt designforhold ved flersporede rundkørsler synes at være arrangement af cirkulations- og frafartsspor. I figur 5 ses de fire typer at arrangere spor på, som indgår i før-efter uheldsevalueringen.



Figur 5. 4 typer af flersporede rundkørsler: 1) to cirkulationsspor hele vejen rundt, 2) cirkulationsareal indsnævret med **spærreflade**, 3) cirkulationsareal indsnævret med **bredt overkørselsareal** ved midterø og 4) cirkulationsareal indsnævret med **sekundærhelle tæt på midterø**.

Flersporede rundkørsler	Uheld			Personskader		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
Type 1, to cirkulationsspor	13	12	-9%	7	4	-40%
Type 2, spærreflade	30	33	+9%	13	7	-47%
Type 3, bredt overkørselsareal	47	35	-26%	16	2	-87%
Type 4, sekundærhelle tæt på	4	2	-49%	3	0	-100%

Tabel 24. Sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til flersporede rundkørsler opdelt efter type ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Der findes to flersporede rundkørsler af type 1, fem af type 2, otte af type 3 og én af type 4 i før-efter uheldsevalueringen. Type 2-4 har tvungne frafarter, se figur 5. Af tabel 24 ses, at type 3 og 4, hvor cirkulationsarealet er fysisk indsnævret nogle steder, synes at have bedre effekter end de to andre typer. Spærrefladen i type 2 er altså ikke så sikker som en fysisk indsnævring af cirkulationsarealet.

I Holland er man nået frem til samme konklusion. Her er etableret mange ”turbo-rundkørsler” af type 4, hvor der samtidig er en smal chaussestensbesat vulst mellem frafarts- og cirkulationsspor. Ombygninger af kryds til turbo-rundkørsler førte til et fald i antallet af uheld på 49%. Nøjagtig som type 4 i den danske evaluering.

Forekomst af shunts	Uheld			Personskader		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
Med 1-3 shunts	25	15	-41%	12	1	-92%
Uden shunts	69	67	-3%	26	12	-54%

Tabel 25. Sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til flersporede rundkørsler med og uden shunts ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Tvungne frafartsspor kan også udformes som shunts, hvor der findes en egentlig kantstensbegrænset skillerabat mellem frafarts- og cirkulationsspor. I tabel 25 er

sikkerhedseffekter for flersporede rundkørsler med og uden shunts opgjort. Det ses tydeligt, at flersporede rundkørsler med shunts giver bedre sikkerhedseffekter end uden shunts. Dette harmonerer også med de hollandske erfaringer.

Endelig kan typen af cykelfacilitet i flersporede rundkørsler være af betydning for sikkerheden. Uheldsmodelstudiet indikerer, at flersporede rundkørsler uden cyklister, dvs. cykling forbudt eller cyklister i tunneler (to-plan), har en lavere uheldstæthed end flersporede rundkørsler med cykelbane, cykelsti eller separat sti, hvor cyklister har vigepligt for biler ved krydsning af vejgrene. I uheldsmodelstudiet er cyklister involveret i 30 ud af 229 uheld. Resultater fra før-efter uheldsevalueringen er vist i tabel 26.

Type af cykelfacilitet	Cykeluheld			Alle uheld		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
Ingen (forbudt at cykle)	0	0	-	10	5	-49%
Enkeltrettet separat sti	0	0	-	17	24	+42%
Dobbeltrettet separat sti	2	0	-100%	66	50	-24%
To-plan	0	0	-	2	3	+29%

Tabel 26. Sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til flersporede rundkørsler med og uden shunts ifølge før-efter uheldsevalueringen.

Af tabel 26 ses, at det ikke er cykeluheld, der påvirker sikkerhedseffekter ved ombygninger af kryds til flersporede rundkørsler i før-efter uheldsevalueringen. Derfor har type af cykelfacilitet næppe haft en betydning for sikkerhedseffekterne af flersporede rundkørsler i denne evaluering.

3.3.4 Signalregulerede rundkørsler

Før-efter uheldsevalueringen inkluderer kun én signalreguleret rundkørsel og i uheldsmodelstudiet indgår to af disse rundkørsler. Ud fra disse studier er det ikke muligt at anføre elementer ved designet af signalregulerede rundkørsler, der har indvirkning på sikkerheden. I forbindelse med litteraturstudiet er der heller ikke fundet undersøgelser af betydningen af signalregulerede rundkørslers design.

3.4 Uheldsmodeller og uheldsfrekvenser

Forud for uheldsmodelleringen blev uhelds- og personskadefrekvenser beregnet for de fire typer af rundkørsler, se tabel 27-28 på næste side. Der er en markant forskel på uhelds- og personskadefrekvenser mellem rundkørselstyper. Uhelds- og personskadefrekvenser aftager med tiltagende trafikmængde.

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

Tabel 27. Uheld pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 opdelt efter type af rundkørsel og antal indkørende motorkøretøjer pr. døgn (ÅDT) ifølge uheldsmodelstudiet.

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

Tabel 28. Personskader pr. mio. indkørende motorkøretøjer 2004-2010 opdelt efter type af rundkørsel og antal indkørende motorkøretøjer pr. døgn (ÅDT) ifølge uheldsmodelstudiet.

Med baggrund i oplysninger om uheld, trafik og design for de 375 rundkørsler i uheldsmodelstudie blev der opstillet to typer af uheldsmodeller:

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

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

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

I studiet blev mange uheldsmodeller udarbejdet, og modelleringsprocesserne har vist, at modeltype 1 oftest er modeltype 2 overlegen. På næste side er vist en serie af uheldsmodeller af type 1 uden uafhængige variable, der beskriver rundkørselens design. Modellerne er estimeret ud fra en state-of-the-art metode, som negativ binomial fordelte med log-link funktion og en konstant spredningsparameter, k.

Alle typer af rundkørsler:

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

$$UHT_{\text{år 2004-2010, personskadeuheld}} = 0,001007 \times N_{\text{total, indkørende \AA DT}}^{0,4855}, \quad k = 1,0312$$

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

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

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

Rundkørsler i hhv. by- og landzone:

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

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

Forskellige typer af rundkørsler:

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

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

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

Modelleringsprocesserne har vist, at de manglende tal for cykeltrafikken og en markant samvariation mellem rundkørslers design og biltrafikmængden medfører, at parameterestimer for en række uafhængige variable for rundkørselsdesignet ikke indikerer årsag-virkningssammenhænge. Det er derfor ikke muligt pålideligt at belyse betydningen for sikkerheden i almindelighed eller for cyklister i uheldsmodelstudiet af fx type af rundkørsel og sekundærhelle, hastighedsbegrænsning, cykelfacilitet og forekomst af midterrabat på vejgrene.

Parameterestimer for få uafhængige variable er ikke præget af samvariation og manglende tal for cykeltrafikmængden. Disse variable indikerer eller tyder på:

- Uheldsfrekvensen varierer kraftigt mellem vejcenterområder.

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

Uheldsmodeller, hvor der indgår uafhængige variable for rundkørselsdesignet, har typisk kunnet forklare omkring 80% af den systematiske variation i forekomsten af uheld. Uheldsmodeller, hvor kun biltrafikmængde indgår, har typisk kunnet forklare omkring 40% af den systematiske variation. Anvendes modeller, hvor der indgår uafhængige variable for rundkørselsdesignet, til at beregne et forventet antal uheld eller personskader for en ny eller eksisterende rundkørsel, så vil man få et mere pålideligt estimat, end hvis man anvender modeller uden variable for rundkørselsdesignet.

4. Konklusion

Cykelpulje-projektet *Cyklisters sikkerhed i rundkørsler* har til formål at beskrive de sikkerhedsmæssige konsekvenser med særlig fokus på cyklister af at ombygge kryds til rundkørsler og af at designe rundkørsler på bestemte måder. For projektet er der opstillet ti forskningsmål i tre delprojekter:

Litteraturstudie:

- 1) angive kvantitative sikkerhedseffekter for cyklister og andre trafikanter af at ombygge kryds til rundkørsler,
- 2) angive resultater om betydningen af rundkørselsdesignet for trafikikkerheden for cyklister og andre trafikanter,
- 3) beskrive udviklede uheldsmodeller for rundkørsler.

Uheldsmodeller:

- 4) belyse sammenhænge mellem uheldsforekomst og trafikmængder,
- 5) beskrive sikkerhedsmæssige relationer mellem uheldsforekomsten og rundkørselsdesignet fx cykelfaciliteter, midterøens diameter og rundkørslens fardæmpende egenskaber,
- 6) angive tal for bilisters og cyklisters risiko og uheldsfrekvens i fire typer af rundkørsler.

Før-efter uheldsevaluering:

- 7) angive kvantitative sikkerhedseffekter for cyklister og andre trafikanter af at ombygge kryds til rundkørsler hhv. for krydset der bygges om og de tilstødende veje,
- 8) angive betydningen af krydsudformning, trafikmængder, mv. før ombygningen for sikkerhedseffekters størrelse,
- 9) angive betydningen af rundkørslers udformning, trafikmængder mv. efter ombygningen for sikkerhedseffekters størrelse samt
- 10) beskrive kvantitative sikkerhedseffekter opdelt på antal år efter ombygning, dvs. hhv. kort- og langtidseffekter.

Otte af de ti forskningsmål er fuldt ud opfyldt. Forsningsmål nummer 6 har delvist ikke været muligt at opfylde, da tal for cykeltrafikmængder i rundkørslerne ikke kunne tilvejebringes. Forsningsmål 7 har delvist ikke været muligt at opfylde, da uheld på tilstødende veje ikke har været muligt at stedfæste tilstrækkelig præcist i forhold til rundkørslens placering.

Nærværende sammenfatningsrapport beskriver grundlaget for delprojekterne og de overordnede resultater. Cyklisters sikkerhed forværres ofte ved ombygning af kryds til rundkørsler. Der er dog stor forskel på de sikkerhedseffekter, der opnås for cyklister. Det er fundet, at særligt hastighedsbegrænsningen, forekomsten af dobbeltrettede cykelstier langs veje hen til kryds, typen af cykelfacilitet og højden af midterøen i rundkørsler er af stor betydning for sikkerhedseffekter på cykeluheld og cyklisters personskader. Det er muligt at ombygge kryds til rundkørsler, så også cyklisters sikkerhed bliver forbedret – man skal blot vælge krydsene med omhu og designe rundkørslerne på en sikkerhedsmæssig optimal facon.

En lang række forhold ved rundkørselsdesignet er af betydning for sikkerheden i almindelighed. Det gælder fx type af rundkørsel, antal vejgrene, vinkel mellem

vegrene, diameter og højde af midterø, bredde af tilfarts-, frafarts- og cirkulationsspor, arrangering af frafarts- og cirkulationsspor og shunts, type af cykelfacilitet, type af sekundærhelle, belysning, antal og placering af forvarsling og vejvisning samt oversigt før rundkørsel. Flere af disse forhold har en ganske forskellig betydning for de enkelte typer af rundkørsler.

Ved ombygninger af kryds til rundkørsler har andre forhold udover designet af rundkørslen også en betydning for sikkerhedseffekter. Det gælder eksempelvis hastighedsbegrænsninger, trafikmængder og krydsets design, herunder dets reguleringsform samt forekomst af svingbaner og dobbeltrettede cykelstier langs vejen til kryds.

Referencer

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

Jensen, S. U. (2012): *Sikkerhedseffekter af rundkørsler*, Trafitec.

Jensen, S. U. (2013a): *Uheldsmodeller for rundkørsler*, Trafitec.

Jensen, S. U. (2013b): *Evaluering af effekter af rundkørsler med forskellig udformning*, Trafitec.

Jensen, S. U. og P. B. Madsen (2012): *Rundkørsler, sikkerhed og cyklister*, Trafitec.

Vejdirektoratet (2012): *Rundkørsler i åbent land*, Vejregler.