

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)
ISSN 1603-9696
www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Rundkørsler, trafiksikkerhed og cyklister

Søren Underlien Jensen, suj@trafitec.dk
Trafitec, Diplomvej 376, 2800 Kgs. Lyngby

Abstrakt

Artiklen beskriver et systematisk litteraturstudie om sikkerhed i rundkørsler, hvor meta-analyser bruges til at estimere sikkerhedseffekter på tværs af studier, samt en ny før-efter uheldsevaluering af ombygninger af kryds til rundkørsler. I uheldsevalueringen indgår 332 rundkørsler, 2.497 uheld og 1.328 personskader. Der korrigeres for generelle udviklinger i trafiksikkerheden og regressionseffekt.

Litteraturstudiet viser, at ombygninger af kryds til rundkørsler medfører sikkerhedsmæssige gevinster, da omkring 60% af personskadeuheldene og 25% af materielskadeuheldene forebygges. Sikkerhedseffekter er bedre ved ombygning af vigepligtsregulerede kryds end ved ombygning af lyskryds. Sikkerhedseffekter er bedre ved ombygning af 4-benede kryds end 3-benede kryds. Sikkerhedseffekter er bedre på landet end i byer. Sikkerhedseffekter er dårligere for cyklister end for andre trafikantgrupper, idet antallet af cykeluheld stiger ca. 20% ved ombygninger af kryds til rundkørsler.

Før-efter uheldsevalueringen viser, at ombygningerne har medført fald i antallet af uheld og personskader på hhv. 27 og 60%. Uheldene bliver samtidig mindre alvorlige. Eksempelvis falder antallet af dræbte med 87%, mens uheld kun med materielle skader falder med blot 16%. Sikkerhedseffekterne varierer fra sted til sted. Jo højere hastighedsbegrænsningen er, desto bedre effekt. Jo større en andel af uheldene i kryds, der er venstresvinguheld og tværkollisioner, desto bedre effekt. Jo mindre en andel af uheldene i kryds, der er cykeluheld, desto bedre sikkerhedseffekt. Sikkerhedseffekter er 12-13 procentpoint bedre på lang sigt end på kort sigt. Antallet af cykeluheld og skadede cyklister er steget med hhv. 65 og 40%. Det oftest anvendte design for cyklister er cykelbaner i rundkørslerne. Cykelbaner har medført de dårligste sikkerhedseffekter, mens cykelstier ved rundkørsler, hvor cyklister er pålagt vigepligt, har medført de bedste effekter. Farvede cykelbaner og blå cykelfelter har medført dårligere sikkerhedseffekter end tilsvarende cykelfaciliteter uden farve. Midterøens højde påvirker sikkerhedseffekter, idet midterøer over 2 meter giver de bedste effekter. Trekants- og trompetheller giver bedre effekter end rundkørsler uden heller eller med parallelheller.

1. Indledning

Artiklen er en del af projektet *Cyklisters sikkerhed i rundkørsler*, der er finansieret af *Cykelpuljen*. Projektet udføres af det forskningsbaserede rådgivningscenter Trafitec. I projektet udføres tre studier:

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

I denne artikel præsenteres resultater fra litteraturstudiet og før-efter uheldsevalueringen. Disse studier er afrapporteret i Jensen og Madsen (2012) samt Jensen (2012). Evalueringen og uheldmodeller er baseret på en fuldstændig registrering af rundkørsler pr. 1. januar 2010 i 72 kommuner i Danmark.

Baggrunden for at beskæftige sig med rundkørsler og sikkerhed er, at tidligere danske studier viser, at ombygninger af kryds til rundkørsler ikke fører til sikkerhedsmæssige gevinster for cyklister. De danske studier har heller ikke kunnet dokumentere et sikkert rundkørselsdesign for cyklister.

Formålet med projektet er således at belyse de sikkerhedsmæssige konsekvenser af at ombygge kryds til rundkørsler samt betydningen af rundkørslers design for sikkerheden. Dette skal belyses både for cyklister og for andre trafikantgrupper. Ud fra resultaterne skulle man gerne ret præcist kunne udpege de kryds, hvor en ombygning til rundkørsel vil medføre væsentlige sikkerhedsmæssige gevinster, og kunne få et godt indblik i, hvordan rundkørslen designes sikkerhedsmæssigt forsvarligt.

2. Litteraturstudie

Tidligere danske og udenlandske før-efter uheldsevalueringer af ombygninger af kryds til rundkørsler er gennemgået systematisk i litteraturstudiet. Dette er gjort for mere præcist at udlede den viden, som de tidligere studier indeholder. Nogle med-uden studier er også gennemgået systematisk, da de kan bidrage med viden om rundkørselsdesignets betydning for sikkerheden.

2.1 Metode

Der er søgt efter litteratur om rundkørsler og trafikikkerhed. Litteratursøgningen er udført ved at foretage systematisk søgning i en lang række tidsskrifter samt rekvirere kilder fra referencelister i tidligere studier om rundkørsler.

Litteraturstudiet leder frem til nye estimater for de sikkerhedsmæssige effekter af at bygge kryds om til rundkørsler og sikkerhedseffekter af rundkørselsdesignet ved at se på tværs af tidligere studier. Det gøres ved at anvende en meta-analyse metode, der kaldes for "logodds method of combining results", der er beskrevet af Elvik (2001).

Tabel 1 - Kvalitetsvægte tildelt typer af studier ved estimering af sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler.

Studie design	Kvalitetsvægt
Naivt før-efter studie uden korrektioner	0,1
Før-efter studie med korrektion for trafikmængder	0,2
Før-efter studie med korrektion for uheldsudvikling	0,4
Før-efter studie med korrektion for trafikmængder og uheldsudvikling	0,5
Før-efter studie med korrektion for uheldsudvikling og regressionseffekt	0,8
Før-efter studie med korrektion for trafikmængder, uheldsudvikling og regressionseffekt	1,0

Tabel 2 - Kvalitetsvægte tildelt typer af studier ved estimering af sikkerhedseffekter af rundkørselsdesign.

Studie design	Kvalitetsvægt
Tværsnitsstudie	0,5
Naivt før-efter studie uden korrektioner eller med korrektion for trafikmængder	0,6
Multivariat analyse	0,7
Før-efter studie med korrektion for uheldsudvikling og evt. trafikmængder	0,8
Før-efter studie med korrektion for uheldsudvikling, regressionseffekt og evt. trafik	1,0

Meta-analysen er videreudviklet, så der indgår en kvalitetsvægt for hvert studie. Kvalitetsvægten påvirker den statistiske vægt i meta-analysen, således at studier baseret på gode metoder vejer tungere i estimering af sikkerhedseffekter end studier, der er baseret på mindre gode metoder. De anvendte kvalitetsvægte er angivet i tabel 1 og 2. Metoden med kvalitetsvægte er detaljeret beskrevet af Jensen og Madsen (2012).

2.2 Resultater

Ud fra i alt 17 før-efter uheldsvalueringer er det muligt at opgøre overordnede sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til rundkørsler, se tabel 3. En del af disse effekter er ikke homogene, hvilket kan skyldes, at de anlagte rundkørsler i studierne er af forskellig type og lokalisering. Eksempelvis ser en evaluering kun på ombygninger af vigepligtsregulerede kryds til rundkørsler i landzone, mens der i en anden evaluering kun indgår ombygninger af signalregulerede kryds til rundkørsler. I evalueringerne varierer sikkerhedseffekten på alle uheld mellem fald på 10% til 80%, mens effekten på alle personskader varierer mellem fald på 35% til 86%. Der er derved fundet gode sikkerhedsmæssige gevinster i alle evalueringer.

Tabel 3 - Overordnede sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til rundkørsler baseret på meta-analyser af 17 studier.

Antal studier	Type af uheld eller personskade	Effekt	95% konfidensinterval	Homogen?
17	Alle uheld	-44%	-50% ; -37%	Nej
2	Dødsuheld	-65%	-91% ; +33%	Ja
16	Personskadeuheld	-60%	-67% ; -50%	Nej
9	Materielskadeuheld	-25%	-36% ; -12%	Nej
4	Alle personskader	-72%	-81% ; -60%	Ja
4	Dræbte	-87%	-98% ; +5%	Ja
4	Alvorlige skader	-75%	-87% ; -53%	Ja
3	Lette skader	-66%	-78% ; -45%	Ja

Af tabel 3 ses tydeligt, at ombygninger af kryds til rundkørsler reducerer antallet og alvorligheden af uheld. I tabel 3 er kvalitetsvægte benyttet ved udregninger af sikkerhedseffekter på tværs af studierne. Effekterne i tabel 3 er bedre (større fald i uheld og personskader) end hvad tidligere systematiske opsamlings har vist.

Tabel 3 er baseret på seks naive før-efter uheldsvalueringer, fire studier med korrektioner for generelle uheldsudviklinger samt syv studier med korrektioner for både generelle uheldsudviklinger og regressionseffekter. I tre studier korrigeres tillige for trafikmængder. De naive studier har givet meget ensartede resultater med fald i alle uheld på 38-54% og en homogen middeffekt på 48%. Studierne med korrektioner for generelle uheldsudviklinger har givet fald i alle uheld på 10-49% og en inhomogen middeffekt på 39%. Endelig af studier med korrektioner for regressionseffekt givet fald i alle uheld på 21-80% og en inhomogen middeffekt på 47%. Når middeffekten opgøres på basis af alle 17 studier men uden kvalitetsvægte, fås også et fald på 44% i alle uheld og 60% i personskadeuheld. Overraskende nok har brugen af kvalitetsvægte således ikke påvirket sikkerhedseffekterne i dette tilfælde.

Tabel 4 - Sikkerhedseffekter for cyklister af ombygninger fra kryds til rundkørsler.

Antal studier	Type af uheld eller personskade	Effekt	95% konfidensinterval	Homogen?
3	Cykeluheld	+21%	-2% ; +48%	Ja
4	Cyklisters personskader	-21%	-92% ; +50%	Ja

Kun fem studier angiver sikkerhedseffekter for cyklister og antallet af uheld eller personskader, som effektopgørelsen er baseret på. Et stort belgisk studie viser, at antallet af personskadeuheld med cyklister steg med 27%, mens to danske studier viser stigninger på 0-29% i cykeluheld og personskader blandt cyklister. Endelig viser to hollandske studier fald på 8-74% i cykeluheld og cyklisters personskader. Der er anvendt kvalitetsvægte ved opgørelser af effekter i tabel 4.

Belgiske og danske rundkørsler ligner hinanden ganske meget. Derfor er effekter på uheld og personskader, herunder blandt cyklister, måske netop også meget lig hinanden. De hollandske rundkørsler er anderledes særligt hvad angår faciliteter for cyklister. Umiddelbart anslås rundkørsler i dansk design at resultere i omkring 20-30% flere cykeluheld og personskader blandt cyklister.

Ni studier opgør effekter for hhv. by- og landzone. I byer ses fald på 23 og 62% i hhv. uheld og personskader ved ombygning af kryds til rundkørsler, mens der på landet ses fald på hhv. 57 og 87%. Sikkerhedseffekter er således 25-35 procentpoint bedre på landet end i byer. Et svensk studie viser, at sikkerhedseffekten er direkte afhængig af faldet i gennemsnitshastighed ved ankomst til hhv. krydset før og rundkørslen efter. Et belgisk studie viser, at sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler bliver stadig bedre jo højere hastighedsbegrænsningen er. Både et hollandsk og et belgisk studie tyder på, at sikkerhedseffekter for cyklister er bedre på landet end i byer.

Fire studier viser, at antallet af uheld falder 27% ved ombygninger af 3-benede kryds til rundkørsler, mens ombygninger af 4-benede kryds resulterer i fald på 42%. Otte studier viser, at antallet af uheld falder 27% ved ombygninger af signalregulerede kryds til rundkørsler, mens ombygninger af vigepligtsregulerede kryds resulterer i fald på 43%. Hollandske og belgiske studier tyder på, at sikkerhedseffekter for cyklister også er bedre ved ombygning af 4-benede kryds og ved ombygning af vigepligtsregulerede kryds set ift. 3-benede og signalregulerede.

Fire studier viser, at antallet af uheld falder med 48% ved ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler, mens ombygninger til flersporede rundkørsler kun medfører fald på 19% i antallet af uheld. En række studier viser, at uheldsfrekvensen i flersporede rundkørsler er højere end i 1-sporede. Svenske studier viser, at uheldsfrekvensen for cyklister og fodgænger er 2,6-4,3 gange højere i flersporede rundkørsler end i de oftest mindre trafikerede 1-sporede rundkørsler. Et hollandsk studie viser, at såkaldte flersporede turborundkørsler med vulster mellem cirkulationsspor i åbent land medfører samme gunstige sikkerhedseffekter som 1-sporede rundkørsler i åbent land.

En del studier viser, at det især er venstresvinguheld og tværkollisioner, der falder i antal ved ombygninger af kryds til rundkørsler. Derimod synes antallet af enueheld og spritueheld at stige. Studierne viser klart, at sikkerhedseffekterne på uheld i mørke er betydeligt dårligere end effekter på uheld i dagslys ved ombygninger af kryds til rundkørsler.

Et par studier viser, at sikkerhedseffekterne af ombygninger af kryds til rundkørsler bliver bedre, som tiden går. Det vil sige, at effekterne på lang sigt er bedre end på kort sigt. Et belgisk studie viser, at effekten på personskaueheld er 24% i det første og andet år efter ombygning, mens effekten er 36% i det tredje til sytten år efter ombygning.

Tabel 5 - Sikkerhedseffekter på cyklisters personskader af cykelfaciliteter i rundkørsler.

Type af sammenlignet rundkørselsdesign	Effekt	95% konfidensinterval	Homogen?
Cykelbane ift. ingen cykelfacilitet	+25%	-25% ; +107%	Ja
Cykelsti langs yderside af cirkulationsareal ift. ingen cykelfacilitet	-20%	-71% ; +119%	Ja
Separat cykelsti med vigepligt pålagt cyklister ift. ingen cykelfacilitet	-84%	-95% ; -52%	Ja

Af tabel 5 ses, at typen af cykelfacilitet synes at påvirke cyklisters sikkerheden i rundkørsler. Den sikreste facilitet synes at være en separat cykelsti i nærheden af cirkulationsarealet, hvor vigepligt er pålagt cyklister ved cykling over vejgrene. Den mest usikre facilitet synes at være cykelbaner langs ydersiden af cirkulationsarealet. Der er dog ikke statistisk signifikante forskelle i sikkerheden mellem hhv. ingen cykelfacilitet, cykelbane og cykelsti langs ydersiden af cirkulationsarealet. Et belgisk studie finder, at niveaudelte rundkørsler, hvor cyklister kører i tunneler under vejgrene, giver et fald på 44% i cykeluheld.

En lang række studier kunne tyde på, at sikkerhedseffekten af ombygninger fra kryds til rundkørsler med små midterøer (under ca. 10 meter i diameter) eller store midterøer (over ca. 35 meter) er ringere end ombygninger til rundkørsler med midterøer i almindelig størrelse på ca. 10-35 meter i diameter. Studier tyder på, at brede cirkulationsspor resulterer i dårligere sikkerhed end smalle cirkulationsspor. Studier viser, at brede tilfartsspor medfører dårligere sikkerhed end smalle tilfartsspor. En række studier finder, at gode oversigtsforhold i rundkørsler for indkørende mod venstre i retning mod cirkulerende og første vejgren mod venstre er forbundet med dårligere sikkerhed end rundkørsler med relativt dårlige oversigtsforhold, da gode oversigtsforhold fører til højere indkørselshastigheder. Et belgisk studie tyder på, at afmærkning af fodgængerfelter i rundkørsler resulterer i flere uheld.

3. Før-efter uheldsevaluering

Evalueringen har taget udgangspunkt i en registrering af rundkørsler i Danmark. Et kort fra det norske firma Teleatlas viser, at der pr. 1. januar 2010 var ca. 1.450 rundkørsler i Danmark. Trafitec har registreret en del af rundkørslerne med hensyn til deres design. Således er samtlige rundkørsler i 72 af landets 98 kommuner registreret, og her fandtes 1.159 rundkørsler. Derudover er 64 rundkørselslignende steder registreret, men disse steder lever ikke op til definitionen for rundkørsel.

Blandt de 1.159 rundkørsler findes de 332 rundkørsler, som indgår i evalueringen. De 332 rundkørsler er etableret i årene 1995-2009. Førhen var rundkørslerne enten vigepligtsregulerede kryds, signalregulerede kryds eller forsatte kryds. Designet af disse kryds er også registreret. Det var et krav, at antallet af veje, der førte hen til krydset (eller de forsatte kryds), skulle være det samme som antallet af veje, der fører hen til den nuværende rundkørsel. De 332 rundkørsler er beliggende i 61 kommuner. 272 af rundkørslerne ejes i dag af kommunerne, mens 60 ejes af staten. 120 af rundkørslerne er etableret af amterne. I tabel 6 er de 332 rundkørsler opgjort på hovedtyper, og hvilken slags kryds rundkørslerne var før ombygningen.

Tabel 6 - Fordeling af steder på hovedtyper for kryds og rundkørsler.

Antal og hovedtype af kryds		Antal og hovedtype af rundkørsel	
258	Vigepligtsreguleret kryds	50	Minirundkørsel
		265	1-sporet rundkørsel
31	Forsatte kryds	16	Flersporet rundkørsel
43	Signalreguleret kryds	1	Signalreguleret rundkørsel

Formålet med evalueringen er i hovedtræk at angive ...

- de kvantitative sikkerhedseffekter for cyklister og andre trafikantgrupper af at ombygge kryds til rundkørsler,
- betydningen af krydsenes design, regulering mv. før ombygningen for sikkerhedseffekternes størrelse,
- betydningen af rundkørslernes design, regulering mv. efter ombygningen for sikkerhedseffekternes størrelse, samt
- de kvantitative sikkerhedseffekter opdelt på antal år efter ombygning, dvs. beskrivelse af hhv. kort- og langtidseffekter.

Evalueringen er tilrettelagt, så formålene med evalueringen indfries.

3.1 Metode

Kun steder der i dag opfylder kravene til definitionen af en rundkørsel, dvs. ensrettet cirkulationsareal samt stoppligt eller ubetinget vigepligt for køretøjer ved indkørsel til cirkulationsarealet, indgår i evalueringen.

Uheld, der er sket på de 332 undersøgte steder, altså de tidligere kryds som nu er rundkørsler, indgår i evalueringen. Der er defineret kryds- og rundkørselsområder, hvor uheld skal være sket indenfor for at indgå i evalueringen.

Sikkerhedseffekter beskriver forskelle i antallet af uheld, der er observeret i en periode efter krydsene er bygget om til rundkørsler, og et forventet antal uheld der ville være sket i den samme periode, hvis ombygningen ikke var udført.

Sikkerhedseffekter af at ombygge kryds til rundkørsler er fundet ved at korrigere for generelle udviklinger i trafiksikkerhed og tilfældige ophobninger af uheld og personskader (regressionseffekt). Korrektionsfaktorer for generelle udviklinger i trafiksikkerhed er estimeret ved at opstille 32 kontrolgrupper, der beskriver udviklingerne i trafiksikkerhed i de 61 kommuner, hvor ombygningerne er udført. Korrektionsfaktorer for regressionseffekter er estimeret ved at sammenholde udviklinger i trafiksikkerhed i krydsene, før de bygges om, med de generelle udviklinger beskrevet ved kontrolgrupperne.

Sikkerhedseffekter angives i procent, fx svarer -50% til, at ombygningerne har medført, at antallet af uheld er halveret. Effekterne beskrives tillige med resultatet af en signifikantest. Når testet viser, at effekten er statistisk signifikant, så anses forskellen på de observerede og forventede uheldstal for sikker. Det vil sige, at sandsynligheden for, at forskellen skyldes tilfældige variationer, er under 5%. Derudover testes effekten for, om den er homogen. En effekt er inhomogen, når ændringer i antallet af uheld fra før til efter for stederne udviser stor spredning. Inhomogene effekter kan ikke generaliseres.

De anvendte metoder er detaljeret beskrevet i rapporten af Jensen (2012).

3.2 Resultater

De overordnede sikkerhedseffekter af for 332 steder, der er ombygget fra kryds til rundkørsler, ses i tabel 7. De fleste effekter er inhomogene og kan derfor ikke generaliseres.

Tabel 7 – Overordnede sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til 332 rundkørsler.

Type af uheld og personskade	Før	Forventet	Efter	Effekt	Signifikant?	Homogen?
Personskadeuheld	738	371	195	-47%	Ja	Nej
Materielskadeuheld	820	515	366	-29%	Ja	Nej
Ekstrauheld	171	165	207	+25%	Ja	Ja
Alle uheld	1.729	1.051	768	-27%	Ja	Nej
Alle uheld ekskl. ekstrauheld	1.558	886	561	-37%	Ja	Nej
Dræbte	54	23	3	-87%	Ja	Ja
Alvorlige skader	435	211	88	-58%	Ja	Nej
Lette skader	622	304	126	-59%	Ja	Nej
Alle personskader	1.111	538	217	-60%	Ja	Nej

Grundlæggende er sikkerhedseffekterne af at ombygge kryds til rundkørsler gode, da uheldene falder i antal og bliver mindre alvorlige. Antallet af personskadeuheld og personskader er faldet med hhv. 47 og 60%. De 332 anlagte rundkørsler har forebygget 20 dræbte i efterperioden svarende til et fald på 87%. Effekterne på materielskadeuheld og ekstrauheld er knap så gode, da antallet af materielskadeuheld er faldet med 29% og ekstrauheld er steget med 25%. Tilsammen er antallet af materielskadeuheld og ekstrauheld faldet med 16%.

Der er påvist tre væsentlige årsager til de store spredninger i sikkerhedseffekter. En årsag er effekternes stærke afhængighed af hastighedsniveauet i krydset før ombygning. Hastigheder er ikke målt, men indikeret ved de skilte hastighedsbegrænsninger på vejene hen til rundkørslerne. Uheldsoplysningerne viser, at der kun få steder kan være foretaget ændringer af hastighedsbegrænsninger fra før til efter. Antallet af uheld er steget med 1% ved hastighedsbegrænsninger på 30-50 km/t, mens antallet af uheld er

faldet med 14, 33, 43 og 67% ved hastighedsbegrænsninger på hhv. 60, 70, 80 og 90-130 km/t. Tilsvarende er antallet af personskader faldet 1, 55, 63, 81 og 81% ved hhv. 30-50, 60,70, 80, 90-130 km/t. Baggrunden kan være, at uheld i kryds sker ved højere kollisionshastigheder end i rundkørsler, og at differencer i disse kollisionshastigheder primært afhænger af hastighedsniveauet i kryds.

En anden årsag til spredte sikkerhedseffekter er, at effekterne afhænger af venstresvingsuhelds og tværkollisioners andel af alle uheld i kryds i førperioden. Jo større en andel venstresvingsuheld og tværkollisioner udgør i kryds, desto bedre er sikkerhedseffekterne af at ombygge kryds til rundkørsler. Når andelen er 0-39%, så er antallet af uheld steget med 1%, mens antallet er faldet ved andele på 40-59, 60-79 og 80-100% med hhv. 16, 26 og 38%. Tilsvarende er antallet af personskader faldet 1, 51, 66 og 69% ved andele på hhv. 0-39, 40-59, 60-79 og 80-100%. Baggrunden kan være, at risikable venstresving og ligeud kørsel på tværs af den overordnede vej i kryds erstattes af knap så risikable højresving i rundkørsler.

3.2.1 Cyklisters sikkerhedseffekter

En tredje årsag er, at sikkerhedseffekterne afhænger af cykeluhelds andel af alle uheld i kryds i førperioden. Jo større en andel cykeluheld udgør i kryds, desto dårligere er sikkerhedseffekterne af at bygge kryds om til rundkørsler. Ved en andel på 50-100% er antallet af uheld (alle uheld) steget med 12%, mens antallet er faldet ved andele på 0-14, 15-29 og 30-49% med hhv. 36, 13 og 9%. Tilsvarende er antallet af personskader steget med 18% ved en andel på 50-100%, mens antallet af personskader er faldet med 77, 32 og 28% ved andele på hhv. 0-14, 15-29 og 30-49%. Baggrunden er, at effekterne for cyklister er betydeligt dårligere end for fodgængere og bilister, se tabel 8. Effekter for knallertkørere og motorcyklister er i øvrigt også dårligere end fodgængere og bilister.

Tabel 8 - Sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til 332 rundkørsler på uheld med hhv. fodgænger, cykel, knallert/mc, bil (mere end to hjul) og genstande involveret samt på personskader blandt fodgængere, cyklister, knallertkørere/motorcyklister, personer i bil og personer i uheld med genstande. Note: Effekter i grå baggrund er signifikant og effekter i anførselstegn er inhomogene.

Type af uheld og personskade	Fodgængeruheld og fodgængere	Cykeluheld og cyklister	Knallert/mc-uheld og knallertkørere og motorcyklister	Biluheld og personer i biler	Uheld med genstand og personskader heri
Personskadeuheld	-36%	+31%	+30%	-54%	-18%
Materielskadeuheld	-30%	+108%	+78%	-30%	+186%
Ekstrauheld	-100%	+143%	+38%	+20%	+58%
Alle uheld	-39%	" +65% "	" +46% "	" -31% "	" +86% "
Alle uheld ekskl. ekstrauheld	-34%	" +59% "	+47%	" -40% "	+103%
Dræbte	-100%	-49%	-62%	-100%	-42%
Alvorlige skader	+2%	+10%	+25%	-86%	-74%
Lette skader	-6%	+80%	+50%	" -83% "	+9%
Alle personskader	-15%	+40%	+30%	" -85% "	" -36% "

Baggrunden for, at cyklisters sikkerhed forværres ved ombygninger af kryds til rundkørsler, synes at være, at en stor andel (21%) af cykeluheldene i kryds involverer højresvingende køretøjer, og højresvingsuheld er steget i antal ved ombygning til rundkørsel. Antallet af højresvingsuheld er også steget blandt andre trafikantgrupper ved ombygning til rundkørsel, men højresvingsuheld udgør ikke en særlig stor andel (5%) af uheldene i kryds blandt andre trafikantgrupper.

Sikkerhedseffekter for cyklister afhænger kraftigt af hastighedsniveauet. Når hastighedsbegrænsningen er over 60 km/t, så er effekterne gunstige for cyklister, men ved lavere hastigheder er de særdeles ugunstige.

3.2.2 Kort- og langtidseffekter

Ombygninger af kryds til rundkørsler har medført flere ulykker. Der er sket mere end en fordobling af ulykker, herunder ulykker hvor genstande påkøres. Der er påvist en tilvænnings-effekt med en aftagende stigning i ulykker.

Der skete en voldsom stigning i ulykker lige efter rundkørslerne var anlagt. Stigningen har siden hen aftaget. Sikkerhedseffekten på antallet af flerpartersulykker er derimod stabil, mens effekten på personskader i flerpartersulykker bliver bedre, som tiden går. Der er således også en tilvænnings-effekt, hvor flerpartersulykker bliver mindre alvorlige, som tiden går, dog er denne tilvænnings-effekt relativt beskeden. Samlet set er de langsigtede sikkerhedseffekter i 3-9. år efter ombygninger af kryds til rundkørsler 12-13 procentpoint bedre end de kortsigtede effekter i første og andet år efter ombygningerne.

Tallene viser tillige, at sikkerhedseffekter for cyklister er væsentligt bedre på lang sigt end på kort sigt både i by- og landzone. Antallet af cykelulykker er steget med 105% i første og andet år efter ombygningerne, mens antallet af cykelulykker i 3-9. år efter ombygningerne kun er steget med 63%. De tilsvarende tal for cyklisters personskader er hhv. 88% i første og andet år samt 26% i 3-9. år.

3.2.3 Betydningen af krydsdesign

De ombyggede kryds var designet ret forskelligt. Sikkerhedseffekter afhænger af designet.

Tabel 9 - Sikkerhedseffekter på ulykker (og personskader i parentes) ved ombygninger af 3- og 4-benede vigepligts- og signalregulerede kryds samt forsatte kryds til rundkørsler opdelt efter hastighedsbegrænsning på veje hen til rundkørsler.

Hastighedsbegrænsning	Vigepligtsregulerede kryds		Signalregulerede kryds	Forsatte kryds
	3-ben	4-ben	3 og 4 benede	2-3 kryds
30-50 km/t	+35% (+37%)	-15% (-19%)	+18% (+70%)	-5% (-34%)
60-70 km/t	-32% (-53%)	-20% (-67%)	-2% (-44%)	-26% (-54%)
80-130 km/t	-46% (-83%)	-51% (-84%)	-36% (-75%)	-4% (-85%)

Det medfører bedre sikkerhedseffekter at bygge vigepligtsregulerede kryds om til rundkørsler end ombygninger af lyskryds. Effekterne er bedre ved ombygninger af 4-benede kryds end 3-benede. Effekterne af ombygninger af forsatte kryds til rundkørsler ligner effekter ved 4-benede vigepligtsregulerede kryds. Ved ombygninger af lyskryds og 3-benede vigepligtsregulerede kryds ved 30-50 km/t hastighedsbegrænsning er antallet af ulykker og personskader steget, mens antallet af ulykker og personskader er faldet i alle andre tilfælde.

Generelt er cyklisters sikkerhed forværret ved ombygninger af kryds til rundkørsler ved 30-50 km/t hastighedsbegrænsning, mens cyklisters sikkerhed er forbedret ved 80-130 km/t. Dog er sikkerhedseffekterne gode, hvor kryds med dobbeltrettede cykelstier på veje hen mod krydset er bygget om til rundkørsler. Det gælder ved alle hastighedsbegrænsninger både for cyklister og andre trafikanter.

Ombygninger af kryds til rundkørsler giver bedre sikkerhedsmæssige effekter i landzone ift. byområder. Baggrunden synes at være, at a) hastighedsniveauet i kryds er højere i landzone end i byzone, b) en større andel af ulykkerne i kryds er venstresvingulykker og tværkollisioner i landzone end i byområder, og c) en mindre andel af ulykkerne i kryds er cykelulykker i landzone end i byer. Baggrunden er ikke, at ombygninger af kryds til rundkørsler ofte inkluderer etablering af belysning i landzone. Af 133 ombygninger i landzone inkluderer 98 etablering af belysning, mens det kun er tilfældet med 24 ud af 233 ombygninger i byzone. Analyserne viser, at effekter af etablering af belysning må være relativt beskeden og ikke kan forklare, at sikkerhedseffekter er bedre i landzone end i byzone. Faktisk viser analyserne, at antallet af ulykker i mørke og

tusmørke er uændret, både hvor belysning etableres og ikke etableres. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler er betydeligt dårligere i mørke og tusmørke ift. effekterne i dagslys.

3.2.4 Betydningen af rundkørselsdesign

De anlagte rundkørsler er også designet ganske forskelligt. Sikkerhedseffekterne afhænger af disse design.

Table 10 - Sikkerhedseffekter på uheld (og personskader i parentes) ved ombygninger af kryds til minirundkørsler, 1-sporede rundkørsler, flersporede rundkørsler og signalreguleret rundkørsel opdelt efter hastighedsbegrænsning på veje hen til rundkørsler.

Hast. begr.	Minirundkørsler		1-sporede rundkørsler		Flersporede rundkørsler		Signalreguleret rundkørsel
	3-vejs	4-vejs	3-vejs	4-7 vejs	3-vejs	4-5 vejs	
30-50	+38% (-16%)	+15% (-8%)	+37% (+41%)	-14% (-1%)	+29% (+248%)	-86% (-100%)	-
60-70	-	-	-35% (-41%)	-13% (-62%)	-49% (+166%)	+3% (-35%)	-
80-130	-	-	-61% (-86%)	-49% (-82%)	+93% (+137%)	-27% (-95%)	-18% (-74%)

Antallet af uheld er steget ved ombygninger af kryds til minirundkørsler, mens antallet af personskader er faldet. Ombygninger til 1-sporede rundkørsler har oftest medført gode sikkerhedsgevinster, dog ikke ombygninger til 1-sporede rundkørsler med 3 vejs ved 30-50 km/t hastighedsbegrænsning. Ombygninger til flersporede rundkørsler med 3 vejs har medført flere uheld og personskader, mens ombygninger til flersporede rundkørsler og signalregulerede rundkørsler med 4-5 vejs har medført færre uheld og personskader.

Hverken anlæg af shunts eller midterøens diameter synes at påvirke sikkerhedseffekterne, men det gør midterøens højde. Midterøer, der er over 2 meter høje på midten, medfører de bedste effekter ved alle hastighedsbegrænsninger. Det kan være store skulpturer, kraftig beplantning eller jordvolde, der gør midterøen høj.

Sikkerhedseffekterne er bedst, når cirkulationsarealet og en evt. cykelbane tilsammen er 4-6 meter bredt ved 30-50 km/t hastighedsbegrænsning, 6-8 meter bredt ved 60-70 km/t hastighedsbegrænsning og over 5 meter bredt ved højere hastighedsbegrænsninger. Rundkørsler med trekants- eller trompetheller giver bedre sikkerhedseffekter end rundkørsler uden heller eller med parallelheller i vejgrene. Der synes ikke at være væsentlige sammenhænge mellem sikkerhedseffekter og en beregnet cirkulationshastighed for fritkørende motorkøretøjer.

Enkelt- og dobbeltrettede cykelstier i rundkørsler, hvor cyklister er pålagt vigepligt, synes at have medført de bedste sikkerhedseffekter for cyklister (fald på 55% i cykeluheld), mens cykelbaner i rundkørsler har medført de dårligste sikkerhedseffekter (stigning på 138% i cykeluheld). Ombygninger af kryds til rundkørsler uden cykelfaciliteter har medført en stigning på 45% i antallet af cykeluheld, mens der i rundkørsler med enkeltrettet cykelsti, hvor bilister skal vige for cyklister, ses et fald på 15% i cykeluheld.

Farvede cykelbaner og blå cykelfelter i rundkørsler synes at have medført dårligere sikkerhedseffekter for cyklister og andre trafikanter set ift. cykelbaner uden farve og cykelstier uden blå cykelfelter ved ombygninger af kryds til rundkørsler. Afmærkning af fodgængerfelter i rundkørsler har højst sandsynligt medført dårligere sikkerhedseffekter ved ombygninger af kryds til rundkørsler.

4. Diskussion

Det virker noget overraskende, at de fundne sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler i naive før-efter uheldsevalueringer er nogenlunde de samme som effekter fundet i evalueringer, hvor der korrigeres for generelle uheldsudviklinger og regressionseffekter. I den udførte før-efter uheldsevaluering, der er beskrevet i afsnit 3, er den gennemsnitlige korrektionsfaktor for generelle uheldsudviklinger på 0,91 og for regressionseffekter på 0,71. Sikkerhedseffekten på alle uheld ville være et fald på 53%, hvis der ikke var korrigeret for generelle udviklinger og regressionseffekter, men med disse korrektioner er faldet 27%.

Der kan være flere årsager til, at naive evalueringer har givet nogenlunde samme resultater som studier med korrektioner for generelle uheldsudviklinger og regressionseffekter. De fleste naive evalueringer er typisk udført i starten af 1990'erne, mens de fleste studier med korrektioner er udført indenfor de sidste 10 år. En årsag til, at studierne giver nogenlunde samme resultater, kan være, at kryds ombygget til rundkørsler i 1980'erne ikke er forbundet med så stor grad af regressionseffekt. Med andre ord, så kan det være, at rundkørsler anlagt i 1980'erne ikke så ofte var udbedringer af sorte pletter, som rundkørsler, der er anlagt senere. En anden årsag kan være, at rundkørsler anlagt i 1980'erne har et design, der sikkerhedsmæssigt fungerer dårligere end rundkørsler, der er anlagt senere. Et dansk studie viser i øvrigt, at dette faktisk er tilfældet, nemlig at jo yngre rundkørslen er, desto sikrere er den.

Meta-analyserne af tidligere studier viser, at ombygninger af kryds til rundkørsler medfører fald i person- og materielskadeuheld på hhv. 60 og 25%. Den udførte før-efter uheldsevaluering, der er beskrevet i afsnit 3, viser fald i person- og materielskadeuheld på hhv. 47 og 16%. Resultaterne af meta-analyserne og den udførte før-efter uheldsevaluering er i hovedtræk i god overensstemmelse både for overordnede effekter og når der opdeles på by og land, 3 og 4 vejgrene, vigepligts- og signalregulerede kryds, kort og lang sigt, dagslys og mørke, osv. De overordnede effekter er lidt dårligere i den udførte før-efter uheldsevaluering. Det kan skyldes de mange cykeluheld i danske rundkørsler og den udprægede brug af det åbenbart farligste design for cyklister, nemlig cykelbaner langs ydersiden af cirkulationsarealet. Hvis man udelader uheld med cyklister i den udførte før-efter uheldsevaluering findes, at ombygninger af kryds til rundkørsler medfører fald i person- og materielskadeuheld på hhv. 62 og 24%, hvilket i praksis er det samme som tidligere studier har vist. Man kunne overveje at gøre, som Tyskland vistnok allerede har gjort, nemlig at forbyde cykelbaner i rundkørsler.

5. Konklusion

Ombygninger af kryds til rundkørsler giver sikkerhedsmæssige gevinster. Gevinsterne er meget beskedne, hvor den højeste hastighedsbegrænsning på vejene hen til rundkørslen er under 60 km/t, mens gevinsterne er særdeles markante på veje med hastighedsbegrænsninger over 70 km/t. Der ses også gode effekter ved 60-70 km/t. Omkring 40-45% af de kryds, der ombygges til rundkørsler, er beliggende, hvor vejene har hastighedsbegrænsninger under 60 km/t, men disse ombygninger kan næppe betale sig set ud fra en samfundsøkonomisk betragtning med de nuværende måder at designe rundkørslerne på. Det er særligt påkrævet at ændre rundkørselsdesignet med hensyn til cykelfaciliteter, midterøens udseende, sekundærheller i vejgrene og cirkulationsarealets bredde. Der vil kunne opnås store sikkerhedsmæssige gevinster for cyklister ved hhv. at fjerne cykelbaner i rundkørsler og at etablere separate cykelstier, hvor cyklister pålægges vigepligt ved krydsning af vejgrene.

Evalueringen viser tillige, at ombygninger af kryds til flersporede rundkørsler med 3 vejgrene fører til væsentlig dårligere trafiksikkerhed. Det må frarådes at etablere flersporede rundkørsler med 3 vejgrene, hvis ikke der meget radikalt ændres på designet. Det kunne fx være at udføre disse som turborundkørsler efter hollandsk forbillede.

Referencer

Elvik, R. (2001): Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. *Accident Analysis and Prevention*, vol. 33, pp. 327-336.

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

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