

Trafiksikkerheds- beregninger og ulykkesbekæmpelse

Håndbog

August 2015



Vejdirektoratet



Titel

Håndbog trafik sikkerhedsberegninger
og ulykkesbækæmpelse

Dato:

August 2015

Foto:

Vejdirektoratet

Tryk:

Vejdirektoratet

Oplag:

500

ISBN (NET):

978-87-93184-68-8

ISBN:

978-87-93184-69-5

Copyright:

Vejdirektoratet, 2015

Rapporten er gratis, og kan rekvireres hos [Birgitte Støckel](#).

Indhold

Forord	5
1. Indledning	6
1.1 Trafiksikkerhed og ulykkesbekæmpelse	6
1.2 Læsevejledning	8
2. Definitioner og data	10
2.1 Trafikulykker	10
2.2 Vejnettet	13
2.3 Datakilder	16
3. Beregningsmetoder	18
3.1 Trafikulykker og statistik	18
3.2 Ændringer i ulykkestal	19
3.3 Regressionseffekt	21
3.4 Risikomål	22
3.5 Ulykkesmodeller	25
3.6 Sekundære sikkerhedsparametre	30
4. Udpegning af ulykkesbelastede steder	32
4.1 Udpegning af sorte pletter	32
4.2 Udpegning af kryds	33
4.3 Udpegning af strækninger	33
4.4 Udpegning af grå strækninger	34
4.5 Udpegning af temaer	34
4.6 Kvadratnet	35
5. Ulykkesanalyse	36
5.1 Detailanalyse	36
5.2 Temaanalyse	48
5.3 De menneskelige faktorer og trafiksikkerhed	50
6. Løsningsforslag	52
6.1 Valg af løsning	52

7. Forhåndsvurdering af sikkerhedseffekt	56
7.1 Ombygninger	56
7.2 Regressionseffekt	64
7.3 Nyanlæg	67
8. Før-efter-evaluering af trafikikkerhedstiltag	68
8.1 Metoder til før-efter-evaluering	68
8.2 Metoder til korrektion for regressionseffekt	71
8.3 Korrektion for trafikudvikling	74
8.4 Evaluering af hastighedsmålinger	75
8.5 Statistiske tests	75
9. Samfundsøkonomisk analyse	79
9.1 Prioritering	79
9.2 Økonomisk før-efter-evaluering	83
Bilag 1 ap-værdier	86
Bilag 2 Eksempel på besigtigelseskema	90
Bilag 3 Problem- og løsningstabel	92

Forord

I Danmark har man i adskillige årtier arbejdet målrettet med trafiksikkerhed. Den viden og de erfaringer, som er gjort i gennem årene, er i stor udstrækning opsamlet i rapporter og anden litteratur. Det gælder både de statistiske metoder til udpegning af ulykkesbelastede lokaliteter, værktøjer og metoder til ulykkesanalyser og undersøgelser af specifikke foranstaltningers sikkerhedsmæssige effekt.

Det er først med denne håndbog, at der på dansk foreligger en samlet fremstilling af metoder til ulykkesbekæmpelse og dens forudsætninger.

Håndbogen udgør sammen med håndbogen Effekter af vejtekniske virkemidler en værktøjskasse til brug for det ulykkesbekæmpende arbejde.

Håndbogen giver en indføring i nyttige metoder og værktøjer til systematisk ulykkesbekæmpelse.

Målgruppen for håndbogen er fagfolk, der arbejder med trafiksikkerhed i kommuner, i Vejdirektoratet eller hos rådgivere.

Håndbogen er udarbejdet af rådgiverfirmaet Trafitec for Vejdirektoratet.

God læselyst

1. Indledning

Håndbog i trafiksikkerhedsberegninger og ulykkesbekæmpelse er en håndbog, der samler den eksisterende viden om, hvordan man systematisk arbejder med vejtekniske tiltag til ulykkesbekæmpelse.

1.1 Trafiksikkerhed og ulykkesbekæmpelse

Trafiksikkerhedsarbejdet kan overordnet set opdeles i tre forskellige indsatsområder:

- Påvirkning af trafikanternes adfærd, fx via lovgivning, kampagner og kontrol
- Forbedring af køretøjerne via bedre køretøjssikkerhed
- Forbedring af vejene

Nærværende håndbog fokuserer alene på vejene – også kaldet det *stedbundne trafiksikkerhedsarbejde*.

Ulykkesbekæmpelse baserer sig på en formodning om, at de allerede stedfundne ulykker er en brugbar indikator for, hvor der også fremover vil ske ulykker – herunder hvor mange ulykker der vil ske, og hvilken type ulykker der vil være tale om. Der hvor ulykkerne hidtil er indtruffet med en vis hyppighed og regelmæssighed, må man forvente, at tilsvarende ulykker fortsat vil ske, såfremt man ikke foretager sig noget for at modvirke det. Udpegning og udbedring af sorte pletter er et typisk eksempel på ulykkesbekæmpelse.

I Danmark optager politiet årligt rapport på ca. 11.000 trafikulykker med personskaade eller materielskaade. Ulykkesforekomsterne er til en vis grad præget af tilfældighed, men på nogle lokaliteter ser man en systematisk ophobning af ulykker. En metodisk tilgang til at udpege disse steder og udarbejde løsningsforslag samt at rangordne projekterne, så man starter med de mest rentable, kræver, at ulykkesbekæmpelsen foregår systematisk.

Systematisk ulykkesbekæmpelse betyder, at man går systematisk frem, når man:

- Vælger, hvilke ulykkesproblemer man vil forsøge at løse (ved at koncentrere indsatsen om de mange ulykker og de ulykker som med stor sandsynlighed vil gentage sig, hvis man ikke gør noget)
- Udarbejder løsningsforslag (ved at løse de konstaterede problemer ud fra en analyse af de stedfundne ulykker)
- Vælger blandt de udarbejdede løsningsforslag (ved at effektivere og prioritere løsningerne efter faste, ensartede kriterier).

I det stedbundne trafiksikkerhedsarbejde er der to overordnede strategier:

Ulykkesbekæmpelse

At bruge viden om stedfundne ulykker til at foretage ændringer på vejnettet for at forhindre tilsvarende ulykker i fremtiden. Det kan fx være ved ombygninger af ulykkesbelastede kryds.

Ulykkesforebyggelse

At bruge viden om generelle trafiksikkerhedsproblemer og -løsninger, så ulykker kan forebygges generelt set på vejnettet. Det kan fx være massetiltag, uddannelse, kampagner og vejregler.



Der skelnes mellem en række varianter af den systematiske ulykkesbekæmpelse. Varianterne adskiller sig primært fra hinanden ved den måde, hvorpå man vælger, hvilke ulykkesproblemer man vil analysere og forsøge at løse. De mest almindelige er:

- Udvælgelse efter geografisk koncentration (typisk sorte pletter eller grå strækninger, altså lokaliteter, som er særligt ulykkesbelastede)
- Udvælgelse efter tema (fx ulykker med faste genstande, ulykker med cyklister, frontalkollisioner)
- Udvælgelse efter tiltag (et konkret sikkerhedsbekæmpende tiltag, fx rumleriller, ønskes implementeret og potentielle lokaliteter, hvor tiltaget forventes at have effekt, skal findes)

Ulykkesforebyggelse handler om at anvende vores viden om generelle trafiksikkerhedsproblemer og løsninger, så ulykker på vejnettet kan forebygges. Det gælder både ved ombygning af eksisterende veje og ved anlæg af nye. Den anvendte viden til ulykkesforebyggelse stammer fra forskning og ikke mindst fra praktiske erfaringer opnået gennem det ulykkesbekæmpende arbejde.

Trafiksikkerhedsrevision er et værktøj til systematisk ulykkesforebyggelse. Her anvendes eksisterende viden om trafiksikkerhed på nye projekter så nyanlæg og ombygninger udføres så sikre som muligt.

Trafiksikkerhedsinspektion er en systematisk gennemgang af eksisterende veje. Målet er at afdække forhold, som er til fare for trafikanterne, samt at komme med forslag til hvordan trafiksikkerheden kan forbedres på inspicerede lokaliteter.

Ulykkesforebyggelse dækker også det ikke-stedbundne trafiksikkerhedsarbejde, herunder forskning, uddannelse, kampagner, vejregler mv.

1.2 Læsevejledning

Håndbogen er i hovedtræk opdelt i 2 dele.

Del 1 (Kapitel 2-3) beskriver definitioner af ulykkesdata og vejtrafikdata, metoder til beregning af ulykkesrisiko og andre nødvendige værktøjer i trafiksikkerhedsarbejdet.

Del 2 (Kapitel 4-9) beskriver det trinvis arbejde med systematisk ulykkesbekæmpelse.

Kapitel 4 præsenterer en række metoder til udpegning af ulykkesbelastede steder.

Kapitel 5 og 6 beskriver, hvordan man gennemfører ulykkesanalyser, udpeger ulykkesproblemer og udarbejder vejtekniske løsningsforslag rettet mod de fundne problemer.

Kapitel 7 og 8 beskriver metoder til forhåndsvurderinger og før-efter evalueringer af vejtekniske tiltag.

Kapitel 9 introducerer forskellige måder at udføre relevante samfundsøkonomiske analyser på.

Kapitlerne er så vidt det er muligt suppleret med illustrerende eksempler, og løbende i rapporten findes litteraturreferencer og link til yderligere viden.

Processen i forbindelse med systematisk ulykkesbekæmpelse kan i hovedtræk skitseres som vist herunder. For hver aktivitet henvises til relevante kapitler og afsnit i håndbogen.

I Bilag 1 er de seneste ap-værdier i forbindelse med modellerne til udpegning af ulykkesbelastede steder vist for forskellige typer af kryds og strækninger, dels for person- og materielskadeulykker samlet, dels for personskadeulykker alene (kapitel 4).

Bilag 2 indeholder et eksempel på besigtigelsesskema til brug ved ulykkesanalysen (kapitel 5).

Bilag 3 præsenterer problem- og løsningstabeller for strækninger, kryds og rundkørsler (kapitel 6).

Aktivitet	Henvisning
<i>Udpegning</i> Find ulykkesbelastede steder	Kapitel 4 Bilag 1
<i>Analyse</i> Analyse af ulykker, problemer, hypotese, besigtigelse	Kapitel 5 Bilag 2
<i>Løsningsforslag</i> Idéer til ombygning, forhåndsvurdering	Kapitel 6 Bilag 3
<i>Prioritering</i> Forhåndsvurdering, prioritering og udvælgelse af projekter	Kapitel 7 + 9
<i>Anlæg</i> Udførelse og implementering	-
<i>Evaluering</i> Opfølgning, justering	Kapitel 8



2. Definitioner og data

I dette kapitel beskrives de vigtigste definitioner og begreber indenfor ulykkes- og vejtrafikdata. Det drejer sig om trafikulykker og personskader, trafikparametre og opdelingen af vejnettet i kryds og strækninger (afsnit 2.1–2.2). Sidst i kapitlet angives en række systemer og datakilder, som kan være en hjælp i arbejdet med behandling af ulykkes- og trafikdata (afsnit 2.3).

2.1 Trafikulykker

Normalt betegnes trafikulykker som de ulykker der registreres af politiet, og som dermed indgår i den officielle ulykkesstatistik. For at en ulykke bliver registreret af politiet forudsættes, at ulykken er sket på et offentligt tilgængeligt færdselsareal, og at mindst én af de involverede parter har været kørende. Ulykker på privat grund og eneulykker med fodgængere tæller således ikke som trafikulykker i den officielle ulykkesstatistik.

2.1.1 Politiregistrerede ulykker

Der skelnes mellem politiregistrerede:

- Personskadeulykker
- Materielskadeulykker
- Ekstrauheld

Personskadeulykker er ulykker med personskade (dræbte, alvorligt tilskadekomne eller lettere tilskadekomne). Se afsnit 2.1.2 for definition af personskader.

Materielskadeulykker er ulykker uden personskade.

Politiet har pligt til at optage rapport, hvis:

1. Der er sket personskade ved ulykken.
2. Der er sket materielskade på køretøjer, der skønnes at overstige 50.000 kr. for hvert motorkøretøj eller 5.000 kr. for anden materielskade.
3. Personer, der ikke har fast bopæl i Danmark, er indblandet, og der er fremsat erstatningskrav mod den pågældende.
4. Politiet tilkaldes til en ulykke, hvori personer ansat ved politiet er indblandet.
5. Der efter politiets skøn er udvist en sådan tilsidesættelse af færdselslovgivningen, at dette i sig selv bør give anledning til sigtelse. (Fx hvis ulykken har fundet sted i eller ved et fodgængerfelt, ved ændring af færdselsretning og udsving, i forbindelse med en vigepligtsforseelse – herunder udkørsel fra ejendom, plads, vej med vigelinie og lignende – overhaling, kørsel med for høj hastighed, åbning af vognløb eller undladelse af at respektere færdselstavler).

Det er vigtigt at holde sig for øje, at beløbsgrænserne i punkt 2 kun er ét af kriterierne. I forbindelse med påkørsel af skilte og lignende, så er det grænsen på 5.000 kr., der gælder. Hovedparten af rapporterne i forbindelse med materielskadeulykker optages med baggrund i punkt 5.

Ekstrauheld er en ulykke med materiel skade, hvor politiet ikke har optaget rapport. I forbindelse med ekstrauheld kan der mangle oplysninger om involverede elementer og personer. I politiets terminologi kaldes ekstrauheld ofte "påkørselskort" eller "F-kort".

Det danske trafiksikkerhedsarbejde er baseret på oplysningerne i den officielle ulykkesstatistik, fordi den indeholder de mest detaljerede oplysninger om trafikulykker. Det skal dog bemærkes, at der i forbindelse med indberetningen er nogle ulykkesparametre, der er mindre pålidelige, det gælder fx skønnet hastighed, sele- og hjelmbrug.

Det er oftest person- og materielskadeulykker, der benyttes som datagrundlag i sikkerhedsanalyser. Men lidt afhængig af hvor stort et datamateriale, man har med at gøre, kan ekstrauheld medtages som supplerende materiale til at give et bredere billede af problemerne ved analyse af specifikke steder.

Siden 2003 indrapporteres alle ulykkesoplysninger fra politiet direkte til Vejdirektoratet.

Tabel 1 viser antallet af rapporterede ulykker i den officielle ulykkesstatistik i perioden 2004-2013. I 2013 er antallet af materielskadeulykker med 8.038 det 4. laveste i den viste periode, mens antallet af personskadeulykker med 2.984 er det laveste. I forhold til 2004 er antallet af personskadeulykker mere end halveret.

Tabel 1. Antal ulykker og personskader i perioden 2004-2013 (Vejdirektoratets ulykkesstatistik 2013).

År	Ulykker			Personskader			
	Personskade	Materielskade	I alt	Dræbt	Alvorlig	Lettere	I alt
2004	6.209	9.450	15.659	369	3.561	3.985	7.915
2005	5.412	8.811	14.223	331	3.072	3.516	6.919
2006	5.403	9.177	14.580	306	2.911	3.604	6.821
2007	5.549	9.484	15.033	406	3.138	3.519	7.063
2008	5.020	8.757	13.777	406	2.831	3.092	6.329
2009	4.174	8.111	12.285	303	2.498	2.449	5.250
2010	3.498	7.534	11.032	255	2.063	2.090	4.408
2011	3.525	7.703	11.228	220	2.172	1.867	4.259
2012	3.124	7.906	11.030	167	1.952	1.659	3.778
2013	2.984	8.038	11.022	191	1.891	1.503	3.585

De nyeste ulykkestal kan altid ses på www.vejdirektoratet.dk > statistik.

2.1.2 Dræbte og tilskadekomne

Personskadeulykker er som nævnt ulykker med personskade. For personskader skelnes der mellem:

- Dræbte
- Alvorlig tilskadekomne
- Let tilskadekomne

Dræbte er personer, der er døde som følge af en trafikulykke indenfor 30 dage efter ulykken. Personer der er døde, som følge af en ulykke, men senere end 30 dage efter ulykken, regnes som alvorligt tilskadekomne. Personer der helt sikkert er døde af andre årsager, fx selvmord eller hjer-testop inden ulykken skete, vil blive registreret som uskadte, fordi dødsfaldet ikke var en følge af trafikulykken. Siden 2010 har der været gennemført en udvidet statistik for dødsulykker (DUS), der indeholder mere detaljerede oplysninger end hvad der ellers registreres for trafikulykker.

Definitionen af tilskadekomst er, at der skal være tale om en skade, der kræver egentlig lægelig behandling. Det betyder, at mindre hudafskrabninger og lettere forstuvninger normalt ikke regnes som tilskadekomst i politiets registreringer. I praksis er opdelingen baseret på politiets skøn, evt. efter indhentning af information fra skadestue. Alvorligt tilskadekomne er således personer med knoglebrud, læsioner, hjernerystelse eller lignende, mens let tilskadekomne er personer med lettere skader end dette.

Antallet af personskader registreret i den officielle ulykkesstatistik i perioden fra 2004 til 2013 fremgår af tabel 1. Antallet af tilskadekomne i 2013 med 191 dræbte, 1.891 alvorligt tilskadekomne og 1.503 let tilskadekomne er det laveste registrerede antal personskader siden ulykkesstatistikens start i 1930.

I 2013 var der for hver 100 personskadeulykker gennemsnitlig:

- 6 dræbte
- 63 alvorligt tilskadekomne
- 50 let tilskadekomne

Fordelingen af tilskadekomst afhænger af vej- og ulykkestypen. Eksempelvis vil andelen af dræbte pr. personskadeulykke på de overordnede veje ofte være højere end på øvrige veje, se tabel 2. En medvirkende årsag er, at hastighedsniveauet på de overordnede veje udenfor byområde er højere, og at personskadeulykker i byområder typisk er med lette trafikanter og hvor det kun er den lette trafikant der kommer til skade.

Da det kan være lidt tilfældigt, hvor mange der kommer til skade i hver ulykke, afhængig af antallet af passagerer og ulykkestype, vil variationen for dræbte og tilskadekomne være større end variationen i antallet af ulykker.

Tabel 2. Skadesgrad opgjort som antal dræbte og dræbte + tilskadekomne pr. personskadeulykke i 2009-2013 for forskellige vejtyper (baseret på Vejdirektoratets årsstatistik).

	Dræbte pr personskadeulykke	Dræbte og tilskadekomne pr. personskadeulykke
Motorveje	0,09	1,45
Motortrafikveje	0,15	1,70
Øvrige veje i åbent land	0,11	1,37
Øvrige veje i byer	0,04	1,11

Yderligere beskrivelse af skadesgrad og brugen heraf findes i afsnit 3.4.3.

2.1.3 Mørketal

Langt fra alle trafikulykker kommer til politiets kendskab. Dette kan man bl.a. se ved sammenligning med Landspatientregisteret (LPR), hvor der registreres oplysninger om alle personer, der har været i kontakt med en skadestue. Hvis patienten oplyser, at skaden er trafikrelateret vil sygehuspersonalet kategorisere personskaden som sket i trafikområde.

Sammenholdes politiets ulykkestal med Landspatientregisterets data ses, at politiet kun får kendskab til ca. 9 % af personskaderne i trafikken (Statistikbanken.dk). Det er især personskader blandt lette trafikanter (fodgængere og cyklister), som er underrapporteret i den officielle ulykkesstatistik. Størst underrapportering ses for de lette personskader og i lidt mindre grad for de alvorlige personskader. Alle ulykker med dræbte i trafikken er dog rapporteret af politiet.

Det skal bemærkes, at LPR's definition af trafikrelaterede skader ikke i alle tilfælde passer med ulykkesstatistikens definition. Der er således mange tilfælde, hvor skaden er så let, at den ikke skal registreres som personskade i ulykkesstatistikken, men bliver registreret i LPR.

Det er kun de trafikrelaterede skader som er sket på Fyn der er stedsfæstet i LPR. For skader i resten af landet findes ingen oplysninger om, hvor på vejnettet hændelserne er sket. I LPR er der generelt ikke engang information om, hvilken kommune skaden er sket i.

Yderligere information kan findes via:

- Vejdirektoratets ulykkesstatistik:
www.vejdirektoratet.dk > Statistik > Ulykkestal
- Indberetning af færdselsuheld, Vejledning 2003, Vejdirektoratet, rapport 277
- Statistikbankens officielle trafikulykkesstatistik:
www.statistikbanken.dk > Levevilkår > Trafikulykker
- Ulykkes Analyse Gruppen, Odense Universitets
Hospital: www.ouh.dk

2.2 Vejnettet

2.2.1 Trafiktal

En vigtig parameter i vurderingen af risikoen på en strækning eller i et kryds, er oplysninger om trafikmængden. Derfor er indsamling og bearbejdning af trafiktællinger vigtigt i trafiksikkerhedsarbejdet.

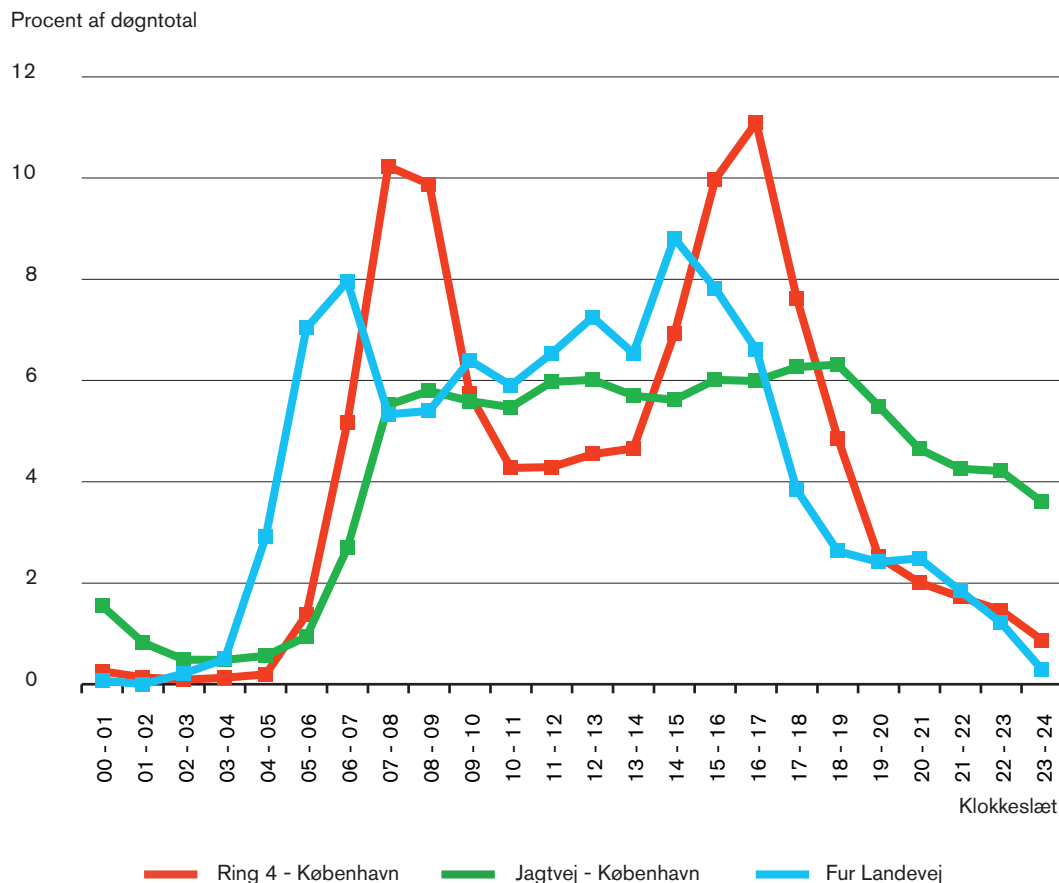
Den mest benyttede trafikparameter til vurdering af risiko er *årsdøgnetrafikken (ÅDT)*. ÅDT på en vejstrækning bestemmes som 1/365 af den samlede trafik i begge retninger på et helt år. I kryds er det den indkørende trafik i alle ben der anvendes i beregningerne.

Blandt andre trafikparametre bør nævnes hverdagsdøgnetrafik, julidøgnetrafik, spidstimetrafik og den 30. største time.

For at bestemme trafikmængden nøjes man ofte med at lave en periodisk tælling. Ved manuelle trafiktællinger tælles fx én dag fra kl 6-18, mens maskinelle tællinger kan strække sig over længere tid, fx 1 uge. Da trafikken varierer hen over døgnet, ugen og året, er det nødvendigt at efterbehandle periodiske trafiktællinger for at få sammenlignelige data. Dette gøres vha. et sæt opregningsfaktorer, der kan korrigere for trafikens variationer over tiden. Opregningsfaktorer kan findes i Vejdirektoratets vejledning i trafiktællinger (2006) eller alternativt i Vejdirektoratets system til efterbehandling af trafiktællinger, *Mastra*. Her kan man fx se, hvordan en trafiktælling foretaget en onsdag i maj måned i tidsrummet mellem kl. 12 og 18 kan opregnes til ÅDT. Opregningsfaktorerne er baseret på data fra en række permanente målestationer fordelt over hele Danmark. Her tælles over hele døgnet alle dage. Opregningsfaktorerne revideres jævnligt ud fra trafikens udvikling. Med adgang til Mastra kan man altid kunne finde de nyeste opregningsfaktorer. Opregningsfaktorerne er senest opdateret i 2009.

Typisk vil en 6-18 tælling udgøre ca. 80 % af døgntrafikken i byområde, mens en morgentimetælling fra kl. 8-9 vil udgøre ca. 8 %. Disse tal dækker dog over store variationer, som afhænger af den konkrete lokalitet. Jo længere tælleperiode der benyttes, jo mere præcis bliver den samlede opregning til ÅDT.

Figur 1. Eksempel på døgnfordeling af trafik på tre forskellige typer veje.



Som det ses af figur 1 kan der være stor forskel i døgnvariationen afhængig af lokaliteten og hvilken type trafik, der kører på vejen. Det er derfor vigtigt at få opregnet så korrekt som muligt til døgntrafik, hvis man kun tæller i få timer. Da trafikken også ændrer sig fra år til år, bør man ligeledes omregne trafiktællinger foretaget forskellige år til samme ÅDT-år. En tælling fra 2014 kan ikke altid sammenlignes med en tælling fra 2006. Trafikken stiger i gennemsnit med 1 - 2 % årligt, dog med stor variation afhængig af vejtype og by/land og region.

For at kunne sammenligne tællinger fra forskellige år bør disse altså korrigeres. Vejledning til dette findes i rapport 315 fra Vejdirektoratet eller ved hjælp af Vejdirektoratets Trafikindeks.

Yderligere information om trafiktællinger og trafikdata findes i:

- Trafikindeks: www.vejdirektoratet.dk > Viden og data > Statistik > Trafikken i tal
- Trafikteknik, Kapacitet og serviceniveau, Vejreglerådet, Vejdirektoratet, 2010. www.vejregler.dk
- Trafiktællinger. Planlægning, udførelse og efterbehandling. Vejledning. Vejdirektoratet, rapport 315, 2006
- Vejtrafik – Trafikteknik & Trafikplanlægning, Kapitel 2. 1994, Polyteknisk Forlag

2.2.2 Opdeling af vejnettet

Når man arbejder med trafiksikkerhed skelnes typisk mellem vejryds og vejstrækninger. Det skyldes, at de konflikter, der opstår, og den måde hvorpå de opstår, er af meget forskellig karakter for kryds og strækninger. Derfor er ulykkesbilledet i kryds og på strækninger forskelligt, og skal ofte bekæmpes med forskellige virkemidler.

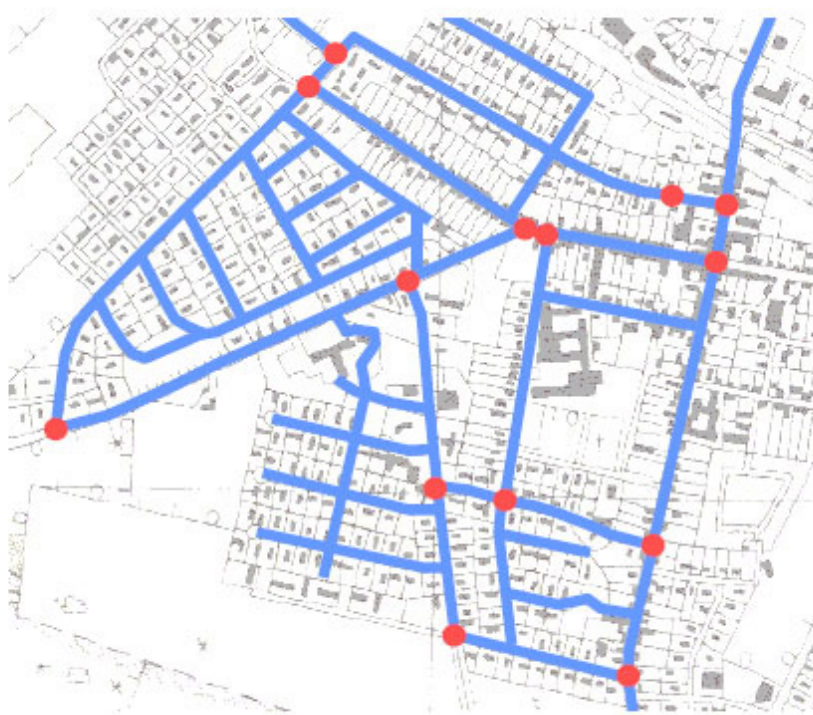
En opdeling på kryds og strækninger er forholdsvis entydig, når man ser på vejnettet i landområder. I byer, hvor der er mange mindre veje og tilslutninger, er grænsen mellem ulykker i kryds og ulykker på strækninger mere flydende. Typisk vil udkørsler fra private ejendomme, parkeringspladser og andre mindre tilslutninger regnes med som en del af strækningen. Kun større kryds betragtes som selvstændige kryds. De ulykker, der sker i forbindelse med overkørsler el.lign., betragtes da som ulykker sket på strækningen.

Figur 2 viser et eksempel på en opdeling af vejnettet i kryds og strækninger for et mindre byområde. Kun de vigtigste veje er taget med i nettet, som udgør det analysevejnet, man typisk vil benytte i en trafiksikkerhedsanalyse.

Yderligere information om planlægning af veje og stier kan findes i:

- Håndbog i Trafikplanlægning i byer, Vejregler, Vejdirektoratet
- www.vejregler.dk
- Håndbog, Planlægning af veje og stier i åbent land, Vejregler, Vejdirektoratet 2012, www.vejregler.dk

Figur 2. Eksempel på opdeling af vejnettet i kryds og strækninger.



2.3 Datakilder

2.3.1 Vejman.dk

Vejman.dk er et af flere vejforvaltningssystemer udviklet specifikt til de danske veje, og bygger på et samarbejde tilbage til 1970'erne mellem Vejdirektoratet og kommunerne (og tidligere amterne). Systemet indeholder vej- og trafikoplysninger for alle statens veje samt oplysninger om vejene for de 61 kommuner, som i 2014 er med i vejman.dk. Samtidig er den centrale registrering af ulykkesoplysninger for *alle* veje placeret i vejman.dk.

Det er i vejman.dk, at ulykker bliver stedfæstet. Stedfæstelsen sker i vejman.dk's kortmodul, hvor ulykkesstedet udpeges på kortet. Dette gælder uanset, om kommunen har sit vejnet med i vejman.dk eller ej. Har kommunen sit vejnet med i vejman.dk overføres oplysningerne om administrative vejnumre til stedfæstelsen, ellers må man indtaste oplysningerne manuelt. Har man også vej- og trafikoplysninger i vejman.dk, kan man kombinere disse oplysninger med ulykkesinformationerne. Der er mulighed for at få vist ulykkerne på kort og adgang til udskrift af diverse ulykkesoversigter, hvis kommunen har et ulykkesabonnement. Adgang til vejman.dk kræver brugernavn og adgangskode.

2.3.2 Mastra

Mastra består af en database med trafikregistreringer samt detaljerede oplysninger om bl.a. målesteder, køretøjsarter og de forskellige måleapparater og målekonfigurationer anvendt til konkrete tællinger. Nøgletal fra samtlige Mastrabrugere (Vejdirektoratet og de kommuner, der har adgang til Mastra) overføres automatisk til den landsdækkende nøgletalsdatabase, som bl.a. indeholder årsdøgn, hverdagsdøgn, julidøgn, Æ10-tal, lastbiltrafik og gennemsnitshastighed. Tilsvarende vejman.dk giver Mastra mulighed for databehandling via internettet. Adgang til Mastra kræver brugernavn og adgangskode.

Mastra danner også baggrund for overførsel af trafiktal til vejman.dk

2.3.3 RoSy

Et andet udbredt vejforvaltningssystem er RoSy fra Grontmij. I RoSy er der, ligesom i vejman.dk, vej- og trafikoplysninger for den enkelte kommune. Systemet kan integreres med ulykkesdata fra vejman.dk via overførsel af ulykkesoplysninger.

2.3.4 Andre muligheder

Ulykkestal

På internettet findes der flere muligheder for at indhente oplysninger om ulykkestal og statistik. Da data om de enkelte ulykker er personfølsomme, er de offentligt tilgængelige ulykkestal på et mere overordnet niveau, dvs. hovedsagelig opgørelser af totalsummer for forskellige kategorier. Det er således generelt ikke muligt at finde ulykkesdata for en given strækning eller et givent kryds.

På vejdirektoratet.dk offentliggøres de seneste ulykkestal. Der findes en månedsstatistik, en kvartalsstatistik og en årsstatistik. *Månedsstatistikken* opdateres én gang månedligt, og her kan man samtidig se udviklingen i ulykker og personskader over den seneste årrække. *Kvartalsstatistikken* opdateres, når de endelige tal fra et kvartal foreligger fra politiet. Der sammenholdes med statistikken for ulykker og personskader i det tilsvarende kvartal året før. *Årsstatistikken* er mere avanceret, idet man via den *interaktive årsstatistik* kan få adgang til information om ulykker, dræbte og tilskadekomne fordelt på stats- og kommuneveje fra 1998 og frem til seneste endelige ulykkesår. Her kan man fx vælge at få vist fordelingen for forskellige vejtyper, by/land, kryds/strækninger samt at se oplysninger om ulykker for forskellige trafikantgrupper eller kommuner. Det er muligt selv at sammensætte de ulykkesoplysninger man har brug for, og resultaterne kan vises som tabeller. Den interaktive ulykkesstatistik udbygges løbende.

Ligesom Vejdirektoratet har Danmarks Statistik og Rådet for Sikker Trafik på deres hjemmesider en opgørelse af seneste års ulykker på et overordnet niveau.

Trafiktal

På internettet findes der også mulighed for at indhente oplysninger om trafiktal og trafikstatistik. Ligesom for ulykker er de trafiktal, man finder via internettet, på et relativt overordnet niveau. Udviklingen i hastighed for person- og varebiler fordelt på syv forskellige vejtyper offentliggøres hver måned på vejdirektoratet.dk (Hastighedsbarometeret). Her kan også ses andelen af overtrædelser af hastighedsgrænsen. Udviklingen måned for måned kan findes tilbage til 2002. Hvert kvartal offentliggøres endvidere en række trafikindikatorer for vej- og lastbiltrafikken og udviklingen sammenholdes med samme kvartal året tidligere.

Derudover findes der statistik for årsdøgntrafik (ÅDT), fra 1998 og frem, for en række centrale vejstrækninger i Jylland, på Fyn, Sjælland og øerne, på færgeruter, broer, tunneller samt i Hovedstadsområdet.

Ulykkesdata og -statistikker kan findes via:

- www.vejdirektoratet.dk > Viden og Data > Statistik > Ulykkestal
- Danmarks Statistik: www.statistikbanken.dk
- Rådet for Sikker Trafik: www.sikkertrafik.dk

Trafikdata og -statistikker kan findes via:

- www.vejdirektoratet.dk > Viden og Data > Statistik > Trafikken i tal
- Hastighedsbarometer: www.vejdirektoratet.dk > Viden og Data > Statistik > Trafikken i tal > Hvor hurtigt kører vi?



3. Beregningsmetoder

Dette kapitel introducerer en række af de værktøjer og beregningsmetoder, der er nødvendige i trafiksikkerhedsarbejdet.

Indledningsvis beskrives hvordan trafiksikkerhed kan måles, hvad ændringer i ulykkestallet betyder og fænomenet regressionseffekt introduceres (afsnit 3.1 - afsnit 3.3). De mest benyttede mål for ulykkesrisiko på vejene beskrives og eksemplificeres og ulykkesmodeller for kryds, strækninger og rundkørsler præsenteres sammen med eksempler på beregning af ulykkestætheder vha. model-lerne (afsnit 3.4 og 3.5). Sekundære sikkerhedsparametre (som fx hastighed) beskrives kort sidst i kapitlet (afsnit 3.6).

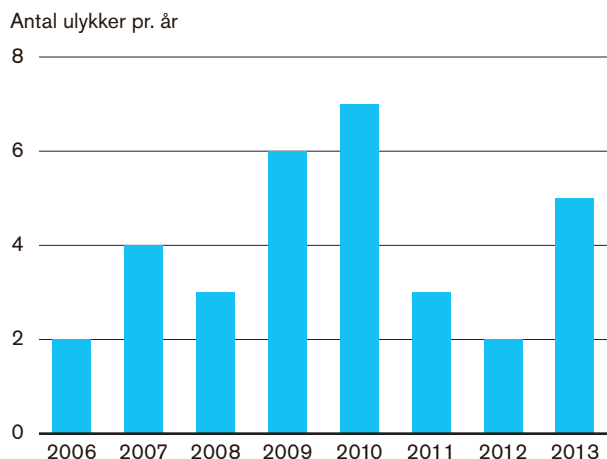
Det skal bemærkes, at flere af de værktøjer og beregningsmetoder der præsenteres uddybes i kapitel 7 og 8.

3.1 Trafikulykker og statistik

Trafikulykker er heldigvis ikke en hverdagshændelse for den enkelte trafikant. Ud fra en gennemsnitsbetragtning skal man som bilist køre flere millioner kilometer, før man bliver involveret i en ulykke. De ulykker der sker, er altså sjældne i forhold til mængden af fx kørte kilometer, eller antal rejste minutter i trafikken.

Det, at en ulykke indtræffer, er til en hvis grad præget af tilfældigheder. Ses fx på antallet af ulykker i et kryds over en årrække vil man ofte observere store variationer fra år til år, uden at der er sket fysiske ændringer i krydset eller i trafikmængden, se figur 3.

Figur 3. Eksempel på variationen i antallet af ulykker fra år til år i et kryds.



Den markante forbedring i trafiksikkerheden, som vi har set gennem det seneste årti, betyder, at statistiske analyser af ulykkesdata bliver mere usikre, fordi datagrundlaget i form af ulykker og personskader er blevet mindre og mere diffust.

Men hvordan måles trafiksikkerheden så på strækninger og i kryds, når ulykkerne sker så sjældent? Det kan være relativt svært. Ofte er man i den situation, at man ikke kan påvise forskelle i ulykkesrisikoen, når man sammenligner forskellige typer af veje og kryds. Eller at man ikke kan

påvise nogen sikkerhedsmæssig effekt af en ombygning, alene fordi der er sket for få ulykker. Hvis der ét år er sket 2 ulykker og i det efterfølgende år er sket 5 ulykker, betyder det således ikke nødvendigvis, at krydset er blevet mere farligt, eller at ulykkesrisikoen er steget. Ændringen kan alene være et udtryk for tilfældigheder.

I eksemplet i figur 3 er det svært at sige, om sikkerhedsniveauet er blevet bedre eller dårligere i løbet af de 8 år, som figuren dækker. Afhængig af hvilken periode man har valgt at se på, kan man observere forskellige udviklinger. Vælger man fx at se på perioden 2009-2012, ser man en meget positiv udvikling, idet antallet af ulykker er stærkt faldende. Ses i stedet for på perioden 2006-2010 registreres en stigning i antallet af ulykker. Begge perioder har dog et gennemsnitligt antal ulykker pr. år på ca. 4,5 og ses alle 8 år under ét, fås et gennemsnitligt antal ulykker pr. år på 4,0.

Antallet af registrerede ulykker eller antallet af tilskadekomne personer indenfor en bestemt periode er resultatet af en kompleks proces. I arbejdet med trafiksikkerhed er der derfor to problemer tilknyttet brugen af politiregistrerede ulykker. Det er dels underreporteringen af ulykker, som nævnt i afsnit 2.1.3 (Mørketal), dels den tilfældige variation i antallet af politiregistrerede ulykker.

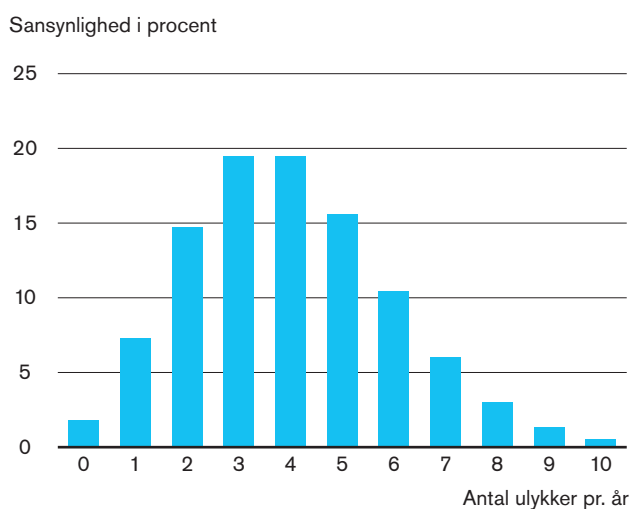
3.2 Ændringer i ulykkestal

Generelt siger man, at antallet af ulykker kan antages at følge en Poissonfordeling eller - mere korrekt - en Negativ Binomialfordeling. Begge fordelinger er såkaldte statistiske fordelinger, der kan beskrive en forventning om antal hændelser. Poissonfordelingen anvendes typisk i forbindelse med tilfældige hændelser, fx den tid der går mellem de enkelte ankomster til et kasseapparat i et supermarked. De to fordelings typer er nært beslægtet, idet Poissonfordelingen er et specialtilfælde af den Negative Binomialfordeling. I praksis anvendes oftest Poissonfordelingen, da den beregningsmæssigt er nemmere at arbejde med.

Figur 4 viser en Poissonfordeling med en middelværdi på 4. I et kryds med gennemsnitlig 4 ulykker om året, vil antallet af ulykker pr. år kunne antages at følge den viste fordeling.

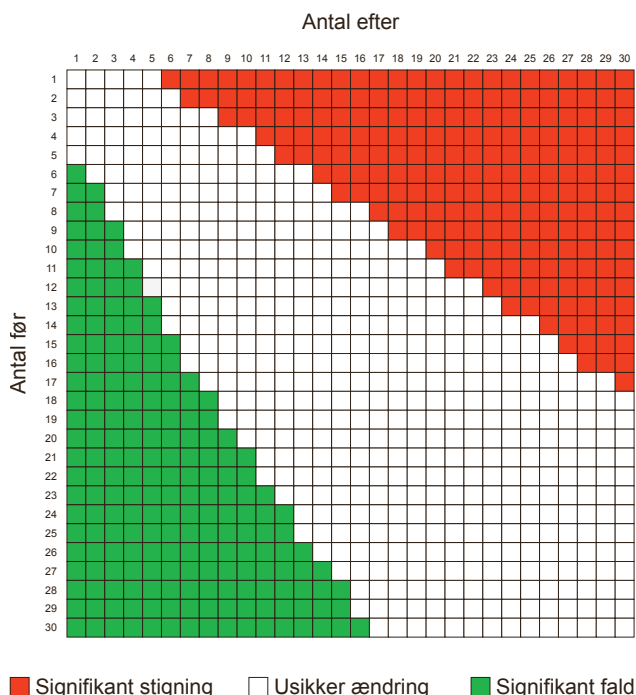
Det ses, at i et kryds, hvor der gennemsnitlig sker 4 ulykker om året, vil variationen fra år til år være ganske stor (figur 4). Selvom middelværdien er 4 er der faktisk under 20 % sandsynlighed for, at der sker netop 4 ulykker om året. Der er lige så stor sandsynlighed for, at der sker 3 ulykker, og sandsynligheden for 2 ulykker er ca. 15 %. Det betyder altså, at man rent statistisk kan forvente forholdsvis store variationer i ulykkestallene. Dette bør man have in mente, når man laver ulykkesanalyser eller andre vurderinger af trafiksikkerheden baseret på antallet af registrerede ulykker på enkelte lokaliteter. Vurderingerne bør derfor normalt baseres på en flerårig periode.

Figur 4. Sandsynlighed for antal ulykker pr. år i et kryds hvor den gennemsnitlige ulykkestæthed er 4 (Poissonfordeling med en middelværdi på 4).



Til en hurtig vurdering af, hvornår man med rimelig statistisk sikkerhed kan sige, om der er tale om en reel ændring (et egentlig fald, eller en egentlig stigning) i antal ulykker, kan man bruge figur 5, også kaldet "det italienske flag". Figuren kan bruges, hvis man observerer en ændring i ulykkestalene over tid. Det kan fx være, at der på en lokalitet pludselig sker 8 ulykker på 2 år, sammenholdt med blot 3 ulykker de foregående 2 år. Er det en signifikant ændring? Ud fra figuren ses, at stigningen (fra 3 til 8 ulykker) ikke er en signifikant ændring, og at der generelt skal store ændringer til, før de kan betegnes som signifikante. Ofte vil ændringer i ulykkestal være usikre (det hvide område i figuren).

Figur 5. "Det italienske flag". Metode til hurtig vurdering af, hvornår man med rimelig statistisk sikkerhed kan sige, om der er tale om en reel ændring (et egentlig fald, eller en egentlig stigning).



Da både ulykker og personskader følger samme statistiske fordeling, kan det italienske flag bruges for begge.

Figuren er en simplificeret metode, hvor "alt andet" end ulykker i tilknytning til lokaliteten er status quo, dvs., at lokaliteten er uændret, trafikken er den samme og den generelle ulykkesudvikling uden betydning. "Alt andet" er dog meget sjældent status quo, og i kapitel 7 og 8 beskrives mere detaljeret, hvorledes ændringer i ulykkestal kan behandles og vurderes, når der tages højde for disse forhold.

Vil man undersøge om et forventet ulykkestal (fx beregnet ud fra en ulykkesmodel) er signifikant forskellig fra det observerede antal ulykker, benyttes ofte andre metoder, og der henvises til supplerende litteratur.

Yderligere information kan findes i:

- Håndbog, Trafiksikkerhed. Effekter af vejtekniske virkemidler, 2. udgave, Rapport 507, Vejdirektoratet 2014
- Trafiksikkerheshåndboken, 4. udgave, Transportøkonomisk institut, TØI, Norge, 2012
- TØI, Norge, 2012: <http://tsh.toi.no/files/trafikksikkerheshandboken.pdf>
- Vejtrafik – Trafikteknik & Trafikplanlægning. 1994, Polyteknisk Forlag

3.3 Regressionseffekt

Som beskrevet i afsnit 3.1 er trafikulykker i et vist omfang præget af tilfældigheder, og det kan derfor være svært at måle det reelle ulykkesniveau på en lokalitet. Trafiksikkerhedstiltag implementeres ofte på steder, hvor der over en flerårig periode er registreret mange trafikulykker – helt eller delvist grundet tilfældigheder.

Ønsker man eksempelvis at vurdere den sikkerhedsmæssige effekt af en ombygning af et kryds, der er udpeget på basis af en sortpletudpegning, optræder det fænomen, der kaldes regressionseffekten. Regressionseffekten er et udtryk for, at et kryds kan være udpeget som en sort plet i en periode, hvor der måske tilfældigvis er sket mange ulykker i krydset. Hvis man lod krydset ligge uberørt, ville man i den efterfølgende periode måske se en reduktion i antallet af ulykker. I et før-/efterstudie af effekten af krydsombygningen vil antallet af ulykker i førperioden derfor være kunstigt høj, hvorfor det er nødvendigt at tage højde for regressionseffekten. Udelades det at korrigere for regressionseffekten, vil effekten af tiltaget blive vurderet højere, end den reelt er.

I kapitel 7 og 8 beskrives mere detaljeret, hvorledes der tages højde for regressionseffekten i forbindelse med forhåndsvurderinger og før-efter-evalueringer af sikkerhedseffekten.

Yderligere information kan findes i:

- Håndbog – Trafiksikkerhed. Effekter af vejtekniske virkemidler, 2. udgave, Rapport 507, Vejdirektoratet 2014
- Trafiksikkerhedshåndboken, 4. udgave, Transportøkonomisk institut, TØI, Norge, 2012. <http://tsh.toi.no/files/trafikksikkerhetshandboken.pdf>
- Evaluering af trafiksikkerhedstiltag – en vejledning. DTU Transport, marts 2011
- Effektkatalog. Viden til bedre trafiksikkerhed. Trafitec, 2008.



3.4 Risikomål

Der findes flere forskellige måder at vurdere ulykkesrisiko på. Generelt gælder det, at man prøver at sætte antallet af risikorelaterede hændelser i forhold til de mulige eksponeringer.

Det kan i princippet udtrykkes som: $\text{Risiko} = \text{Hændelser} / \text{Eksponering}$

Hændelser kan fx være:

- Ulykker
- Tilskadekomst
- Konflikter

Eksponering kan fx være:

- Vejlængde
- Trafikarbejde
- Persontransportarbejde
- Antal rejser
- Tidsperiode
- Population

De mest benyttede mål for risikoen på vejene er ulykkestæthed, ulykkesfrekvens, skadestæthed, skadesfrekvens og helserisiko.

Ulykkestæthed: Ulykkestætheden bruges i tilknytning til vejkryds eller vejstrækninger og udtrykker *antal ulykker pr. tidsenhed* for kryds og *antal ulykker pr. længde- og tidsenhed* for strækninger.

Ulykkesfrekvens: Ulykkesfrekvensen bruges ligeledes om vejkryds eller vejstrækninger og udtrykker *antal ulykker i forhold til trafikmængden*.

Skadestæthed: Skadestætheden udtrykker *antal personskader pr. tidsenhed* for kryds og *antal personskader pr. længde- og tidsenhed* for strækninger.

Skadesfrekvens: Skadesfrekvensen udtrykker *antal personskader i forhold til trafikmængden*.

Helserisiko: Helserisikoen bruges for større regionale eller nationale områder. Helserisikoen udtrykker antallet, af fx dræbte og tilskadekomne, i forhold til indbyggertallet, og giver mulighed for at måle risiko på tværs af fx lande og sektorer (sundhedssektor, trafiksektor mv.). I følge den interaktive årsstatistik var helserisikoen i 2013 for vejtrafik i Danmark 0,34 trafikdræbte pr. 10.000 indbygger.

I den engelsksprogede verden hersker der ikke fuldstændig konsensus om terminologien vedrørende *ulykkestæthed* og *ulykkesfrekvens*. Man skal desuden være opmærksom på, at en direkte oversættelse af den danske terminologi til engelsk kan give anledning til fejl og misforståelser.

Accident frequency er den normalt anvendte engelske betegnelse for *ulykkestæthed*. *Accident frequency* ses undertiden også anvendt om ulykkesfrekvens.

Accident rate er den normalt anvendte engelske betegnelse for *ulykkesfrekvens*. *Accident rate* ses undertiden også anvendt om andre typer risikomål (antal ulykker i forhold til en eksponering, som ikke nødvendigvis er trafikarbejdet).

Accident density benyttes undertiden om *ulykkestæthed*.

Til vurderinger af trafiksikkerheden på et lokalt vejnet bruges ulykkestætheden eller ulykkesfrekvensen. Her kan antallet af hændelser være:

- Personskadeulykker
- Personskadeulykker + materielskadeulykker
- Personskader

Den valgte ulykkesperiode bør være mindst 3 år, men helst 5 år for at minimere påvirkningen fra tilfældige variationer.

I det efterfølgende beskrives, hvordan ulykkestæthed og ulykkesfrekvens beregnes for kryds og strækninger.

3.4.1 Ulykkestæthed

Ulykkestætheden angiver som nævnt antal ulykker pr. tidsenhed og evt. pr. længdeenhed. Strækninger eller kryds med høj ulykkestæthed er altså steder på vejnettet, hvor der er sket mange ulykker.

Kryds

For kryds beregnes ulykkestætheden som antal ulykker pr. år i krydset.

Strækninger

$$\text{UHT}_{\text{Kryds}} = \frac{\text{Antal ulykker}}{\text{Antal år}}$$

Eksempel:

I et kryds med 7 ulykker på 4 år bliver ulykkestætheden således:

$$\text{UHT}_{\text{Kryds}} = \frac{7 \text{ ulykker}}{4 \text{ år}} = 1,75 \text{ ulykker pr. år}$$

For vejstrækninger beregnes ulykkestætheden som antal ulykker pr. km vejstrækning pr. år.

$$\text{UHT}_{\text{Strækning}} = \frac{\text{Antal ulykker}}{\text{Km vejstrækning} \cdot \text{Antal år}}$$

Eksempel:

En 5,5 km vejstrækning med 14 ulykker over en 3 årig periode har således en ulykkestæthed på:

$$\text{UHT}_{\text{Strækning}} = \frac{14 \text{ ulykker}}{5,5 \text{ km} \cdot 3 \text{ år}} = 0,85 \text{ ulykker pr. km. pr. år}$$

I Vejdirektoratets interaktive årsstatistik for trafikulykker er det muligt at udtrække tætheder og frekvenser fordelt på år, region, kommune og politikreds (www.vejdirektoratet.dk). Frekvenser kan dog kun vises for statsveje, da trafikoplysningerne generelt mangler for kommunevejene.

3.4.2 Ulykkesfrekvens

Ulykkesfrekvensen viser antal ulykker i forhold til den trafik, der er på vejnettet. Steder med høj ulykkesfrekvens er altså steder, hvor der sker mange ulykker i forhold til trafikmængden.

Kryds

Ulykkesfrekvensen for kryds beregnes som antallet af ulykker pr. 1 million indkørende køretøjer i krydset:

$$UHF_{Kryds} = \frac{\text{Antal ulykker}}{\text{Antal indkørende køretøjer} \cdot 10^6}$$

Eksempel:

I et 3-benet kryds med 7 ulykker på 4 år, hvor ÅDT er 3000 i primærretningen og ÅDT er 1700 i sekundærretningen, bliver ulykkesfrekvensen:

$$UHF_{Kryds} = \frac{7 \text{ ulykker}}{(3000 \text{ ktj} + \left(\frac{1700 \text{ ktj}}{2}\right) \cdot 365 \text{ dage} \cdot 4 \text{ år}) 10^6} = 1,25 \text{ ulykker pr. 1 mio. indkørende}$$

Bemærk, at ulykkesfrekvensen i kryds beregnes på baggrund af antallet af *indkørende* køretøjer i krydset. I et 3-benet kryds medregnes derfor kun halvdelen af ÅDT på sidevejen som indkørende.

Strækninger

Ulykkesfrekvensen for vejstrækninger beskriver antal ulykker pr. million kørte kilometre, dvs. ulykkesfrekvensen bliver:

$$UHF_{Strækning} = \frac{\text{Antal ulykker}}{\text{Trafikarbejdet}} \cdot 10^6, \text{ hvor trafikarbejdet er vognkilometer.}$$

Eksempel:

En 5,5 km vejstrækning med 14 ulykker over en 3 årig periode og med en ÅDT (årsdøgntrafik) på 5700 har således en ulykkesfrekvens på:

$$UHF_{Strækning} = \frac{14 \text{ ulykker}}{5700 \text{ ktj} \cdot 365 \text{ dage} \cdot 3 \text{ år} \cdot 5,5 \text{ km}} \cdot 10^6 = 0,41 \text{ ulykker pr. 1 mio. kørte vognkilometer}$$

3.4.3 Skadesgrad

Skadesgraden beskriver alvorligheden af en ulykke. Her bruges antallet af dræbte og tilskadekomne som et mål for trafiksikkerheden. Hvis fx antallet af personskadeulykker før og efter en vejombygning er uændret, kan skadesgraden være med til at belyse forskelle i sikkerhedsniveauet, som antallet af ulykker ikke kan sige noget om.

Skadesgraden kan også udtrykke antallet af personskader pr. personskadeulykke eller antallet af dræbte pr. personskadeulykke. Dette kan bruges til at vurdere om nogle typer af ulykker er alvorligere end andre. Mødeulykker vil fx have flere dræbte pr. ulykke end ulykker med parkerede biler.

Skadesgraden bruges bl.a. i tilknytning til effektundersøgelser. Eksempelvis er effekten af ombygning af kryds til rundkørsler i Danmark opgjort til et fald i personskadeulykker på 47 %, et fald i materielskadeulykker på 29 % og en stigning i ekstraueheld på 25 %. Samlet set faldt antallet af ulykker 27 %. Effekten af ombygning på personskader medførte et faldt på 60 %, hhv. 87 % på dræbte, 58 % på alvorlige skader og 59 % på lette skader. Skadesgraden i form af antallet af personskader pr. personskadeulykke faldt fra 1,45 til 1,11. Så færre ulykker og mindre alvorlige ulykker og personskader (Sikkerhedseffekter af rundkørsler, Trafitec, 2012).



3.5 Ulykkesmodeller

En ulykkesmodel er et matematisk udtryk, der kan beskrive, hvordan antallet af ulykker systematisk afhænger af forskellige variable som fx trafikmængden og vejens udformning. Ulykkesmodeller benyttes til at beregne et forventet antal ulykker. Sorte pletter er steder, hvor det observerede antal af ulykker er højere end det forventede antal ulykker, der er beregnet ud fra ulykkesmodeller, med en given statistisk sikkerhed. Ulykkesmodeller kan også benyttes til at forhåndsvurdere ændringer i trafiksikkerheden ved anlæg af nye veje, ved omlægninger af trafik og ved lukning af veje, se nærmere herom i kapitel 7.

Nøjagtigheden af den beregnede ulykkestæthed afhænger af den konkrete ulykkesmodel. I hovedtræk kan det siges, at nøjagtigheden afhænger af antallet af ulykker og observationer (antal strækninger eller kryds), som modellen er baseret på, samt mængden af systematisk variation i ulykkesforekomsten, som modellen ikke kan forklare. En "perfekt" ulykkesmodel er baseret på mange ulykker og observationer og forklarer al systematisk variation, og her er den beregnede ulykkestæthed lig med den sande ulykkestæthed.

Kryds

Ulykkesmodeller for kryds baserer sig på en sammenhæng mellem ulykkestætheden (UHT) udtrykt som antal ulykker pr. kryds pr. år, summen af årsdøgntrafikken (ÅDT) ind i krydset i primærretningen og summen af årsdøgntrafikken ind i krydset i sekundærretningen. Primærretningen i vigepligtsregulerede kryds er de ben i krydset, der ikke har vigepligt. I signalregulerede kryds er primærretningen de to ben med højest ÅDT.

Modellen for kryds har typisk følgende form:

$$UHT_{kryds} = a \cdot \text{ÅDT}_{\text{primær}}^{p1} \cdot \text{ÅDT}_{\text{sekundær}}^{p2}$$

Hvor:

UHT er ulykkestætheden (det forventede antal ulykker) ÅDT_{primær} er trafikmængden ind i krydset fra primærretningen

ÅDT_{sekundær} er trafikmængden ind i krydset fra sekundærretningen

a, p1 og p2 er konstanter

Konstanterne a, p1 og p2 bestemmes ud fra statistiske beregninger baseret på observationer fra et stort antal kryds, således at modeludtrykket på bedst mulig måde beskriver relationer mellem ulykker og trafik. Dette gøres ved hjælp af regressionsanalyser.

I Bilag 1 findes de seneste ap-værdier for forskellige typer af kryds, dels for person- og materiel-skadeulykker samlet, dels for personskadeulykker alene. ap-værdierne er baseret på data fra det overordnede vejnet i perioden 2007 - 2011. De seneste ap-værdier vil være at finde på www.vejdirektoratet.dk.

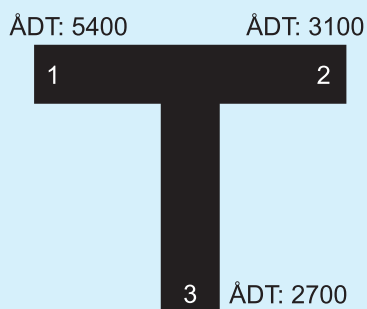
Eksempel:

Ulykkestætheden for person- og materielskadeulykker ønskes beregnet for et 3 benet kryds, uden kanalisering i benene (AP-type 520). Der er vigepligt i ben 3, hvorved den primære retning i krydset vil være ben 1 og ben 2.

Trafikmængden i primærretningen, hhv. ben 1 og ben 2 er:

ÅDT ben 1: 5400

ÅDT ben 2: 3100



Da kun halvdelen af trafikken på de enkelte ben regnes som indkørende, bliver ÅDT ind i krydset i primærretningen:

$$\dot{A}DT_{\text{primær}} = \frac{5400 + 3100}{2} = 4250$$

Trafikmængden i sekundærretningen, ben 3 er:

ÅDT ben 3: 2700

ÅDT ind i krydset i sekundærretningen bliver således:

$$\dot{A}DT_{\text{sekundær}} = \frac{2700}{2} = 1350$$

I Bilag 1 findes A og P værdier for type 520 til; $a = 0,000122$; $p_1 = 0,62$; $p_2 = 0,12$.

Ved indsættelse i ulykkesmodellen fås en forventet ulykkestæthed for person- og materielskadeulykker i krydset på:

$$UHT_{\text{Kryds}} = 0,000122 \cdot 4250^{0,62} \cdot 1350^{0,12} = 0,05 \text{ person- og materielskadeulykker pr. år}$$

Det skal bemærkes, at 3-benede kryds, hvor sekundær ÅDT er mindre end 250, udelades som kryds og betragtes i stedet sammen med strækninger. Tilsvarende for kryds med 4 eller flere ben, hvor sekundær ÅDT er mindre end 500.

Strækninger

Modellen for strækninger baserer sig på en sammenhæng mellem ulykkestætheden (UHT) udtrykt som antal ulykker pr. kilometer pr. år og årsdøgntrafikken (ÅDT). Modellen for strækninger er:

$$UHT_{Strækning} = a \cdot \text{ÅDT}^p$$

Hvor:

UHT er ulykkestætheden (det forventede antal ulykker)

ÅDT er trafikmængden på vejstrækningen

a og p er konstanter

I Bilag 1 er de seneste ap-værdier vist for forskellige typer af strækninger (antal kørespor, med/uden cykelsti, med/uden randbebyggelse mv.), dels for person- og materielskadeulykker samlet dels for personskadeulykker alene. ap-værdierne er baseret på data fra det overordnede vejnet for perioden 2007 - 2011. De seneste ap-værdier vil være at finde på www.vejdirektoratet.dk.

Eksempel:

Ulykkestætheden for en 2-sporet vejstrækning uden randbebyggelse, uden kantbane og uden cykelsti ønskes beregnet (AP-type 221). Vejstrækningens ÅDT er 10.100.

I Bilag 1 findes ap-værdierne til hhv. $a = 0,000873$; $p = 0,66$.

Dette giver ifølge ulykkesmodellen en forventet ulykkestæthed for person- og materielskadeulykker på:

$$UHT_{Strækning} = 0,000873 \cdot 10.100^{0,66} = 0,38 \text{ person- og materielskadeulykker pr. km pr. år}$$

Rundkørsler

Der findes flere ulykkesmodeller for rundkørsler. I tilfælde, hvor der ønskes beregnet et forventet antal ulykker for en rundkørsel i Danmark og der kun haves oplysninger om mængden af biltrafik, anbefales det at gøre brug af følgende modeltype:

$$UHT_{Rundkørsel} = a \cdot N_{\text{total, indkørende}}^p$$

Hvor:

UHT er ulykkestætheden (det forventede antal ulykker)

ÅDT er trafikmængden på vejstrækningen

a og p er konstanter

I notatet *Uheldsmodeller for rundkørsler (2013)* kan man finde ulykkesmodeller for forskellige uheldsarter, uheldstyper og rundkørselstyper kun med den indkørende biltrafikmængde som uafhængig variabel. Ulykkesmodeller, hvor der indgår uafhængige variable for rundkørselsdesignet, findes også i *Uheldsmodeller for rundkørsler* for forskellige uhelds- og rundkørselstyper. Modellerne kan anvendes til at beregne en forventet ulykkestæthed for syv-årsperioden 2004 - 2010.

Hvis ulykkestætheden ønskes beregnet for en anden periode, skal der divideres med syv for at få ulykkestætheden for ét år, og evt. derefter ganges med fx fem, for at få tætheden for en femårig periode. For eksisterende rundkørsler med en kendt ulykkestæthed kan ulykkesmodellerne anvendes til at belyse, om den kendte ulykkestæthed er større eller mindre end den forventede ulykkestæthed, fx ved udpegning af sorte pletter.

Nedenfor er ses den udviklede ulykkesmodel gældende for person- og materielskadeulykker i alle typer af rundkørsler.

$$UHT_{\text{år 2004-2010, person- og materielskadeulykker}} = 0,003901 \times N_{\text{total, indkørende ÅDT}}^{0,7277}$$

Eksempel:

Ulykkestætheden for en rundkørsel (4-benet, 1-sporet) med en samlet indkørende trafik på 8.650 ønskes beregnet for fem årsperioden 2009 - 2013.

Dette giver ifølge ulykkesmodellen en forventet ulykkestæthed for person- og materielskadeulykker i perioden 2004-2010 på:

$$UHT_{\text{år 2004-2010, p og m ulykker}} = 0,003901 \times 8.650_{\text{total, indkørende ÅDT}}^{0,7277} = 2,86 \text{ person- og materielskadeulykker}$$

Ulykkestætheden i perioden 2009-2013 bliver således

$$UHT_{\text{år 2009-2013, p og m ulykker}} = \frac{2,86 \text{ ulykker}}{7 \text{ år}} \cdot 5 \text{ år} = 2,04 \text{ person- og materielskadeulykker}$$

Yderligere information kan findes via:

- www.vejdirektoratet.dk > Viden og data > Statistik
- Uheldsmodeller for rundkørsler. Et studie af 375 rundkørsler i Danmark. Trafitec, 2013
- AP-parametre til uheldsmodeller. Baseret på data for 2007 - 2011 – med figurer. Vejdirektoratet, 2012

3.6 Sekundære sikkerhedsparametre

Der er en klar sammenhæng mellem hastighed og ulykkesrisiko - og mellem trafikmængde og ulykkesrisiko. Både danske og udenlandske analyser af ulykker viser, at hastigheden er blandt de hyppigste ulykkesfaktorer, dvs. én af de omstændigheder, som oftest er medvirkende til, at en ulykke sker. Samtidig er hastighed i en række tilfælde en skadesfaktor, da høj hastighed alt andet lige giver risiko for alvorligere skader.

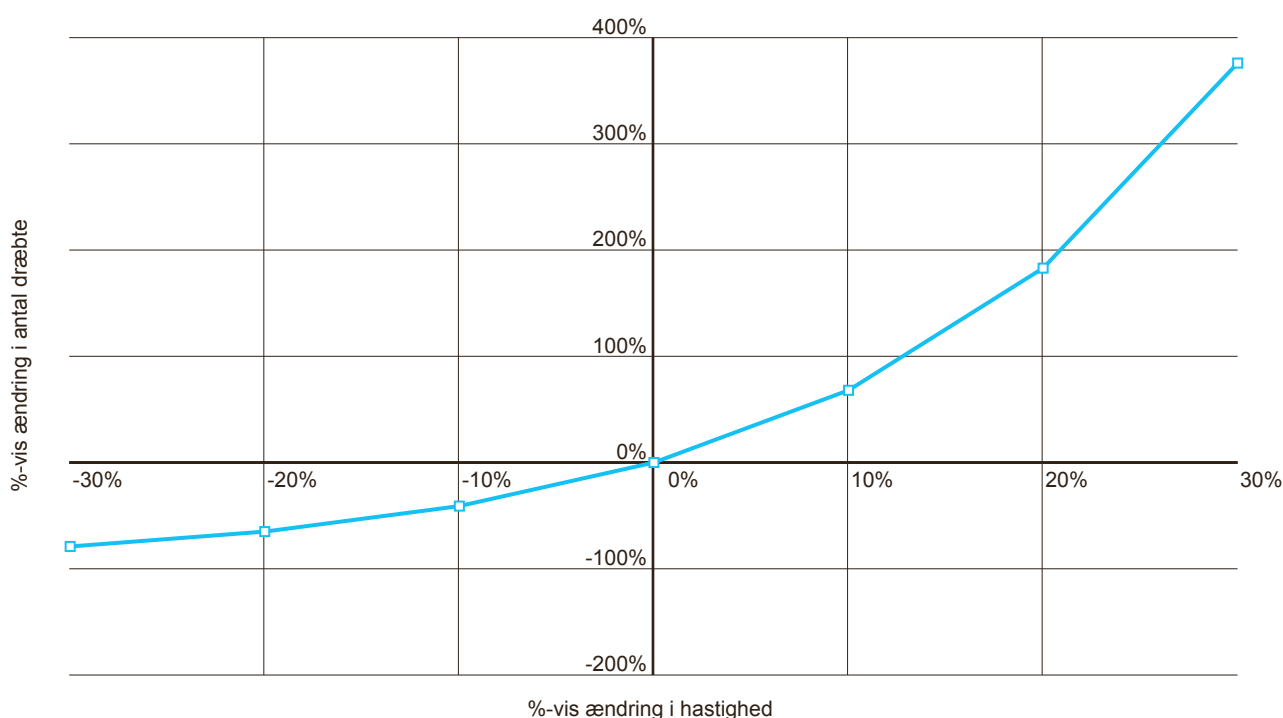
I en tværgående dybdeanalyse fra 2009 af 207 alvorlige trafikulykker finder den danske Havarikommission for Vejtrafikulykker, at hastighed er den hyppigst forekommende blandt alle ulykkesfaktorer; I næsten halvdelen af de analyserede ulykker var for høj hastighed medvirkende til, at ulykken skete. I yderligere hver tiende ulykke var for høj hastighed en skadesfaktor, dvs. medvirkende til, at personskaderne blev så alvorlige, som de blev. Det skal bemærkes, at for høj hastighed her dækker flere forhold; dels for høj hastighed i forhold til fartgrænsen, dels i forhold til situationen, fx tåget vejr eller den udførte manøvre.

Et udvidet samarbejde mellem Vejdirektoratet, politiet, og kommunerne (projektet "udvidet dødsulykkesstatistik" (DUS)), har gjort det muligt at indsamle flere og bedre oplysninger om dødsulykker på vejene. På baggrund heraf har man kunne fastlægge ulykkes- og skadesfaktorer for et stort antal ulykker. Via DUS har man vurderet, at hastighed var en ulykkes- eller skadesfaktor i 41% af alle dødsulykker i 2013.

Den mest tydelige sammenhæng mellem hastighed og trafiksikkerhed kan afspejles i ulykkers alvorlighed. Jo større hastighed – jo alvorligere bliver konsekvenserne af ulykken i form af personskader og materielskader på køretøjer mv. Her er det nemlig de fysiske love, der gør sig gældende. Et køretøjs bevægelsesenergi stiger med kvadratet på hastigheden, og det er bevægelsesenergien, som i ulykkesøjeblikket bliver udløst og omdannet til fx deformation, varme mv. En stigning fra fx 100 km/t til 120 km/t udløser ca. 45 % mere bevægelsesenergi – eller sagt på en anden måde – hastighedsstigningen betyder, at et køretøj bliver 45 % mere deformeret og ødelagt ved en kollision. I løbet af den seneste årrække er køretøjerne blevet væsentligt mere sikre at køre i med bedre karosserier, bedre deformationsegenskaber, airbags mv. Men hastigheden er stadig af væsentlig betydning - langt større end mange års udvikling af bedre køretøjssikkerhed.

Figur 6 viser en omtrentlig sammenhæng mellem ændringer i hastighed og antal dræbte. I afsnit 7.1.4 beskrives sammenhæng mellem hastighed og ulykkesrisiko mere detaljeret.

Figur 6. Eksempel på sammenhæng mellem ændring i hastighed og antal dræbte, eksponentialmodel.



Yderligere information kan findes via:

- Trafikksikkerhetshåndboken, 4. utgave, Transportøkonomisk Institute, TØI, Norge, 2012 (webudgave: www.tsh.toi.no)
- Havarikommisjonen for Vejtrafikulykker: www.hvu.dk
- Hvorfor sker trafikulykkerne? Havarikommisjonen for Vejtrafikulykker, 2014
- Årsrapport, Dødsulykker 2013. Rapport 521, Vejdirektoratet 2014



4. Udpegning af ulykkesbelastede steder

I dette kapitel beskrives metoder til udpegning af ulykkesbelastede steder. Udpegning af ulykkesbelastede steder er en form for "grovsorteringsmetode", der har til formål, at finde ud af hvor på vejnettet de mest ulykkesbelastede steder findes, og dermed hvor på vejnettet, der skal sættes ind.

I kapitlet præsenteres en række metoder til udpegning af ulykkesbelastede kryds, strækninger og områder, herunder ulykkesmodelmetoden og tætheds-/frekvensmetoden (afsnit 4.1 - 4.4). Sidst i kapitlet beskrives en række netbaserede værktøjer, som kan lette arbejdet med udpegning af ulykkesbelastede steder (afsnit 4.5 - 4.6).

4.1 Udpegning af sorte pletter

Udpegning af ulykkesbelastede steder er det første led i hele ulykkesbekæmpelsesprocessen og *sortpletudpegning* er en systematisk metode til gennemgang af vejnettet med henblik på at finde særligt ulykkesbelastede steder. I Danmark anvendes to forskellige metoder til udpegning af sorte pletter:

- Ulykkesmodelmetoden
- Tætheds-/frekvensmetoden

Ulykkesmodelmetoden baserer sig på de i afsnit 3.5 beskrevne ulykkesmodeller. Tætheds-/frekvensmetoden tager direkte udgangspunkt i ulykkestætheden og ulykkesfrekvensen.

4.1.1 Ulykkesmodelmetoden

Ulykkesmodelmetoden anvendes i dag stort set alene på statsveje og få store kommuneveje. Det skyldes, at der alene for dette vejnet findes den nødvendige information (især trafikoplysninger) til løbende at beregne de a- og p-parametre, der indgår i modellerne. Det er håbet, at information om kommuneveje på sigt også kan blive generelt tilgængelig, så det bliver muligt at udvide modellernes anvendelsesområde til også at dække kommunevejene. Ved brug af ulykkesmodeller i forbindelse med udpegning af sorte pletter beregnes et forventet antal ulykker for den pågældende strækning eller det pågældende kryds. Beregningerne sker ud fra stedets type og de tilhørende parameterværdier. Det forventede antal ulykker sammenlignes med det observerede antal ulykker. Overstiger det observerede antal ulykker det forventede antal ulykker, med en vis statistisk sikkerhed, markeres stedet som en sort plet. Som regel vælges dog tillige, at der skal være sket mindst 4 eller 5 ulykker på 5 år, før man vil acceptere stedet som en sort plet.

Den statistiske sandsynlighed - udpegningsniveauet - vælges af den, der udfører udpegningen. Det er baseret på den tidligere nævnte antagelse om, at ulykker følger en Poissonfordeling. Med udgangspunkt i Poissonfordelingen kan man så undersøge, om sandsynligheden for at det observerede antal ulykker er større end det forventede, overstiger udpegningsniveauet.

4.1.2 Tætheds-/frekvensmetoden

Tætheds-/frekvensmetoden kan anvendes på alle typer veje, altså også kommuneveje. Efter at have indsamlet oplysninger om trafikmængderne for vejnettet opdeles det i kryds og strækninger, hvorefter ulykkestætheden og ulykkesfrekvensen beregnes som beskrevet i afsnit 3.4.

Ved tæthedsmetoden rangordnes de enkelte steder efter faldende ulykkestæthed. For den mængde projekter man mener at have mulighed for at analysere rangordnes tillige efter ulykkesfrekvens og/eller skadesfrekvens. Dermed angribes først de steder, hvor der, ud over at være

sket mange ulykker, også er sket mange ulykker og/eller personskader i forhold til trafikmængden det pågældende sted. Udpegning ved hjælp af tæthedsmetoden anvendes også for statsvejene som supplement til ulykkesmodelmetoden. Det skyldes, at man har et ønske om også at gøre noget ved de steder, hvor der sker mange ulykker, selvom de ikke bliver udpeget som sorte pletter, måske fordi trafikken samtidig er høj.

Har kommunen ikke generelt registreret trafikoplysninger, kan man starte med en tæthedsudpegning og dernæst følge op med at skaffe trafikoplysninger for de relevante udpegede steder med henblik på en rangordning ud fra frekvens også.

Vejdirektoratet har udarbejdet et program under vejman.dk, som giver adgang til at udpege de sorte pletter. Programmet giver ud over anvendelsen af uheldsmodelindgangen også mulighed for alene at se på ulykkestætheden, hvor der ikke er de samme krav til vej-, kryds- og trafikoplysninger, som er tilfældet for modelindgangen.

4.2 Udpegning af kryds

Udpegning af kryds er relativt simpelt, hvad enten man anvender ulykkesmodelmetoden (afsnit 4.1.1) eller tætheds-/frekvensmetoden (afsnit 4.1.2). Her er spørgsmålet ved modelmetoden alene om det observerede antal ulykker overstiger det forventede antal med en given statistisk sandsynlighed. Ved tæthedsmetoden er spørgsmålet, om ulykkestætheden er større end den på forhånd fastsatte værdi.

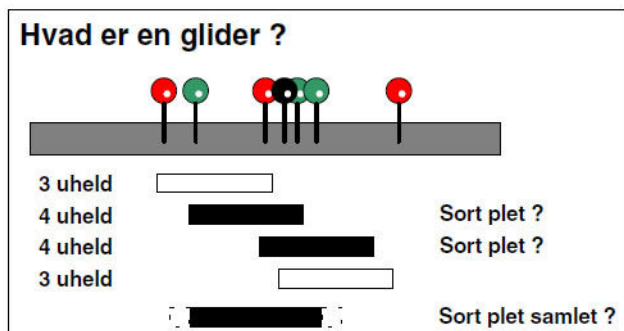
Ved ulykkesmodelmetoden har der på statsveje indenfor de seneste år været anvendt et udgangspunkt, der hedder mindst 5 ulykker på 5 år og et udpegningsniveau på 90 %. Udpegningsniveauet angiver med hvilken statistisk sikkerhed, man vil acceptere det som en sort plet. 90 % er det laveste niveau, man ud fra statistiske betragtninger bør anvende.

4.3 Udpegning af strækninger

Ved strækninger anvendes en lidt mere kompliceret fremgangsmåde. Her anvendes en glider, der rykker sig fra ulykke til ulykke hen over strækningen. Overstiger antallet af ulykker indenfor glideren et på forhånd fastsat antal ulykker - fx 4 eller 5 - er der tale om en potentiel sort plet. I praksis udpeges den potentielle sorte plet først, når antallet af ulykker indenfor glideren ikke længere opfylder kriteriet. Den samlede potentielle sorte plet vil da strække sig fra den første ulykke, hvor kriteriet var opfyldt, til den sidste ulykke, hvor kriteriet ikke længere er opfyldt.

Ved modelmetoden afhænger længden af glideren af udpegningsniveau, det på forhånd fastsatte antal ulykker, for at der er tale om en sort plet (typisk 4 eller 5 ulykker), vejtypen (ap-typen) og årsdøgnetrafikken. Dermed varierer længden af glideren hen ad strækningen afhængig af trafikmængden og ap-typen.

Figur 7. Sortpletudpegning ved hjælp af glider på en strækning med 7 ulykker samlet set.



Ved tæthedsmetoden fastlægges længden på forhånd. Typisk vælges en længde på 400-500 meter. Ofte vil man vælge 4 eller 5 ulykker som grænse for antal ulykker indenfor glideren. Her er længden altså fast. Når den endelige ulykkestæthed skal beregnes lægges $\frac{1}{2}$ gange den gennemsnitlige afstand mellem ulykkerne til i hver ende. Dette er valgt for at kompensere for, at metoden altid starter og slutter i en ulykke, og tætheden dermed ellers ville blive overvurderet. Ved at sige $\frac{1}{2}$ gange i hver ende tages der højde for start og slut af en vej, idet der her kun kan lægges til i den ene ende. Samlet set ender man alene med en sort plet, hvis den samlede potentielle sorte plet opfylder de øvrige kriterier. Det vil for modelmetoden sige, at niveauet er større end eller lig udpegningsniveauet og for tæthedsmetoden, at ulykkestætheden er større end det valgte niveau.

Gliderbegrebet er indført for at kunne udpege netop hvor på en strækning, der er problemer. To strækninger kan fx samlet set have den samme ulykkestæthed, men for den ene strækning er ulykkerne koncentreret indenfor et meget lille område - en sort plet - hvorimod de for den anden strækning er spredt jævnt ud over strækningen. I nogle lande har man i stedet opdelt strækningerne i faste sektioner indenfor hvilke, man ser på muligheden af en sort plet. Det betyder, at man kan komme til at overse sorte pletter, hvis de befinder sig i overgangen mellem 2 sektioner.

Det er en forudsætning for beregningerne ved hjælp af en glider, at både informationer om strækningen er stedfæstet (start, slut og længdeangivelse), og ulykkerne er stedfæstet/kilometrert på strækningen.

4.4 Udpegning af grå strækninger

"Grå strækninger" er længere sammenhængende strækninger (inkl. kryds), hvor antallet af ulykker ikke er signifikant højere end forventet, men hvor ulykkesantal, -type eller koncentrationen af ulykker giver grundlag for at introducere rentable sikkerhedsfremmende foranstaltninger generelt for strækningen.

Udpegning af grå strækninger kan dermed ses som et supplement til det egentlige sortpletarbejde, som tager udgangspunkt i kryds og strækninger, hvor der sker signifikant flere ulykker end forventet. Ved at supplere sortpletarbejde med analyser af grå strækninger, er det muligt at lave ulykkesbekæmpende arbejde på en større del af vejnettet end alene ved sortpletarbejde.

En procedure for udpegning af grå strækninger kan baseres på følgende metode:

1. Ulykkesfrekvenser og personskadeulykkesfrekvenser beregnes for analysevejnettet på baggrund af ulykker i en 5 års periode. Frekvenserne beregnes for delstrækninger á 5 km, hvor det er muligt. Hvis ikke der er oplysninger om trafiktal kan man alternativt bruge ulykkestætheder, fx vha. sortpletprogram i vejman.dk.
2. Alle de beregnede delstrækninger sorteres efter faldende ulykkesfrekvens og personskadeulykkesfrekvens.
3. Delstrækninger som har en ulykkesfrekvens eller en personskadeulykkesfrekvens over gennemsnittet, hvor gennemsnittet er baseret på de nyeste tilgængelige ulykkes- og personskadeulykkesfrekvenser fra den interaktive årsstatistik på vejdirektoratet.dk, udvælges til videre analyse.
4. De udpegede delstrækninger efterbehandles og samles, så man får sammenhængende strækninger på minimum 5 km længde.

4.5 Udpegning af temaer

Formålet med at lave en udpegning af lokaliteter på basis af et valgt ulykkestema, fx cyklistulykker, eneulykker eller lign., kan være at udpege kryds eller strækninger med særligt mange ulykker af den pågældende type. En kommune kan fx have en målsætning om at reducere antallet af cyklistulykker, hvorfor en udpegning af lokaliteter med mange cyklistulykker kan være relevant.

En udpegning af ulykkesbelastede steder efter et tema kan gøres vha. de kortbaserede temaværktøjer som findes i vejman.dk.

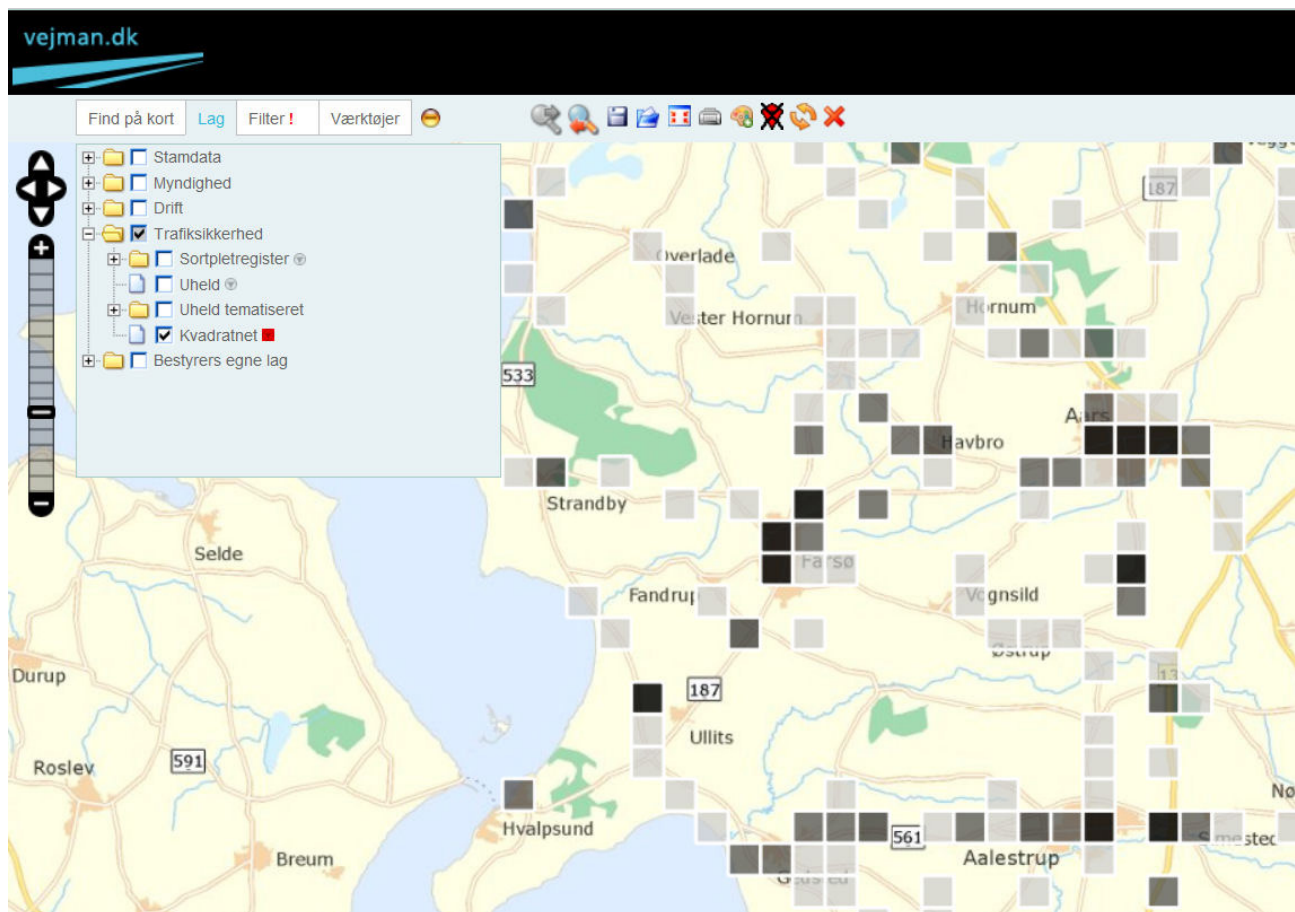
4.6 Kvadratnet

Hvis en kommune ikke har de nødvendige kryds- og strækningsoplysninger i vejman.dk, til gennemførelse af en egentlig sortpletudpegning, findes et mere simpelt alternativ. Det sker via uheldsmodulen i vejman.dk. Her kan man vælge at få vist et kortlag, som hedder kvadratnet. Her vises hyppigheden af antal ulykker baseret på opdeling af kommunen i kvadrater, i forhold til det danske kvadratnet. Jo mørkere kvadrater, des flere ulykker indenfor det enkelte kvadrat. På den måde opnås et visuelt billede af, hvor i kommunen der er en ophobning af ulykker. En forudsætning for at kunne anvende kvadratnet er, at ulykkerne er stedfæstet med koordinater via stedfæstelse på kort.

Det giver ikke en præcis udpegning, da et kvadrat med mange ulykker kan dække over flere steder indenfor kvadrattet. Samtidig kan man være ude for, at et problemsted ikke træder tydeligt frem, fordi det fordeles på flere kvadrater. På den anden side giver kvadratnet et umiddelbart billede af, hvor man bør have fokus. Kvadratnet giver også mulighed for at få listet ulykkerne indenfor et udvalgt kvadrat, så man efterfølgende kan udskrive ulykkesoversigter og analysere nærmere, hvor problemet måtte være.

I figur 8 ses et eksempel på visning af ulykker i kvadratnet.

Figur 8. Eksempel på visning af ulykker i kvadratnet opgjort pr 1x1 km for et område ved Aars.



Mere information om udpegning af ulykkesbelastede steder kan findes via:

- www.vejdirektoratet.dk > Trafiksikkerhed
- Uheldsmodeller for rundkørsler. Et studie af 375 rundkørsler i Danmark. Trafitec, 2013
- Uheldsmodeller for veje i åbent land. Trafitec, 2011
- Uheldsmodeller for bygader. Del 1. – Kap 3.4. Notat 22, 1995, Vejdirektoratet

5. Ulykkesanalyse

En ulykkesanalyse skal med udgangspunkt i de registrerede ulykker identificere de trafiksikkerhedsproblemer, som er kendetegnende for en specifik lokalitet eller for et større område. Det kan fx være lokaliteter, som er udpeget som særligt ulykkesbelastede. Ved at afdække hvilke handlinger og omstændigheder der har medvirket til ulykkerne det pågældende sted (ulykesfaktorerne), skal analysen gøre det muligt at opstille løsningsforslag, som kan nedbringe risikoen for, at tilsvarende ulykker sker igen. En sådan analyse kaldes i denne håndbog en detailanalyse og beskrives og eksemplificeres i afsnit 5.1.

En anden tilgang kan være af mere overordnet karakter, en såkaldt temaanalyse, som beskrives i afsnit 5.2. En temaanalyse tager udgangspunkt i alle ulykker for et større område (fx en hel kommune) og fokuserer på specifikke typer af ulykker (fx cyklistulykker, eneulykker, motorvejsulykker eller lign.). En sådan analyse skal tilvejebringe viden om ulykkesproblemer af mere generel karakter, hvor de løsninger som søges, typisk vil være massetiltag som etableres mange steder, og ikke nødvendigvis kun der, hvor der er sket ulykker.

I tilknytning til udarbejdelse af en ulykkesanalyse, herunder opstillingen af hypoteser og løsningsforslag, er forståelse af relationen imellem de menneskelige faktorer og trafiksikkerhed vigtig. Afsnit 5.3 omhandler de menneskelige faktorer og trafikanternes færdigheder set i forhold til de krav, som stilles af vejsystemet. I afsnittet skitseres endvidere begrebet *Den selvforklarende vej*, der bygger på et princip om, hvordan man udformer et trafiksikkert vejsystem med udgangspunkt i trafikanternes fysiske og mentale formåen.

5.1 Detailanalyse

En ulykkesanalyse for en konkret lokalitet kan i hovedtræk beskrives ved følgende aktiviteter:

1. Indsamling af data (ulykkesdata, trafiktal, vejgeometri, kortmateriale, fotos)
2. Beskrivelse af lokalitet
3. Beskrivelse af ulykkesproblemer (herunder tegning af kollisionsdiagram)
4. Afsøgning af ulykkesbillede for mønstre og karakteristika
5. Opstilling af hypoteser om ulykkesforløb og mulige ulykkesfaktorer
6. Besigtigelse til verificering eller forkastelse af hypoteser
7. Konklusion vedr. hypoteser og påvirkelige ulykkesfaktorer

5.1.1 Indsamling af data

For kunne gennemføre en detailanalyse af en konkret lokalitet kræves oplysninger om ulykkesdata, trafikdata, vejgeometri mv. Data om trafik og hastighed indgår sammen med ulykkesdata i analyserne for at få et komplet billede af trafiksituationen på lokaliteten.

Ulykkesanalysen baseres på en passende stor ulykkesmængde. Det kan typisk være ulykker for en 5 års periode. En længere ulykkesperiode kan dog være nødvendig, hvis ulykkestallene er små. Som nævnt i afsnit 2.1.1 er det oftest person- og materielskadeulykker, der benyttes som datagrundlag i ulykkesanalyser. Men lidt afhængig af hvor stort datamaterialet er, kan ekstra held for samme periode medtages for at styrke datagrundlaget og derved give et bedre billede af ulykkesproblemerne.

Trafikdata består af årsdøgntrafik (ÅDT) for biltrafik, cykeltrafik samt evt. andel tung trafik (lastbilprocent). For kryds indhentes trafiktal for alle ben i krydset samt evt. oplysninger for separate svingstrømme i gennem krydset. Trafiktal kan yderligere suppleres med oplysninger om maksimal timetrafik for evt. at vurdere trafikken under spidsbelastning. Brug også gerne Google Maps trafik kort og/eller Vejdirektoratets SpeedMap for at vurdere, om der er trængselsproblemer på bestemte tidspunkter af døgnet.

Hastighedsmålinger med gennemsnitshastigheder og 85% fraktiler kan være med til at belyse hastighedsniveauet på lokaliteten. Hastighedsniveauet kan være en vigtig oplysning til at vurdere ulykkesbilledet, udpege problemer og opstille hypoteser.

Ud over ulykkes- og trafikdata indhentes kortmateriale, luftfoto, afmærkningsplaner og tegninger suppleret med fx streetview/gadefoto. For signalregulerede kryds indhentes endvidere oplysninger om signalgruppeplaner mv.

Derudover indsamles generelle oplysninger om de eksisterende forhold (tværprofil, længdeprofil, vognbanebredde, sidearealer mv.) samt oplysninger om de tilstødende arealer og facadeforhold. Endelig undersøges om der er sket ombygninger og/eller ændringer på lokaliteten i den periode, som analysen omfatter, og som der skal tages højde for.



5.1.2 Ulykkesanalyse

Formålet med ulykkesanalysen er at kortlægge ulykkesbilledet samt identificere de væsentligste ulykkesproblemer på lokaliteten.

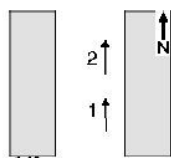
Det mest uddybende materiale er grundrapporterne fra vejman.dk, som indeholder langt de fleste oplysninger om de enkelte ulykker. Fra grundrapporterne fås bl.a. oplysninger om dato, tidspunkt, føre, sigt, lys, vejrforhold, implicerede parter, ulykkesituation samt en beskrivende tekst. Det anbefales, at udskrive grundrapporter for de ulykker som analysen baseres på og derefter gennemgå dem grundigt. Adgang til disse oversigter kræver dog, at man har adgang til ulykkesdata i vejman.dk via ulykkesabonnementet.

Et eksempel på grundrapport ses i figur 9 nedenfor:

Figur 9. Eksempel på grundrapport fra vejman.dk.

Bemærk: Oplysninger om de enkelte ulykker må ikke vises udadtil. Eksemplet der er vist, er en fiktiv ulykke, så derfor kan oplysningerne vises.

Ekstrauehld	Uheldsid: 1/1/199	Uheldsnr: 1
Hovedstade vejcenter Kbhvestegn politikreds Ballerup kommune		
Dato: Man. 27. Feb. 2008 Kl. 13:40		Status: Endelig Oprindelse: Politi
Akt.Vej: 111-0 Uh: Adm.Vej1: 111-0 Adm.Vej2: 522-0	Akt.best.: 0 Adm1.best.: 0 Adm2.best.: 0	Kmt: 009/0024 Adm.Kmt: 009/0024 Husnr.:
Vejudform.: +-kryds By/land: By	Hastighedsgr.: 70 km/t Skolevejsuh.: Ej skole	Randbebyg.: Ingen
Vejr: Tørt Lys: Dagsl Vejarbejde: Nej	Sigt: Sigt Vejbelysning: Ej tændt Supplerende:	Føre: Tørt
Beskrivende tekst: Part 2 kørte ad Ring 4 mod nord og standsede op ved rødt lys, som dog kun skulle respekteres, hvis det blinkede. Part 2 blev påkørt bagfra af part 1, der ligeledes kørte ad Ring 4 mod nord.		
Element nr:	1	2
Elementart	Pbil	Pbil
Nationalitet	DK	DK
Nationalitet anhænger		
Gade/vejtype	4sp-mr	4sp-mr
Cykelsti	Ej cyk/kn	Ej cyk/kn
Stiforløb	Ej cyk/kn	Ej cyk/kn
Stibrug	Ej cyk/kn	Ej cyk/kn
Fodgænger	Ej fodg	Ej fodg
Manøvre	Ligeud	Ligeud
Kollisions punkt	Foran	Bag på
Vigepligt	Ingen	Ingen
Skønnet hastighed	50	5
Lygtefejl	Ingen fejl	Ingen fejl
Personnr i element	1 i element 1	1 i element 2
Personart	M.kkort	M.kkort
Nationalitet		
Kørekort år	1990	
Personskade	Usk	Usk
Skadetype	Uska	Uska
Hospital	Øvrige	Øvrige
Sygdom	Intet	Intet
Spirit	Skønnet ædru	Skønnet ædru
Sele	Sele	Sele
Alder	50	68
Køn	Kvinde	Kvinde



140
Uheld ved påkørsel bagfra

I vejman.dk findes derudover en række hjælpeværktøjer til analyse af ulykkesdata, fx til at lave forskellige typer af opgørelser, visning på kort mv.

De mest almindelige opgørelser af ulykkesdata i vejman.dk er:

Strækningsoversigt: Ulykker vises i en simpel tabel med stigende kilometrerung inkl. de vigtigste parametre som tidspunkt, ulykkesart, ulykkessituation, implicerede elementer mv.

Ulykkesoversigt: Ulykkesoversigt er i hovedtræk som strækningsoversigt, men blot 6 ulykker pr. side og med visning af ulykkessituation samt mere detaljerede oplysninger om de enkelte elementer.

Ulykkestekst: Politiets korte tekstbeskrivelse af ulykken.

Disse udtræk er et godt supplement til grundrapporterne og er gode redskaber til at få overblik over ulykkesbilledet på stedet.

Til beskrivelse af ulykkesbilledet laves endvidere diverse opgørelser af ulykkerne opdelt på forskellige ulykkesparametre, fx år, ugedag, klokkeslæt, lysforhold, føre, sigt, vejr, ulykkessituation, alder, hastighed, spiritus mv. I vejman.dk kan standard analyseskemaer genereres automatisk (figur 10). Alternativt kan det anbefales at lave tilsvarende analyseskemaer i hånden.

Formålet med analyseskemaerne er at finde nogle gennemgående træk i ulykkesbilledet, som kan danne grundlag for beskrivelse af ulykkesproblemet og dermed for opstilling af hypoteser.

Ulykkesanalyse

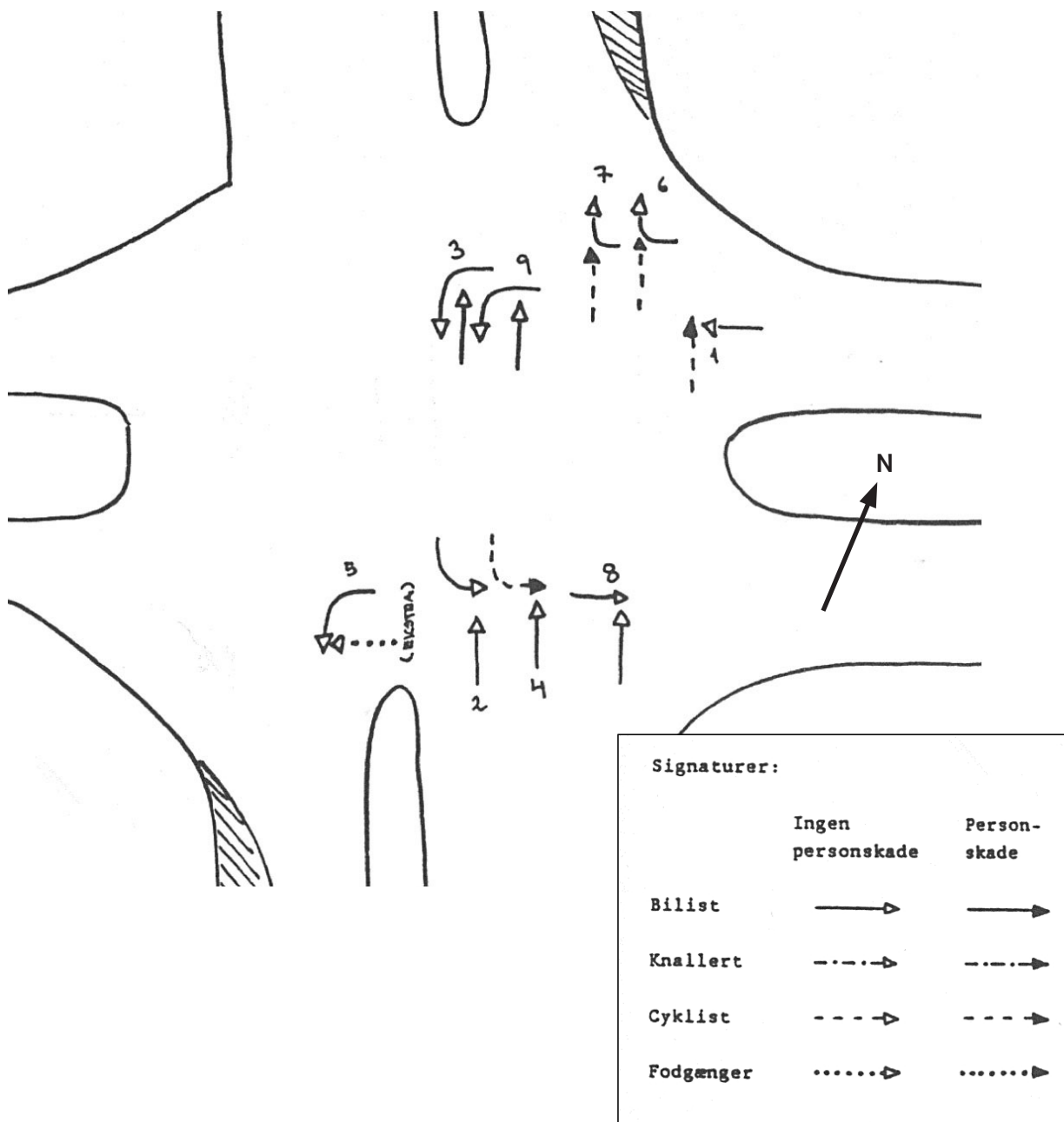
Et vigtigst redskab i ulykkesanalysen er et kollisionsdiagram, der mere detaljeret viser de implicerede elementer og ulykkessituationer indtegnet i forhold til vejgeometrien. Der benyttes forskellige signature afhængig af trafikantart og om hvorvidt der er personskaade eller ej. Figur 11 viser hvorledes et kollisionsdiagram kan se ud. Formålet med et kollisionsdiagram er at få fastslået eventuelle ligheder eller mønstre i ulykkesbilledet.

Figur 10. Eksempel på ulykkesanalysekema (side 1 af 2) fra vejman.dk. De enkelte numre henviser til ulykkesnummeret i dataudtrækket.

BEMÆRK: Udskrifter med oplysninger om enkelte uheld er omfattet af reglerne i Sikkerhedsaftalen og må ikke udleveres til eksterne
Database=AJOURVEJ.WORLD, Uheld 03-11-2014
Bruger=p vd dri trafitec puk

HVOR Adm_Vejl_Nr = 111 OG Adm_Vejl_Km >= 9 OG Adm_Vejl_Km <= 10 OG År >= 2008 OG År <= 2011																																							
Nedenstående histogrammer gælder for uheldsnumre i intervallet 1 til 28. Der vises kun uheld som kan være på 1 side. Hvis der er flere uheld, vises tallet i kursiv																																							
25 8 72724 62623 52119 4222018 3111417 2101316 191215								28 21 20 19 18 17 14242515 623115 416139327 17128210								28 23 14 1311 9202427175217 151122216234106188																							
08 09 10 11 12 13 14 15 16 17>17								M T O T F L S								1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12																							
År								Ugedag								Måned																							
23 8 27 283 251617222 612914 1126713105																												24 19 18 14 5											
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23																																							
Klokkeslet																																							
27 25 23 22 21 20 1926 1824 1713 1611 1510 148 125 74 63 12829				16 15 14 13 12 11 1028 927 826 725 624 523 422 321 220 11819				27 25 22 21 20 17 16 15 11 9 6 4 3 2 128135				18 17 16 15 14 13 1228 1127 1026 825 724 623 522 421 320 11929				918 918 817 817 716 716 615 514 414 413 413 312 212 211 1101121 110276153																							
T T V G ø ø å l r r d a				S S E i i j g g s				D D T M a a u ø g g s r				T T R T S B ø ø e å n l r r g g e æ				P P V L B M K K C R e e a a u o n n y c r r r s s t a a k c																							
t t t t				t t i b b j a a g r r t t t				s s m k l l ø y y r s s k e				t t n e s				s s e t b b b b i i i i l l l l k t t e l 5				o l l e r l l l c e e y r r t t t 4 5				g a r g															
Føre				Sigt				Lys				Vejr				Færdselelement																							

Figur 11. Eksempel på kollisionsdiagram for et 4-benet kryds.



Eksempel - Ulykkesanalyse

Et motorvejtillslutningsanlæg er udpeget som særligt ulykkesbelastet lokalitet, og der gennemføres en detailanalyse.

Beskrivelse

Beskrivelsen er baseret på følgende:

- Digitale grundplaner
- Luftfoto
- Signal- og afmærkningsplaner
- Kortmateriale (KMS)

Frakørsel <15> er et fuldt tilslutningsanlæg, som forbinder den kommunale Havnevej med motorvej M17. Tilslutningsanlægget er udformet som et traditionelt ruderanlæg uden forsætning af de enkelte rampetilslutninger (se figur a). Kun det nordlige rampekryds (vejdel 4 og 6) er udpeget som sort plet, men hele tilslutningsanlægget indgår i analysen. Begge rampekryds er signalregulerede.

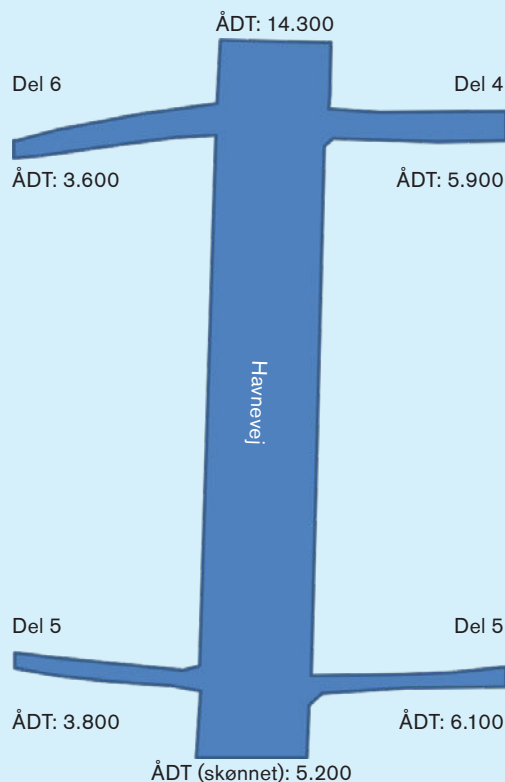
Begge rampekryds på Havnevej har to gennemgående spor i hver retning samt venstresvingsspor. I det sydlige kryds er der endvidere højresvingsspor i den sydlige tilfart. Begge frakørselsramper er kanaliserede med et venstre- og et højresvingsspor. På den vestgående frakørselsrampe er højresving dog muligt fra begge spor. Begge rampekryds er signalregulerede med samordnede, faste programmer i dagtimerne på hverdage. Uden for disse perioder er krydsene fuldt trafikstyret. En venstresvingsfase (étlys-pilsignal med eftergrønt) er aktiv i udvalgte perioder i begge rampekryds.

Havnevej er i normalprofilen 4-sporet med midterrabat og cykelstier.

Havnevej ligger i byzone, men på fri strækning nord for tilslutningsanlægget er der skiltet med lokal hastighedsbegrænsning på 80 km/t. De 80 km/t ophæves ca. 150 meter fra det nordlige rampekryds, og hastighedsgrænsen gennem rampekrydsene er således den generelle på 50 km/t. Ophævelsen af de 80 km/t på Havnevej sker ved almindelige C56tavler. På frakørselsramperne er der placeret byzonetavler.



Figur A



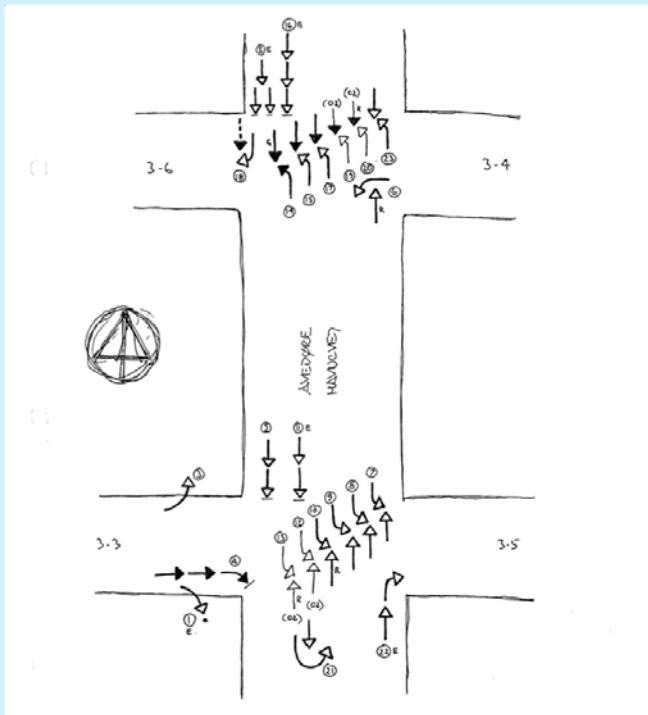
Eksempel... forsat

Analyse af ulykker

Der er udtrukket ulykker for en 6-årig periode 2005-2010. Der indgår i alt 23 ulykker, heraf: 7 personskadeulykker, 11 materielskadeulykker, 5 ekstraueheld.

Personskadeulykkerne har i alt 13 personskader: 4 alvorligt tilskadekomne, 9 let tilskadekomne.

Kollisionsdiagram:



Ulykkesbilledet er næsten ens i de to rampekryds (se kollisionsdiagram). Venstresvingsulykker (situation 410) dominerer i både det nordlige og det sydlige kryds (ca. 50% af alle ulykker). I det nordlige kryds er der flere ulykker med personskade. Samtidig ses der bagendekollisioner i den nordlige tilfart i begge kryds. Desuden er der på frakørselsrampen mod øst (vejdel-3) registreret 2 eneulykker og 1 alvorlig bagendekollision, og ved den nordlige til-kørselsrampe er der registreret 1 312-ulykke med personskade (1 let tilskadekommen).

Langt de fleste ulykker sker på hverdage i dagtimerne, når signalet kører på fast program.

I halvdelen af 410-ulykkerne i det nordlige kryds har politiet angivet en skønnet hastighed for den ligeudkørende trafikant på 70 km/t eller derover (tilladt grænse er 50 km/t).

Resumé af ulykkesproblemer:

- Venstresvingende ud foran ligeudkørende på Havnevej (nord- og sydlige kryds)
- Bagendekollisioner i nordlige tilfart på Havnevej (nord- og sydlige kryds)
- Høj hastighed (ligeudkørende/sydgående på Havnevej, nordlige kryds)
- Flest ulykker med personskade i det nordlige kryds
- Ulykker på frakørsel (vejdel 3)

5.1.3 Opstilling af hypoteser

Når ulykkesproblemet/-problemerne er beskrevet, skal der opstilles ulykkeshypoteser. Ulykkeshypoteser er overvejelser om, hvorfor ulykkerne sker på det pågældende sted. Hypoteserne er dermed det første forsøg på at identificere ulykkesfaktorer.

Ved at sammenstille ulykkesproblemerne med de øvrige oplysninger man har til rådighed (billeder, trafik- og hastighedsoplysninger, afmærknings- og signalgruppeplaner etc.) skulle det gerne være muligt at komme med bud på, hvorfor ulykkerne sker. Her skal der være fokus på det/de ulykkesproblemer, man har kogt sine ulykkesoplysninger ned til.

Hypoteserne, der stilles på dette tidspunkt i processen, er ikke nødvendigvis de endelige. De første hypoteser opstilles, inden man tager på besigtigelse.

Det er vigtigt ikke at sammenblande hypoteser med ulykkesproblem og/eller løsningsforslag som fx: "Der sker mange 410 ulykker i krydset, da der mangler en venstresvingbane" eller "De mange eneulykker i horisontalkurven skyldes kurvens lille radius og høj hastighed".

Derimod kan en hypotese fx være: "De mange 410 ulykker i krydset skyldes, at de venstresvingende er under tidspres og har svært ved at forholde sig til en vigepligtssituation med tre modkørende trafikstrømme (motorkøretøjer, cyklister og fodgænger), som delvis skygger for hinanden.

Eller

"Eneulykke i vejkurven skyldes, at kurven kommer overraskende for trafikanterne, og at kurvens forløb er svært at erkende".

I Bilag 3 findes en problem- og løsningstabel. Her er mange almindelige ulykkesproblemer og hypoteser oplistet sammen med potentielle løsningsmuligheder. Tabellen kan anvendes som inspiration til opstilling af ulykkeshypoteser.

Eksempel... fortsat

Hypotese

Det forhold at alle alvorlige 410-ulykker sker i det nordlige rampekryds, at politiet i flere af disse ulykker har vurderet hastigheder på 70 km/t eller derover, og at der sker bagendekollisioner i den nordlige tilfart i begge kryds, giver en kraftig og entydig indikation af, at hastighedsniveauet i sydgående køreretning på Havnevej er en væsentlig del af problemet. En oplagt hypotese er således, at:

- De venstresvingende i det nordlige kryds fejlvurderer de modkørendes hastighed.

5.1.4 Besigtigelse

Besigtigelsen er en meget væsentlig del af ulykkesanalysen. Hovedformålet med besigtigelsen er at indhente supplerende viden om de trafikale og vejtekniske forhold på lokaliteten, at observere trafikanternes adfærd og at be- eller afkræfte de opstillede hypoteser - og eventuelt at opstille nye hypoteser.

For at få mest ud af besigtigelsen bør man være grundig forberedt. Det betyder, at man inden besigtigelsen:

- Har overblik over sine ulykkesproblemer
- Har opstillet nogle sandsynlige hypoteser
- Har overblik over, hvad man mangler af viden, som kan indhentes ved en besigtigelse
- Har et besigtigelsesskema med, så man er sikker på, at man får alle data med hjem. Det kan være et simpelt stykke papir eller avancerede udgaver på tablets eller lignende. Eksempel på besigtigelsesskema kan ses i Bilag 2.

Det ideelle er at foretage besigtigelse på de tidspunkter, hvor analyser har vist, at der er ulykkesproblemer. Allerbedst er det, når man både kan lave mørke- og dagslysbesigtigelser; myldretidsbesigtigelser etc.

Nogle af de ting, man skal have styr på, ved en besigtigelse kan være følgende forhold:

- Indsamling af data man ikke har kunnet finde på anden vis (fx opmålinger af vognbaner)
- Vejtekniske forhold (forhold der kan overraske eller vildlede trafikanterne)
- Afmærkning (utilstrækkelig, synlighed, manglende vedligehold)
- Test af oversigtsforhold (tager træerne oversigten?)
- Gennemkørsel/-gang af krydset/strækningen både i bil, på cykel og som fodgænger (ideelt)
- Brug god tid på at observere trafikanternes adfærd, og notér gerne uhensigtsmæssig adfærd (fx fodgængerkrydsning udenfor fodgængerfeltet, placering i forhold til stopstreg, høj hastighed, gul-/rødkørsel, chancebetonet adfærd). Her må man gerne være lidt diskret, så man ikke påvirker trafikanternes adfærd ved ens blotte tilstedeværelse.
- Hvordan er randbebyggelse, omgivelserne og anvendelse af vejen, parkering etc.?
- Synlighed af kryds og vejforløb
- Optisk ledning / tracé

Det er en god idé at fotodokumentere. Både hvordan lokaliteten ser ud, men også gerne hvordan trafikanterne oplever lokaliteten, dvs. fotos taget fra trafikanternes synsvinkel. Det kan fx være hvordan oversigten er fra sidevejen, når man sidder i en bil, eller hvordan skilte/tavler og anden afmærkning er placeret, og hvordan de opfattes for trafikanterne i den konkrete situation.

Hvis der er oplysninger, som ikke har været tilgængelige før besigtigelsen – fx trafiktællinger – så kan det være en god idé at lave fx kvarters tællinger, når man er på besigtigelse.

Det er vigtigt, at man tester om de opstillede ulykkeshypoteser er sandsynlige i forhold til vejens udformning, trafikken, adfærden og omgivelserne. Det er også vigtigt, at man undersøger for nye hypoteser, som ikke har været synlige inden besigtigelsen.

En anden grundlæggende faktor ved besigtigelsen er, at prøve at forstå, at der er stor forskel på, hvordan den almindelige trafikant (som i øvrigt er meget forskelligartet) og vejingeniøren opfatter trafikken og vejen og dens omgivelser. Vejtekniske elementer, som for nogle personer synes logiske og entydige, kan af andre personer opfattes vildledende eller forvirrende – alt afhængig af trafikantens præstationsmuligheder, opfattelse og formåen. Se også afsnit 5.3 om de menneskelige faktorer og trafiksikkerhed.

Eksempel... forsat

Besigtigelse

I forbindelse med besigtigelsen er der gjort følgende observationer:

- Træer og horisontalkurve på Havnevej mindsker sigtforholdende i sydgående retning
- C56-tavler delvist skjult af træer og belysningsmaster
- Gul/rødkørsel på Havnevej i sydgående retning – dels pga. høj hastighed og for at "nå med over" begge kryds i samme fase
- Kapacitetsproblemer for venstresving i myldretiden
- Ved venstresving fra Havnevej er oversigten til de modsat rettede kørespor rent vejgeometrisk udmærket, men på grund af de to gennemfartsspor kan ligeudkørende køretøjer dække hinanden
- Der er observeret ændringer i forhold til signal- og afmærkningsplaner.

5.1.5 Konklusion

Efter besigtigelsen er gennemført, og de opstillede hypoteser enten er verificeret eller afkræftet, sammenfattes analysen i en konklusion.

Konklusionen skal beskrive de identificerede ulykkesproblemer, de verificerede hhv. afkræftede hypoteser, samt de ulykkesfaktorer der vurderes at have medvirket til ulykkerne, og som kan påvirkes med henblik på at reducere risikoen for, at tilsvarende ulykker sker igen.

De fundne ulykkesfaktorer i analysen er grundlaget for den videre proces mht. at finde egnede løsningsforslag (se kapitel 6). Det er derfor vigtigt at konklusionen er relativt kortfattet og præcis.

Eksempel... fortsat

Verificering af hypotese og konklusion*Ulykkesproblem*

Ulykkesbilledet er meget ensartet i de to rampekryds, som er domineret af venstresvingsulykker og bagende-kollisioner.

Hypoteser

Under besigtigelserne blev det observeret, at der i både syd- og nordgående køreretning på Havnevej sættes på at "nå med over" ved signalskift. Der indgår da også enkelte tilfælde af rød-/gulkørsel i venstresvingsulykkerne i begge kryds. I det nordlige kryds har politiet skønnet høj hastighed for de ligeudkørende/sydgående. I det sydlige kryds er der typisk skønnet relativt lave hastigheder for de ligeudkørende/nordgående trafikanter. Specielt i det sydlige kryds placerer mange lastbiler sig i anden vognbane med henblik på efterfølgende at placere sig i venstresvingssporet.

Dette giver anledning til følgende hypoteser:

- De venstresvingende fejltolker de modkørendes intentioner med hensyn til at standse ved signalskift.
- Bilister i det venstre ligeud spor dækker for (hurtigere) bilister i det højre ligeud spor.

Begge hypoteser vil kunne forklare nogle af 410-ulykkerne i det sydlige kryds. Det er næppe et markant problem i det nordlige kryds, at bilisterne i de to ligeudspor dækker for hinanden, eftersom det i tilknytning til flere ulykker er vurderet, at den hurtige, sydkørende bilist har kørt i 2. vognbane (venstre spor).

Da flere af ulykkerne sker på tidspunkter med tæt trafik, er det også en mulig hypotese, at:

- Nogle venstresvingere lader sig stresse til at tage chancer, eller "lader sig trække med", når de forankørende svinger.

Endelig er det en mulig hypotese, at:

- Bilister i sydlig retning samt på den østgående frakørselsrampe (vejdel-3) observerer krydset og signalerne for sent i forhold til deres hastighed. Muligvis grundet uopmærksomhed.

Dette kan, udover at medvirke til gul- eller rødkørsel, også medvirke til bagendekollisionerne i syd- og østgående køreretning.

Påvirkelige ulykkesfaktorer

De mest oplagte ulykkesfaktorer for hovedparten af ulykkerne i de to rampekryds vurderes at være:

- Uopmærksomhed kombineret med høj hastighed

Det gælder venstresvingsulykkerne samt de 3 ulykker på den østgående frakørselsrampe (vejdel 3). I 2 af disse ulykker er politiets skønnede hastigheder på 80 km/t.

5.2 Temaanalyse

Temaanalyser er typisk baseret på ulykker fra et større område, hvor man ikke nødvendigvis holder sine ulykkesproblemer og hypoteser op mod konkrete steder på vejnettet.

Grundlæggende laves selve udredningen af ulykkesproblemerne og hypoteserne på samme måde som under detailanalyser, men de ulykker man undersøger og opstiller hypoteser på baggrund af, dækker ikke kun enkelt-lokaliteter men fx hele byområder, kommuner, åbent land el. lign.

Basistrinene i temaanalyser er følgende:

- Overordnet analyse af mange ulykker som afslører temaer, som man bør se nærmere på for fx en hel kommune. Eksempelvis kan en gennemgang af en kommunes ulykker vise, at ulykker med cyklister eller eneulykker i åbent land er et udtalt og relevant problem at gøre noget ved
- Derefter analyse af de(t) udvalgte tema(er). Dvs. analyse af alle ulykker i temaer indenfor et givent område (fx alle eneulykker i åbent land)
- Opstilling af hypoteser. Her leder man efter generelle hypoteser, og knap så specifikke sted-bundne hypoteser som i en detailanalyse
- Verificering af hypoteser vil normalt ikke ske ved at besigtige alle ulykkessteder grundigt, men mere være en besigtigelse, der kan give generelle input til, om hypoteserne er i den rigtige retning
- Hypoteserne gøres endelige

De løsningsforslag som er rettet mod de fundne problemstillinger, vil typisk have karakter af mas-setiltag, som vil være billige og samtidig kunne etableres mange steder og ikke nødvendigvis kun, hvor der er sket ulykker. Kortmodulet i vejman.dk giver mulighed for at få ulykker vist på kortet ud fra forskellige tematiseringer.

Eksempel på temaanalyse

Vedbjerg Kommune er en kommune uden større byer og med et vejnet, der i stor udstrækning består af 2-sporrede veje i åbent land. De registrerede trafikulykker er spredt ud på vejnettet i hele kommunen uden større koncentrationer, bortset fra enkelte større kryds.

På grund af den meget spredte ulykkesforekomst er det vurderet, at traditionel ulykkesbekæmpelse med udpegning af ulykkesbelastede steder ikke kan bidrage væsentligt til at forbedre sikkerheden. Kommunen har i stedet valgt at tage udgangspunkt i et af temaerne fra Færdselssikkerhedskommissionens Handlingsplan – ”Hver ulykke er én for meget” – og gennemføre en temaanalyse med fokus på eneulykker, eftersom eneulykker med personskade udgør næsten 30 % af alle ulykkerne i kommunen.

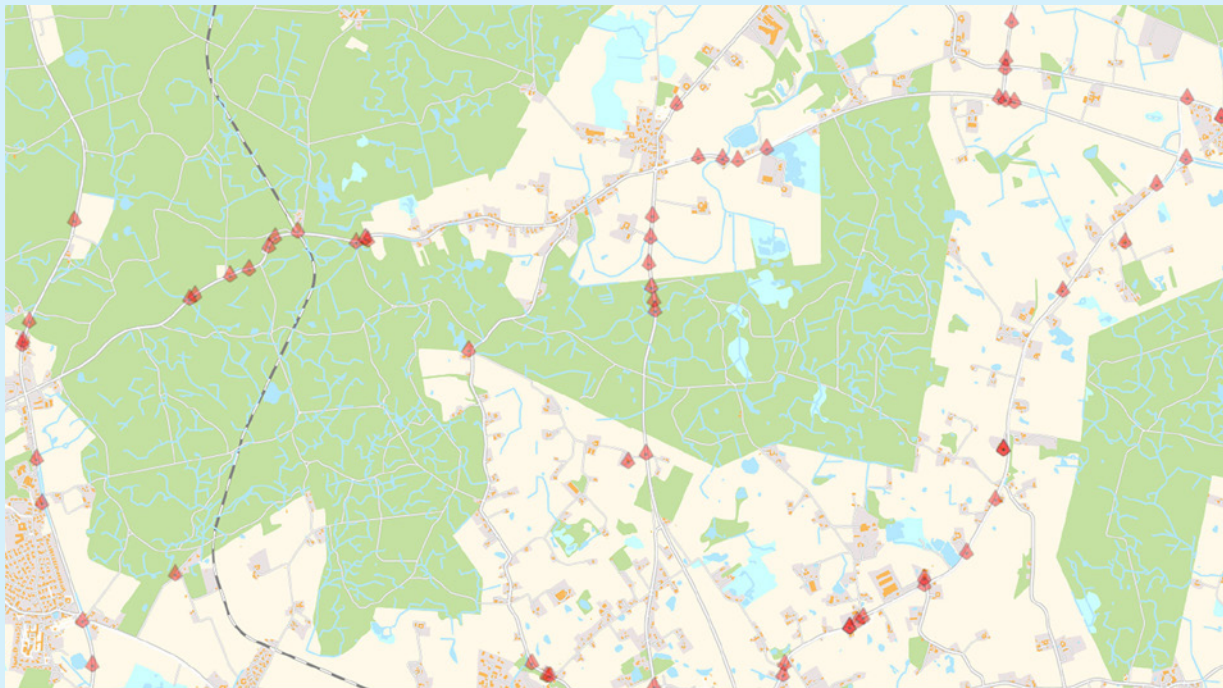
Tabellen herunder viser antallet af eneulykker i Vedbjerg Kommune. I alt er der registreret 253 eneulykker i landzone og 129 i byzone. Eneulykkerne i landzone sker primært på lige vej og i vejkurver, og er nogenlunde ligeligt fordelt på dagslys og mørke. En yderligere opdeling viser, at 65 % af eneulykkerne med personskade sker i landzone på lige vej eller i vejkurve.

Fra vejman.dk fås et overblik over hvor eneulykker i landzone er sket (se udsnit af kortvisning herunder).

Eneulykker (person- og materielskadeulykker) i Vedbjerg Kommune 2004-2013 fordelt på by og land samt vejudformning og lysforhold.

Lysforhold	Byzone					Landzone				
	Kryds	Lige vej	Kurve	Andet	By total	Kryds	Lige vej	Kurve	Andet	Land total
Dagslys	12	32	6	6	56	11	77	39	4	131
Mørke	21	34	12	6	73	17	77	23	5	122
Hovedtotal	33	66	18	12	129	28	154	62	9	253

Eksempel ...fortsat



Kortudsnit med eneulykker i landzone i Vedbjerg Kommune 2004-2013 fordelt på vejnettet (alle politiregistrerede ulykker).

Af kortet ses en høj koncentration af eneulykker på flere af de overordnede vejstrækninger i kommunen. En yderligere analyse af eneulykker i landzone sket på lige vej eller i vejkurve viser:

- Der er en overrepræsentation af ulykker i mørke.
- Flere eneulykker er præget af høj hastighed.
- Der er en overrepræsentation af unge mandlige bilførere.
- I ca. halvdelen af ulykkerne optræder faste genstande (træer, autoværn, lysmast eller lign). I flere tilfælde skønnes de faste genstande at have været en skadesfaktor.
- Omkring 20 % af eneulykkerne sker i vejkurver og ca. 60 % på lige vej.
- De alvorlige eneulykker sker typisk i vejkurver.

På baggrund af ulykkesanalysen opstilles følgende ulykkeshypoteser:

- Uopmærksomhed og høj hastighed i kombination med vejens tracé.
- Dårlig og/eller uensartet afmærkning i vejkurver gør, at trafikanter bliver overrasket (især i mørke).

Efter en besigtigelse af flere af de mest ulykkesbelastede strækninger besluttes det at koncentrere indsatsen på følgende vejtekniske løsningsforslag:

- Massetiltag i form af rumleriller i vejmidte.
- Trafiksikkerhedsinspektion af 3 udvalgte strækninger
- Systematisk gennemgang af alle vejkurver med en radius under 400 m og med en ÅDT over 1000 samt efterfølgende justering/ensretning af skiltning og afmærkning.

5.3 De menneskelige faktorer og trafiksikkerhed

En forståelse af relationen imellem de menneskelige faktorer og trafiksikkerhed er vigtig i forbindelse med problemformulering, hypoteser, besigtigelse og løsningsforslag. I dette afsnit gives en kortfattet introduktion til emnet og der henvises til supplerende litteratur for yderligere baggrundsviden.

For at kunne bygge trafiksikre og velfungerende veje kræves, dels en god forståelse for hvordan vi som mennesker fungerer som trafikanter, dels viden om trafikanters evner og formåen, både fysisk og mentalt. De grundlæggende nødvendige færdigheder som kræves, når vi færdes i trafikken, omhandler bl.a.:

- Synsevne (fx læseafstand, opfattelse af kontrastforhold)
- Reaktionstid (bremsereaktionstid, beslutningsreaktionstid)
- Opfattelsesevne (fx evne til at vurdere hastighed og afstand)
- Opmærksomhed og informationsbearbejdning
- Fysisk formåen (fx gang-, cykelhastighed, hoveddrejning)

Som udgangspunkt har mennesker ikke noget medfødt instinkt for at færdes i trafikken. De fleste af de færdigheder, som kræves, er derfor tillærte. Eksempelvis har alle en instinktiv fornemmelse for, at højder kan være farlige (hvis man falder ned). Fornemmelse for at høj fart kan være farlig, er derimod ikke medfødt. Evnen til at vurdere hastighed er således noget, der skal indlæres. I denne indlæringsproces er der risiko for at lave fejl, som til tider vil resultere i ulykker. Vejene skal designes så indlæringsprocessen understøttes.

Trafikanter vil typisk ubevidst opfatte og lægge mærke til det, som de er mest interesseret i. Dermed vil de også udelukke og overse alt andet. Det betyder, at man som trafikant i situationer hvor vejen er meget kompleks, og hvor der er mange ting at forholde sig til, kun vil "se" brudstykker af det samlede billede. En trafikant kan endvidere kun opfatte 2-3 informationer pr. sekund, afhængig af kompleksiteten af de informationer som modtages.

Hvis der er en meget simpel og entydig information, som trafikanten modtager, fx at bremselygterne på den forankørende bil tændes, vil trafikantens opfattelsestid og reaktionstid oftest være meget hurtig (<1sek.). Er det derimod en mere kompleks situation, hvor trafikanten skal krydse en tværgående vej, og hvor der skal kigges til højre og venstre for at orientere sig imod flere krydsende strømme (cyklister og køretøjer), vil reaktionstiden være langt højere (2-3 sek.). Overfor helt uventede hændelser, som fx tabt gods på en motorvej, kan reaktionstiden være helt op til 4-5 sekunder. Reaktionstiden afhænger således helt af situationen.

Et andet aspekt er det forhold, at trafikanter samlet set er meget forskellige og udstyret med meget forskellige færdigheder i trafikken. En stor gruppe af trafikanter har således reducerede færdigheder set i forhold til gennemsnittet. Det kan fx være trafikanter med fysiske handicap (dårligt syn, gangbesværede, mindre bevægelighed) eller specielle trafikanter (fodgænger med barnevogn, lastbil med bred last og dårligt udsyn) eller aldersbetingede manglende færdigheder hos børn, unge og ældre (erfaring, beslutningstid, kognitive formåen mv.). I nogle sammenhænge tales om "Den dimensionsgivende trafikant", som omhandler forskellige trafikantgruppers krav til vejsystemets udformning og indretning baseret på eksisterende viden om deres fysiske og mentale formåen i forskellige trafikale situationer.

Trafikanternes evner og formåen, når de færdes i trafikken, er med til at bestemme, hvordan vejdesignet skal udformes. På lokaliteter med mange ulykker vil man ofte se, at én eller flere af de færdigheder, som kræves af trafikanten på det pågældende sted, er udfordret. Det kan fx være, at mængden af information fra tavler og anden afmærkning, som skal bearbejdes af trafikanten, er for høj, at reaktionstiden for at træffe en beslutning om at køre frem for vigepligt er for kort, eller at tavler og afmærkning er i modstrid med vejens design.

I et nyere nordisk studie (Nordic Human Factors Guide) beskrives, hvordan vi som bilister handler i trafikken, og hvordan vore handlinger påvirkes af vejudformning og trafikmiljø. Beskrivelsen udgør en forklaringsmodel for trafikantadfærd. Formålet med studiet har været at skabe et praktisk anvendeligt analyseværktøj, der kan bruges til at forstå årsager til forskellige problemer på vejnettet.

Forklaringsmodellen danner grundlaget for den såkaldte "Selvforklarende vej". Begrebet den "Selvforklarende vej" bygger på et princip om, hvordan man udformer et trafiksikkert vejsystem med udgangspunkt i trafikanternes fysiske og mentale formåen. En selvforklarende vej indebærer, at vejen og dens omgivelser udformes, så den fremstår simpel og entydig, klar og forståelig samt synlig og genkendelig. Det vil sige, at vejen ikke blot giver informationer til trafikanten igennem skiltning og afmærkning, men også ved hjælp af selve vejudformningen og vejenes omgivelser og dermed gennem helhedsindtrykket af vejen, således at trafikanten afpasser sin adfærd efter forholdene.

Beskrivelse af den selvforklarende vej:

- *Den selvforklarende vej* er en vej, der er udformet, så trafikanterne umiddelbart oplever, hvordan de skal færdes på den
- Trafikantadfærd bestemmes hovedsageligt af bilistens forventninger om og umiddelbare opfattelse af vejen og den aktuelle trafiksituation her og nu. Derfor skal vejen udformes på en måde, der stemmer overens med bilistens forventninger
- Det indebærer, at vejen skal have en tydelig og genkendelig standardiseret udformning
- *Den selvforklarende vej* skal udformes, så det bliver let for trafikanten at køre rigtigt og svært at køre forkert
- I udformningen af *Den selvforklarende vej* tilstræbes et formsprog, der helt eller delvist overflødiggør den symbolske information. Den symbolske information (vejtaavler og anden afmærkning) skal først og fremmest være et supplement til den naturlige information, som ligger i vejens udformning, og må aldrig være i konflikt med denne.

Den selvforklarende vej er et langsigtet designmål, som kun kan realiseres igennem fortsat udvikling mod standardiserede og ensartede design, som er let genkendelige for trafikanterne. I den proces er det vigtigt, at vejtaavler og anden afmærkning altid supplerer og bekræfter den naturlige information, der ligger i vejens fysiske udformning, og aldrig er i konflikt med denne.

Mere information om ulykkesanalyse, ulykkesfaktorer og de menneskelige faktorer samt den selvforklarende vej kan findes på:

- Hvorfor sker trafikulykkerne? Havarikommissionen for Vejtrafikulykker, 2014, www.hvu.dk
- Grove hastighedsovertrædelser. Havarikommissionen for Vejtrafikulykker, 2011, www.hvu.dk
- Tværanalyse af HVU-data – Fokus på vejforhold. Havarikommissionen for Vejtrafikulykker, 2010, www.hvu.dk
- Vejtrafik – Trafikteknik & Trafikplanlægning, Polyteknisk forlag 1994
- Veje og stier, Polyteknisk forlag 1998
- Nordic Human Factors Guideline, www.nmfv.dk > Vejgeometri-trafikteknik
- Nordic Human Factors Guideline - Forklaringsmodel for trafikantadfærd, G. Helmers, Trafitec, 2014
- Vurdering av fart og avstand/Uoppmerksomhet og distraksjon, F.Sagberg, Töl, 2011
- Psykologiske forhold ved besigtigelse af uheldsstedet. Hans Jørgen Johansen. Vejdirektoratet 1977
- "Grundlaget for Den Selvforklarende Vej" og "Hvordan opstår spøgelsesbilisme?"
L. Herrstedt, Trafik&Veje, juni/juli 2014

6. Løsningsforslag

I dette kapitel beskrives en række af de overvejelser man bør gøre sig i processen med valg og udarbejdelse af løsningsforslag. Desuden videreføres eksemplet fra kapitel 5.

Med udgangspunkt i de ulykkesproblemer som ulykkesanalysen har afdækket, og de konklusioner der er draget vedrørende de påvirkelige faktorer, udarbejdes konkrete løsningsforslag til afhjælpning af problemerne.

Afhængig af hvilken type ulykkesanalyse og problemstilling man arbejder ud fra, kan de løsningsforslag man søger være specifikt ulykkesbekæmpende (så man undgår at tilsvarende ulykker sker samme sted igen) eller af mere forebyggende karakter (så man undgår at tilsvarende ulykker sker andre steder). Valg af løsningsforslag skal endvidere tage udgangspunkt i den overordnede strategi for trafiksikkerhedsarbejdet, som fx kunne være:

- Enkeltlokaliteter (målrettet et specielt udvalgt kryds eller strækning)
- Områdetiltag (målrettet et større område – fx bump i byområde)
- Massetiltag (enkle billige foranstaltninger som kan etableres mange steder)

I arbejdet med at finde egnede løsningsforslag kan der hentes hjælp fra *Problem- og løsnings-tabellen* i Bilag 3. Tabellen tager udgangspunkt i konkrete ulykkesproblemer og hypoteser og angiver forskellige mulige løsningsforslag opdelt på strækninger og kryds. Endvidere henvises til håndbogen *Effekter af vejtekniske virkemidler*, der ligeledes kan anvendes til vurdering af konkrete løsningsmuligheder. Håndbogen giver en kort indføring i forskellige sikkerhedsfremmende vejtekniske tiltag, herunder hvilke ulykkesproblemer det enkelte tiltag kan forbedre, hvilke vejtyper tiltaget kan etableres på, samt hvilken virkning tiltaget kan forventes at have.

En liste med supplerende litteratur og referencer, der også indeholder konkret og ajourført viden om mulige løsninger til bedre sikkerhed, findes sidst i kapitlet. Man skal være opmærksom på, at viden om effekter og løsninger er under stadig udvikling, hvorfor det er relevant at følge med og være opdateret på området. De listede referencer udgør ikke et komplet løsningskatalog og beskriver heller ikke al viden om de enkelte løsninger. Til forståelse af enkelte løsningers betydning i en større helhed kan det anbefales at se nærmere på Vejreglernes trafiksikkerhedsprincipper og Trafiksikkerhedsrevision og inspektion.

6.1 Valg af løsning

Ulykkesanalysen er grundlag for udarbejdelse af egnede løsningsforslag. Der tages udgangspunkt i ulykkesanalysens konklusion, som beskriver de konkrete ulykkesproblemer, de udpegede hypoteser og de påvirkelige ulykkesfaktorer. Løsningsforslagene skal målrettes disse.

I Bilag 3 findes en problem- og løsningstabel. Ud fra konkrete ulykkesproblemer og hypoteser angiver tabellen forskellige mulige løsningsforslag. Hvis fx høj hastighed er udpeget som en påvirkelig ulykkesfaktor, så skal løsningsforslagene findes blandt tiltag, der kan reducere hastigheden.

Det er en god idé at pege på flere løsningsmuligheder, så alternativer kan vurderes op mod hinanden, og den eller de bedste løsninger kan findes. Forslagene kan indeholde omfattende og dyre løsninger såvel som billigere og enkle løsninger.

Overvejelser ved valg af løsning – Eksempel

På en strækning i åbent land findes en ulykkesbelastet vejkurve. Midt i vejkurven er der en udkørsel fra en tankstation. Vejkurven er i delvis placeret på en bakketop hvilket gør oversigtforholdene dårlige. Kurven er svær at erkende, og det er svært at vurdere, hvor hurtigt man kan køre på stedet. Oversigtforholdene ved udkørsel fra tankstationen er dårlige og trafikanter på hovedvejen har svært ved i tide at opdage udkørslen og eventuelt udkørende trafikanter.

Det grundlæggende problem er vejens tracé samt udkørsels placering. Det dyre løsningsforslag, som vil løse problemerne, er en grundlæggende ombygning af vejen til en vejkurve med større radius og en bedre løsning for udkørslen ved tankstationen. En sådan løsning vil medføre at vejen bliver mere selvforklarende, så der er større overensstemmelse med, hvad trafikanterne forventer og formår.

En alternativ (og oftest mere realiserbar løsning) er at etablere supplerende tavler og afmærkning til varsling og tydeliggørelse af vejkurven og udkørslen og evt. supplere med en skiltet lokal hastighedsbegrænsning. Sådanne tiltag er dog alle udtryk for, at det grundlæggende vejdesign ikke er selvforklarende og i overensstemmelse med trafikanternes forventning. Brug af supplerende tavler og afmærkning bør derfor, så vidt det er muligt, gøres systematisk og ensartet, så der opstår en vis form for konsistens i brugen. Derved sikres, at bilisten ikke bliver overrasket på en tilsvarende efterfølgende lokalitet - der ikke er afmærket i samme omfang.

Uanset om der er tale om omfattende eller enkle løsningsforslag er det ved valg af løsning væsentligt at fokusere på, både at reducere sandsynligheden for at en ulykke sker, og at minimere konsekvenserne af en ulykke. Ofte er det ikke muligt direkte at "slå en løsning op" i en håndbog eller et katalog. I en sådan situation kunne en mulig fremgangsmåde være at undersøge, om konflikter kan deles op, om vejudformningen kan forenkles, eller om alvorligheden af en konflikt kan reduceres ved at sænke hastigheden.

Når man har identificeret en eller flere potentielle løsninger på en lokalitets ulykkesproblemer og ulykkeshypoteser, er det væsentligt at "teste" løsningsforslaget. Vil forslaget medføre andre ulykkesproblemer, således at ét ulykkesproblem erstattes af et andet? Er løsningen "langtidsholdbar" eller blot en udskydelse af det grundlæggende problem? Påvirker løsningsforslaget andre forhold end blot trafiksikkerheden? En løsning kan – ud over trafiksikkerhed – også påvirke fx fremkommelighed, tryghed, tilgængelighed, æstetik, miljø og økonomi. Da sådanne andre forhold også indgår i politiske prioriteringer, er det nødvendigt at have en bred viden om de løsninger, der påvirker andre forhold.

Ideelt set bør de fundne løsningsforslag afhjælpe de konkrete ulykkesproblemer uden at generere nye problemer og uden at flytte ulykkerne til en anden lokalitet.

Løsningsforslaget tegnes, beskrives og begrundes, og der kan eventuelt angives alternative tiltag. Herefter angives overslag på sikkerhedseffekt samt anlægs- og driftsudgifter, så de forskellige løsningsforslag kan sammenholdes (se kapitel 7 og 9).

Løsningsforslag til eksemplet beskrevet i kapitel 4 vil se således ud:

Eksempel fra kapitel 4 fortsat

Løsningsforslag

Separat venstresving vil formentlig kunne løse de mange 410 ulykker i de to rampekryds. Det vurderes dog, at løsningen vil få konsekvenser for kapaciteten, hvorfor en større ombygning og udvidelse af krydset/broen er nødvendig, hvilket er en meget dyr løsning med lav rentabilitet.

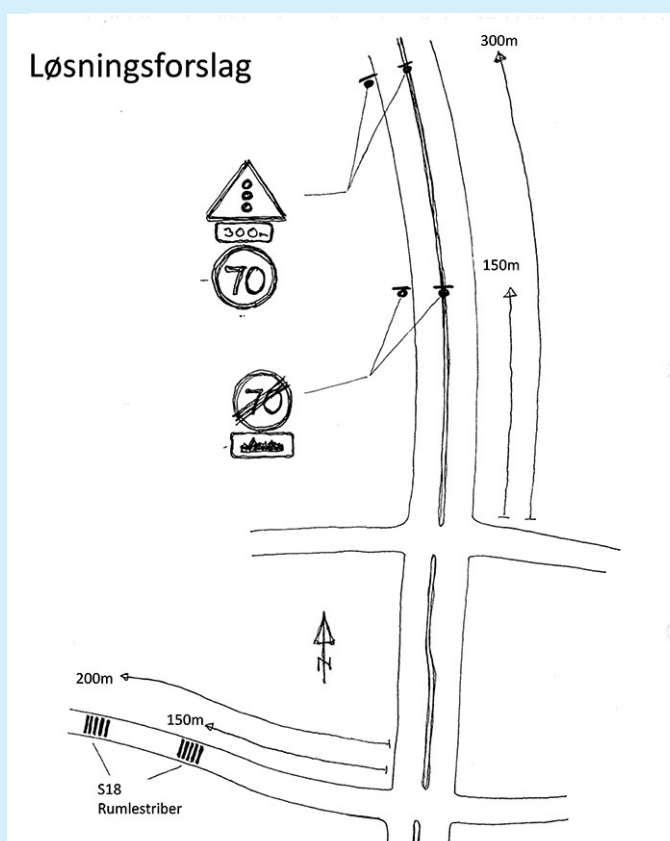
I stedet foreslås to simple tiltag (se skitse), som kan gennemføres separat, og vil kunne betales over driftsbudgettet:

1. Forstærket forvarsling af kryds og signal, samt gradvis nedsættelse af hastighedsgrænsen i sydgående retning på Havnevej.
2. Rumlefelter på frakørselsrampen i østlig retning (vejdel 3).

Ad 1) Hastighedsgrænsen foreslås nedtrappet fra 80 km/t via 70 km/t til den generelle hastighedsgrænse på 50 km/t. Nedenfor ses forslag til tavlernes placering i forhold til krydset. De angivne afstande skal betragtes som vejledende, idet det er vigtigt at placere tavlerne rigtigt i forhold til træbeplantningen og belysningsmasterne.

Det har også været overvejet at nedsætte hastighedsgrænsen til 60 km/t og beholde denne hastighed gennem hele anlægget. Dette vil formentlig virke mere logisk for trafikanterne og svarer til, hvad der er gældende på det omkringliggende overordnede vejnet. Løsningen er dog fravalgt, da det vil kræve ekstra skiltning med C55-tavler omkring rampekrydsene.

Ad 2) Der foreslås to rumlefelter med ca. 50 meters mellemrum. Deres primære formål er at skærpe opmærksomheden og få eventuelt hurtigt kørende bilister til at nedsætte hastigheden inden krydset. Rumlefelterne skal placeres inden starten af svingsporene.



Mere viden om løsningsforslag og trafiksikkerhedsprincipper mv. findes bl.a. i:

- Effekter af vejtekniske virkemidler, Vejdirektoratet, 2014, www.vejdirektoratet.dk
- Trafiksikkerhethåndboken, Transportøkonomisk institutt, Norge, 2012, www.toi.no
- Highway Safety Manual, American Association of State Highway and Transportation Officials, USA, 2010. www.highwaysafetymanual.org. Tilknyttet website om Sikkerhedseffekter findes på www.cmfclearinghouse.org
- Road safety manual, World Road Association, PIARC, 2003 (ny udgave på vej), www.piarc.org
- Trafiksikkerhedsprincipper, Vejregler, Vejdirektoratet, Danmark, www.vejdirektoratet.dk
- Håndbog i trafiksikkerhedsinspektion, Vejregler, Vejdirektoratet, www.vejdirektoratet.dk
- Håndbog i trafiksikkerhedsrevision og inspektion, Vejregler, Vejdirektoratet, www.vejdirektoratet.dk



7. Forhåndsvurdering af sikkerhedseffekt

For at kunne prioritere mellem alternative trafikssikkerhedstiltag er det nødvendigt at forhåndsvurdere sikkerhedseffekten af alternativerne.

Der findes flere metoder til at udføre forhåndsvurdering af sikkerhedseffekten af et tiltag på en given lokalitet. Der skelnes mellem ombygninger (eksisterende vejnet) og nyanlæg (anlæg af nye veje).

I det følgende beskrives og eksemplificeres fire forskellige metoder til forhåndsvurdering af sikkerhedseffekten ved ombygninger (afsnit 7.1) samt tre metoder til at tage højde for regressionseffekt (afsnit 7.2). Til slut i kapitlet beskrives forhåndsvurderinger af sikkerhedseffekten ved nyanlæg (afsnit 7.3).

7.1 Ombygninger

Ved forhåndsvurdering af tiltags sikkerhedseffekter er det vigtigt at vælge, hvilke ulykker og personskader, der skal indgå i vurderingen. Nogle tiltag har størst effekt på de alvorlige ulykker, dvs. personskadeulykker med alvorligt tilskadekomne eller dræbte, mens andre tiltag påvirker alle ulykker med samme effekt.

For personskader er graden af tilfældighed stigende, jo mere alvorlig personskaden er. Således er forekomsten af dræbte fx forbundet med en større grad af tilfældighed end forekomsten af alvorlige skader. Man kan derfor nemt fejlvurdere sikkerhedseffekten for en lokalitet, hvis én ulykke har mange personskader.

Det anbefales, at forhåndsvurderinger baseres på de seneste 5 års ulykker. Vurderingerne baseres enten på politirapporterede personskadeulykker og materielskadeulykker (opdelt), eller på det samlede antal politirapporterede person- og materielskadeulykker suppleret med antal personskader.

Fire forskellige metoder til forhåndsvurdering af sikkerhedseffekten ved ombygninger beskrives nedenfor:

- Effektberegning (afsnit 7.1.1)
- Påvirkelighedsmetoden (afsnit 7.1.2)
- Ulykkesmodelberegninger (afsnit 7.1.3)
- Hastighedsmodellen (7.1.4)

Metoderne giver alene en foreløbig vurdering, da det kan være nødvendigt at tage højde for regressionseffekt - altså en tilfældig ulykkesophobning. Vejledning til korrektion for regressionseffekten beskrives i afsnit 7.2.

For at få en pålidelig forhåndsvurdering er det hensigtsmæssigt at sammenholde resultater fra mindst to af de fire metoder. Det er tillige en god idé, at to personer udfører forhåndsvurderinger uafhængigt af hinanden og derefter sammenligner resultaterne.

7.1.1 Effektberegning

For tiltag, hvor der foreligger troværdige og velbeskrevne sikkerhedseffekter på ulykker og eventuelt personskader, kan en effektberegning foretages. Sådanne effekter er bl.a. beskrevet i Vejdirektoratets håndbog *Effekter af vejtekniske virkemidler* samt i *Trafikssikkerhedshåndbogen* fra Transportøkonomisk Institutt. Det kan være, at effekterne kun gælder i særlige tilfælde eller for bestemte typer af ulykker. Det er vigtigt at have en god forståelse for tiltagets effekt. En effektberegning er ofte forholdsvis simpel.

Eksempel – Kryds:

I et 4-benet vigepligtsreguleret kryds i det åbne land vil man etablere venstresvingsbaner på primærvejen. Dette tiltag reducerer typisk antallet af både person- og materielskadeulykker med ca. 30 %. Den skønnede effekt i et kryds, hvor der er sket 12 ulykker i løbet af 5 år vil således være:

$$0,3 \cdot 12 \text{ ulykker} = 3,6 \text{ ulykker pr. 5 år} \approx 0,7 \text{ ulykke pr. år}$$

Når et projekt indeholder to eller flere tiltag på samme lokalitet, kan der være overlap mellem tiltagenes effekter. I sådanne tilfælde benyttes *restfaktormetoden*, hvor den andel af ulykkerne, som hvert af de overlappende tiltag ikke forebygger, anvendes i beregningen af den samlede effekt. En restfaktor defineres således at være lig med 1 minus sikkerhedseffekten. Restfaktoren for anlæg af venstresvingsbaner i ovenstående eksempel vil derfor være $1 - 0,30 = 0,70$. For tiltag, der øger ulykkestallet, er restfaktoren større end 1. Med restfaktormetoden kan det foreløbige forventede ulykkestal for lokaliteten med tiltagene implementeret beregnes således:

$$U_{ny} = U_{gl} \cdot R_1 \cdot R_2 \dots \cdot R_n$$

Hvor:

U_{ny} er det nye foreløbige forventede ulykkestal

U_{gl} er det gamle ulykkestal

R_i er restfaktorer for tiltag 1, 2 ... n.

Den samlede sikkerhedseffekt af flere tiltag er lig med $1 - (R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n)$.

Man bør være forsigtig i sin brug af restfaktormetoden. Det skyldes, at tiltag kan påvirke forskellige typer af ulykker, så der kun er et mindre eller intet overlap i effekt mellem tiltag. I de tilfælde må restfaktormetoden benyttes i beregningen af effekten på ulykker, hvor der er et overlap mellem tiltag, mens effekten på ulykker uden overlap blot beregnes, som angivet i første eksempel.

Eksempel – Kryds:

I det 4-benede kryds ønskes udover venstresvingsbaner på primærvejen etableret stoppligt (stoptavler og -linje) på sidevejen. Etablering af stoppligt medfører også et fald i antallet af person- og materielskadeulykker på ca. 30 %. Restfaktoren for etablering af stoppligt er, ligesom for venstresvingsbaner, derfor 0,70.

Den samlede effekt af de to tiltag er:

$$1 - (0,7 \cdot 0,7) = 0,51 = 51 \%$$

For krydset med 12 ulykker på 5 år vil det nye foreløbige forventede ulykkestal være:

$$U_{ny} = 12 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 5,9$$

Venstresvingsbaner og stoppligt vil reducere ulykkestallet med $12 - 5,9 = 6,1$ ulykker på 5 år.

7.1.2 Påvirkelighedsmetoden

I de tilfælde hvor en sikkerhedseffekt for tiltaget er ukendt, utroværdig og/eller ikke velbeskrevet, kan man anvende påvirkelighedsmetoden, hvor erfaringer med tiltagets betydning indgår. I påvirkelighedsmetoden anvendes følgende til forhåndsvurdering af effekten:

- For ulykker og personskader, der helt sikkert påvirkes af tiltaget, antages 50 % af ulykkerne at kunne forebygges.
- For ulykker og personskader, der måske påvirkes af tiltaget, antages 33 % at kunne forebygges.
- Hvis tiltaget forventes at generere nye ulykker angives et skøn herfor.

I påvirkelighedsmetoden forhåndsvurderes ombygningens sikkerhedseffekt ud fra antallet af politi-rapporterede person- og materielskadeulykker og personskader. Den samlede sikkerhedseffekt af ombygningen opgøres herefter skønsmæssigt. Der rundes op eller ned afhængig af forhold som:

- Er tiltaget direkte rettet mod de skete ulykker?
- Er ulykkesbilledet klart og entydigt?
- Er tiltaget omhyggeligt beskrevet og skitseret?
- Er den tidsmæssige ulykkesudvikling faldende eller stigende?
- Er ulykkesbilledet præget af én alvorlig ulykke med mange personskader?
- Er ekstraulykkerne af samme type som de ulykker, der kan påvirkes?
- Er ulykkerne efter udpegningsperioden også påvirkelige?
- Er stedet udpeget som sort plet?

I mange situationer kan det være hensigtsmæssigt både at benytte påvirkelighedsmetoden og en effektberegning for at se, om man når frem til nogenlunde samme resultat. I påvirkelighedsmetoden er sikkerhedseffekten skønnet "forsigtigt", da ingen ulykker eller personskader kan forebygges mere end 50 %, og da en faldende ulykkesudvikling, flere upåvirkelige ulykker efter udpegningsperioden eller at stedet er en sort plet, vil medføre, at sikkerhedseffekten skønnes lavere (rundes ned). Af de årsager menes, at der tages højde for regressionseffekten i påvirkelighedsmetoden. Forhold der kan have betydning for om en ulykke er upåvirkelig af et tiltag er fx spiritus, ildebefindende tilstand eller lignende.

7.1.3 Ulykkesmodelberegninger

Hvor tiltaget resulterer i omlægninger af trafikken eller visse ændringer af krydstype, så kan ulykkesmodeller benyttes i en forhåndsvurdering til at få et overslag for sikkerhedseffekten (ap-værdier, se Bilag 1). Disse situationer kan fx være, hvor der anlægges nye veje, foretages vejlukninger eller 4-benede kryds forsættes til to 3-benede kryds.

Kendes antallet af ulykker og trafikmængder på det eksisterende vejnet, samt et skøn på den nye trafikmængde, kan man få et skøn over ændringerne i ulykkestallene på strækninger ved hjælp af følgende udtryk:

$$U_{ny} = U_{gl} \cdot \left(\frac{N_{ny}}{N_{gl}} \right)^p$$

Hvor:

- U_{ny} er det nye forventede ulykkestal
- U_{gl} er det gamle ulykkestal
- N_{ny} er et skøn på ny trafikmængde
- N_{gl} er den gamle trafikmængde
- p er p-værdien i den tilhørende ulykkesmodel.

Ovenstående forudsætter, at kun trafikmængden ændres, og at vejtypen er den samme før og efter.

Eksempel – Strækning:

Der planlægges en omfartsvej uden om en by. For en 2-sporet vejstrækning med cykelsti i byen, hvor der er sket 7 person- og materielskadeulykker i perioden 2007-2011, forventes årsdøgntrafikken (ÅDT) at falde fra ca. 12.000 til ca. 5.000. Værdien for p for denne vejtype er 0,68 ifølge Vejdirektoratet.

$$U_{ny} = 7 \cdot \left(\frac{5000}{12000} \right)^{0,68} = 3,9$$

Trafikaflastningen på vejstrækningen vil reducere ulykkestallet med $7 - 3,9 = 3,1$, svarende til $3,1/7 = 44 \%$

I tilknytning til ovenstående eksempel bør ulykkestallet for det tilstødende vejnet tillige undersøges. I relation til større eller afgørende om-/nybygninger er det nemlig ikke unormalt, at ulykkesbil- ledet ændrer sig på de omkringliggende veje i form af, at ulykkerne "flytter" sig fra et sted til et andet. Fænomenet kaldes også for migration af ulykker.

Beregningerne for et kryds er i princippet de samme, dog skelnes mellem trafikændringer på primær- og sekundærretningen. Her kan følgende udtryk benyttes:

$$U_{ny} = U_{gl} \cdot \left(\frac{N_{ny}}{N_{gl}} \right)_{pri}^{p1} \cdot \left(\frac{N_{ny}}{N_{gl}} \right)_{sek}^{p2}$$

Eksempel – Kryds:

Der planlægges en omfartsvej uden om en by. I byen findes et 4-benet signalreguleret kryds, hvor der er sket 9 person- og materielskadeulykker i årene 2007-2011. ÅDT i primærretningen forventes at falde fra ca. 12.000 til ca. 5.000, mens ÅDT i sekundærretningen forventes at stige fra ca. 3.500 til ca. 4.500. Værdierne for p1 og p2 er henholdsvis 0,72 og 0,65. Et skøn over det nye ulykkestal bliver:

$$U_{ny} = 9 \cdot \left(\frac{5000}{12000} \right)_{pri}^{0,72} \cdot \left(\frac{4500}{3500} \right)_{sek}^{0,65} = 5,6$$

Trafikændringerne i krydset vil derved reducere ulykkestallet med $9 - 5,6 = 3,4$ svarende til $3,4/9 = 37 \%$.

Ombygninger såsom kanalisering eller signalregulering af kryds, ombygning af kryds til rundkørsel, etablering af cykelsti langs vej etc., kan ikke forhåndsvurderes på en pålidelig måde ved at benytte ulykkesmodeller. Her må man udføre en *effektberegning* eller benytte *50/33-metoden*.

Ulykkesmodeller kan dog til nød anvendes til at forhåndsvurdere tre specifikke typer af ombygninger:

- Vej lukkes i et 4-benet kryds, så det ændres til et 3-benet kryds (her skal man dog huske på, at vejlukning i et kryds kan føre til migration af ulykker).
- Ny vej anlægges, så et 3-benet kryds ændres til et 4-benet kryds.
- Et 4-benet kryds forsættes til to 3-benede kryds.

Hvis man kender de gamle ulykkestal fra før ombygningen, kan man foretage en sådan forhåndsvurdering ved hjælp af følgende udtryk:

$$U_{ny} = U_{gl} \cdot \left(\frac{U_{for-ny}}{U_{for-gl}} \right)$$

Hvor:

U_{ny} er det nye ulykkestal

U_{gl} er det gamle ulykkestal

U_{for-ny} er det forventede ulykkestal for den gamle krydstype
(beregnet vha. en ulykkesmodel)

U_{for-gl} er det forventede ulykkestal for den nye krydstype
(beregnet vha. en ulykkesmodel)

Brugen af dette udtryk muliggør både ændringer i trafikmængder og ændringer i krydstype.

Eksempel – Kryds:

Et 4-benet fuldt kanaliseret vigepligtsreguleret kryds i det åbne land ombygges til to forsatte 3-benede fuldt kanaliserede vigepligtsregulerede kryds. Der er sket 8 person- og materielskadeulykker i det 4-benede kryds i årene 2007-2011. ÅDT i primærretningen er 6.000, mens den i sekundærretningen er 1.500. Trafikmængder vurderes uændret som følge af ombygning. De forventede ulykkestal pr. år kan beregnes ud fra ulykkesmodeller angivet i Bilag 1:

$$\text{4-benet kryds: } U_{for-gl} = 0,00015 \cdot 6000^{0,46} \cdot 1500^{0,44} = 0,205$$

$$\text{2 x 3-benet kryds: } U_{for-ny} = 2 \cdot 0,000054 \cdot 6000^{0,46} \cdot 750^{0,53} = 0,197$$

$$U_{ny} = 8 \cdot \left(\frac{0,197}{0,205} \right) = 7,7$$

Ændringen fra et 4-benet til 3-benede kryds reducerer ulykkestallet med $8 - 7,7 = 0,3$ i dette tilfælde, svarende til $0,3/8 = 4\%$.

Eksempel – Kryds:

I et 4-benet signalreguleret kryds i en by forventes den ene vej lukket, så det omdannes til et 3-benet signalreguleret kryds. Der er sket 11 person- og materielskadeulykker i det 4-benede kryds i årene 2007-2011. ÅDT er ca. 12.000 i primærretningen, ca. 1.000 på vejen der lukkes og ca. 5.000 på den anden vej i sekundærretningen. Trafikmængden forventes uændret på de tre tilbageværende ben.

$$\text{4-benet kryds: } U_{for-gl} = 0,000003 \cdot 12000^{0,72} \cdot 3000^{0,65} = 0,472$$

$$\text{3-benet kryds: } U_{for-ny} = 0,000187 \cdot 12000^{0,47} \cdot 2500^{0,41} = 0,382$$

$$U_{ny} = 11 \cdot \left(\frac{0,382}{0,472} \right) = 8,9$$

Ændringen fra et 4-benet til et 3-benede kryds reducerer ulykkestallet med $11 - 8,9 = 2,1$ i dette tilfælde svarende til $2,1/11 = 19\%$.

Eksempel – Kryds:

Ved et 3-benet vigepligtsreguleret kryds uden kanalisering i landzone forventes, at en ny vej tilsluttes, så krydset omdannes til et 4-benet vigepligtsreguleret kryds uden kanalisering. Der er sket 2 person- og materielskadeulykker i det 3-benede kryds i årene 2007-2011. ÅDT er ca. 4.000 i primærretningen og ca. 1.000 på den eksisterende sidevej. ÅDT forventes at være ca. 1.000 på den nye sidevej, og ÅDT i primærretning forventes samtidig at stige med ca. 500.

$$\text{3-benet kryds: } U_{\text{for-gl}} = 0,000122 \cdot 4000^{0,62} \cdot 500^{0,12} = 0,044$$

$$\text{4-benet kryds: } U_{\text{for-ny}} = 0,004598 \cdot 4500^{0,26} \cdot 1000^{0,16} = 0,124$$

$$U_{\text{ny}} = 2 \cdot \left(\frac{0,124}{0,044} \right) = 5,6$$

Ændringen fra et 3-benet til et 4-benet kryds øger ulykkestallet med $5,6 - 2 = 3,6$ i dette tilfælde, svarende til en stigning på $3,6/2 = 182\%$.



7.1.4 Hastighedsmodellen

Ved tiltag, hvis primære formål er at påvirke motorkøretøjers hastighed, såsom ændrede hastighedsgrænser, "Din fart" tavler, fartdæmpende foranstaltninger mv., kan man benytte en model til at give et overslag på sikkerhedseffekten. Der findes to modeller som præsenteres i det efterfølgende, nemlig potensmodellen og eksponentialmodellen. Begge modeller er baseret på erfarings-tal fra tidligere gennemførte undersøgelser af sammenhæng mellem hastighed og ulykker. Forudsætningen for brug af disse modeller er, at man kender gennemsnitshastigheden for lokaliteten og har en forventning om, hvordan gennemsnitshastigheden vil blive påvirket af tiltaget.

Potensmodellen har eksisteret gennem mere end tredive år og er gennem tiden løbende blevet revideret og valideret. En ny model, eksponentialmodellen, som er fra 2012, anses for at være en anelse bedre end potensmodellen. Især ved høje hastigheder (> 60 km/t) synes eksponentialmodellen at være den bedste. Det anbefales generelt at bruge eksponentialmodellen når sikkerhedseffekten af ændrede hastigheder ønskes vurderet.

De to modeller kan formuleres således:

Potensmodel:

$$U_{ny} = U_{gl} \cdot \left(\frac{HAST_{ny}}{HAST_{gl}} \right)^{\alpha}$$

Eksponentialmodel:

$$U_{ny} = U_{gl} \cdot \frac{e^{(\beta \cdot HAST_{ny})}}{e^{(\beta \cdot HAST_{gl})}}$$

Hvor:

U_{ny} er det nye forventede ulykkestal

U_{gl} er det gamle ulykkestal

$HAST_{ny}$ er et skøn på ny gennemsnitshastighed (km/t)

$HAST_{gl}$ er den gamle gennemsnitshastighed (km/t)

α er eksponenten i potensmodel for en given type af ulykke eller personskaade

β er konstanten i eksponentialmodel for en given type af ulykke eller personskaade

Der er estimeret eksponenter og konstanter for forskellige typer af ulykker og personskaader baseret på tidligere erfaringer med hastighedsændringer og ulykkestal, se tabel 3.

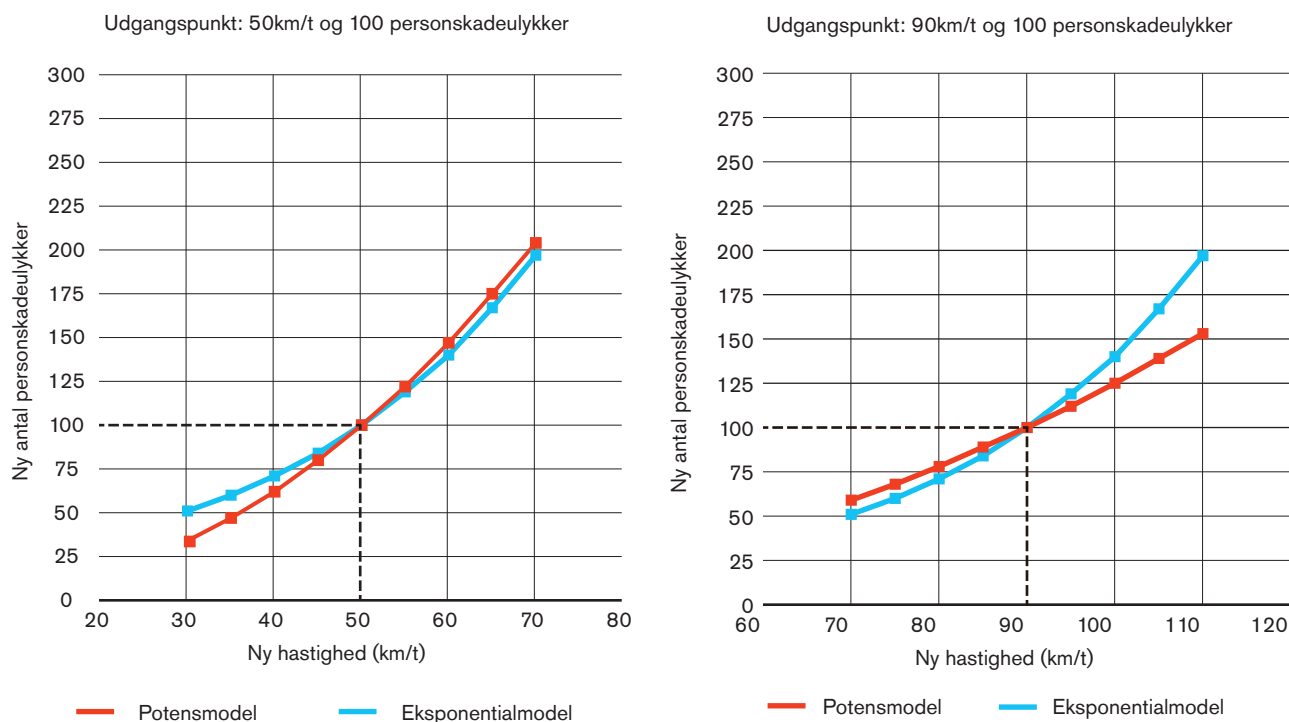
Tabel 3: Eksponenter (α) og konstanter (β) for Potensmodel og Eksponentialmodel baseret på sammenhænge mellem ændring i gennemsnitshastighed og ændring i trafiksikkerhed (Elvik, 2014).

Type af ulykke eller personskaade	α (Potensmodel)	β (eksponentialmodel)
Dødsulykke	4,234	-
Personskadeulykke	2,124	0,034
Materielskadeulykke	1,911	0,032
Dræbte	4,446	0,065
Alvorlige skader	3,795	0,061
Lette skader	2,320	0,028

Der findes ingen eksponenter/konstanter for person- og materielskadeulykker samlet set og heller ikke for alle personskaader samlet. Ønsker man at beregne effekten for fx alle personskaader samlet, skal man beregne effekten for dræbte, alvorlige skader og lette skader hver for sig, og derefter lægge tallene sammen.

I figur 12 vises to eksempler på den beregnede ændring i antal personskadeulykker, hvis man bruger henholdsvis potensmodellen og eksponentialmodellen. I eksemplet er den gamle hastighed henholdsvis 50 km/t og 90 km/t, og det gamle ulykkestal er i begge eksempler sat lig 100. I figuren aflæses det nye antal personskadeulykker ved forskellige hastigheder. En stigning i gennemsnitshastigheden fra 50 km/t til 55 km/t giver således ca. 20% flere personskadeulykker uanset hvilken model der anvendes. Det ses at forskellen mellem de to modeller ikke er voldsom stor bortset fra situationer med høje hastigheder. Som før nævnt anbefales det generelt at bruge eksponentialmodellen.

Figur 12. Eksempel på beregnet effekt ved ændret hastighed (udgangspunkt 50 km/t og 90 km/t)



Eksempel

På en vej i byområde ønskes udført fartdæmpende tiltag. Gennemsnitshastigheden er målt til 45 km/t, og forventes at falde til 40 km/t. På vejen er der sket 2 personskadeulykker og 1 materielskadeulykke. Ud fra Potensmodellen kan det forventede antal ulykker beregnes til:

$$U_{ny, \text{personskadeulykke}} = 2 \cdot \left(\frac{40}{45} \right)^{2,124} = 1,56$$

$$U_{ny, \text{materielskadeulykke}} = 1 \cdot \left(\frac{40}{45} \right)^{1,911} = 0,80$$

Ud fra Eksponentialmodellen kan det forventede antal ulykker beregnes til:

$$U_{ny, \text{personskadeulykke}} = 2 \cdot \frac{e^{(0,034 \cdot 40)}}{e^{(0,034 \cdot 45)}} = 1,69$$

$$U_{ny, \text{materielskadeulykke}} = 1 \cdot \frac{e^{(0,032 \cdot 40)}}{e^{(0,032 \cdot 45)}} = 0,85$$

De fartdæmpende tiltag forventes således at reducere antallet af personskadeulykker med 0,31 - 0,44 afhængig af hvilken model man bruger. Antallet af materielskadeulykker forventes reduceret med 0,15 - 0,20.

7.2 Regressionseffekt

Ved vurderinger af den sikkerhedsmæssige effekt af ombygning af fx et kryds, der er udpeget på basis af en sortpletudpegning, optræder som tidligere nævnt det fænomen, der kaldes regressionseffekten. Regressionseffekten er et udtryk for, at et kryds kan være udpeget som en sort plet i en periode, hvor der måske tilfældigvis er sket mange ulykker i krydset. Hvis man lod krydset ligge uberørt, ville man i den efterfølgende periode måske se en reduktion i antallet af ulykker.

I trafiksikkerhedsarbejdet vil regressionseffekten således typisk være relevant at tage højde for, når:

- Trafiksikkerhedstiltag implementeres på steder, hvor der sker signifikant flere ulykker, end man kunne forvente set i forhold til trafikmængden (sorte pletter)
- Trafiksikkerhedstiltag implementeres på de steder, hvor der er sket flest ulykker, altså efter faldende ulykkestæthed (se afsnit 3.4)
- Trafiksikkerhedstiltag implementeres alle steder, hvor der er sket ulykker eller ulykker indenfor en bestemt type indenfor en vis årrække.

Der findes flere både danske og udenlandske metoder til at tage højde for regressionseffekten i et enkelt kryds eller på en strækning. I effektundersøgelser af sortpletarbejder korrigeres for regressionseffekten ved at reducere ulykkerne i førperioden med 20 - 30 %. Det er den reduktion, man kunne forvente at have fået uden at ændre noget.

Benyttes påvirkelighedsmetoden til forhåndsvurdering er det ikke nødvendigt at forholde sig til regressionseffekten, idet metoden til dels tager højde for dette.

I de følgende afsnit præsenteres tre metoder til at tage højde for regressionseffekt:

- Gennemsnitsmetodik (den hurtige metode)
- Empirical Bayes (den bedste metode)
- Lang ulykkesperiode (den lidt mere tidskrævende metode)

7.2.1 Gennemsnitsmetodik

I rapporten *Effektkatalog – Viden til bedre trafiksikkerhed (2008)* blev den tilfældige variation i forekomsten af ulykker i 13.971 danske kryds analyseret. Det arbejde har gjort det muligt at angive en gennemsnitlig regressionseffekt for lokaliteter afhængig af antallet af rapporterede ulykker. Det reelle ulykkesniveau kan beregnes ud fra det rapporterede ulykkesniveau på følgende måde:

$$\text{Reelt ulykkesniveau}_{3 \text{ år}} = 0,5729 \cdot \text{antal rapporteret ulykker}_{3 \text{ år}}^{1,0850}$$

$$\text{Reelt ulykkesniveau}_{5 \text{ år}} = 0,6081 \cdot \text{antal rapporteret ulykker}_{5 \text{ år}}^{1,0567}$$

Regressionseffekten kan opgøres som det rapporterede antal ulykker minus det reelle ulykkesniveau. Sikkerhedseffekten af et tiltag skal faktisk beregnes med udgangspunkt i det reelle ulykkesniveau.

Eksempel – Kryds

I et 4-benet vigepligtsreguleret kryds i det åbne land vil man etablere venstresvingsbaner på primærvejen. Tiltaget reducerer typisk antallet af både person- og materielskadeulykker med ca. 30 %. I krydset er der rapporteret 10 ulykker i løbet af 5 år. Det reelle ulykkesniveau kan beregnes til:

$$\text{Reelt ulykkesniveau}_{5 \text{ år}} = 0,6081 \cdot 10^{1,0567} = 6,9 \text{ ulykker pr. 5 år.}$$

$$\text{Regressionseffekten er således } 10 - 6,9 = 3,1 \text{ ulykker pr. 5 år. } \approx 31 \%$$

Sikkerhedseffekten af venstresvingsbanerne forventes at være:

$$0,3 \cdot 6,9 = 2,1 \text{ ulykker pr. 5 år } \approx 0,4 \text{ ulykker pr. år.}$$

Ud fra de førnævnte formler er regressionseffektens gennemsnitlige andel af de rapporterede ulykker opgjort i tabel 4.

Tabel 4. Regressionseffektens gennemsnitlige andel af rapporterede ulykker for lokaliteter med henholdsvis 3- og 5-årig ulykkesperiode. Beregnet ud fra nævnte formler.

Rapporterede ulykker	3-årig ulykkesperiode		5-årig ulykkesperiode	
	Reelt ulykkesniveau	Regressionseffekt	Reelt ulykkesniveau	Regressionseffekt
1	0,57	43 %	0,61	39 %
2	1,22	39 %	1,26	37 %
3	1,89	37 %	1,94	35 %
4	2,58	36 %	2,63	34 %
5	3,28	34 %	3,33	33 %
6	4,00	33 %	4,04	33 %
7	4,73	32 %	4,75	32 %
8	5,47	32 %	5,47	32 %
9	6,21	31 %	6,20	31 %
10	6,97	30 %	6,93	31 %
11	7,73	30 %	7,66	30 %
12	8,49	29 %	8,40	30 %
13	9,26	29 %	9,14	30 %
14	10,04	28 %	9,89	29 %
15	10,82	28 %	10,64	29 %

7.2.2 Empirical Bayes

Brug af Empirical Bayes metoden, der blev udviklet af Hauer (1997), forudsætter, at omfanget af ikke-forklaret systematisk variation i en ulykkesmodel er beskrevet. Det er tilfældet i ulykkesmodeller med en negativ binomialfordeling. I en ulykkesmodel med negativ binomialfordeling estimeres spredningsparameteren, og denne benyttes til at beregne den mest sandsynlige størrelse af regressionseffekten. I Danmark findes kun sådanne ulykkesmodeller for rundkørsler (*Uheldsmo- deller for rundkørsler*, 2013). Det reelle ulykkesniveau for en lokalitet kan ud fra Empirical Bayes beregnes således:

$$\lambda = \omega \cdot \mu + (1 - \omega) \cdot y$$

Hvor:

- λ er det reelle ulykkesniveau (estimeret)
- ω er en vægtfaktor
- μ er det forventede ulykkesniveau beregnet ud fra en ulykkesmodel
- y er det rapporterede antal ulykker.

Spredningsparameteren, k , indgår i det bedste estimat for vægtfaktoren:

$$\omega = \frac{1}{1 + k \cdot \mu}$$

Ud fra de to ovennævnte formler er det således muligt at beregne det reelle ulykkesniveau og regressionseffekten, hvis man har en ulykkesmodel og den tilhørende spredningsparameter for den type af kryds eller strækning, som lokaliteten er.

Eksempel – Rundkørsel

Der er rapporteret 10 ulykker sket i en rundkørsel i perioden 2004 - 2010. I samme periode var den indkørende årsdøgntrafik (ÅDT) på 10.000. Følgende ulykkesmodel kan benyttes til at beregne det forventede ulykkesniveau:

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

Det vil sige:

$$UHT_{\text{år 2004-2010, person- og materielskadeulykke}} = 0,003901 \times 10000^{0,7277} = 3,177 \text{ ulykker}$$

$$\omega = \frac{1}{1 + 0,7431 \cdot 3,177} = 0,2975$$

$$\lambda = 0,2975 \cdot 3,177 + (1 - 0,2975) \cdot 10 = 8,0 \text{ ulykker}$$

Det reelle ulykkesniveau er 8,0 ulykker i årene 2004 - 2010, og regressionseffekten er $10 - 8,0 = 2,0$ ulykker, svarende til $2,0/10 \approx 20\%$.

7.2.3 Lang ulykkesperiode

Denne metode gør brug af antallet af ulykker på lokaliteten før den benyttede udpegningsperiode, samt en "kontrolgruppe" af lignende steder til fremskrivning af disse ulykker fra før udpegningsperioden. Metoden kan kun bruges, hvis lokaliteten har eksisteret og været uændret i en periode dobbelt så lang som udpegningsperioden, og har haft en nogenlunde tilsvarende trafikudvikling som lignende steder.

$$U_{\text{reel ulykkesniveau}} = U_{\text{før udpegningsperiode}} \cdot \left(\frac{U_{\text{kontrol udpegningsperiode}}}{U_{\text{kontrol før udpegningsperiode}}} \right)$$

Regression = rapporterede ulykker – reel ulykkesniveau

7.3 Nyanlæg

Til forhåndsvurderinger af sikkerheden ved nyanlæg af kryds og strækninger, hvor man af gode grunde endnu ikke kender ulykkestallene, kan man benytte ulykkesmodeller med skønnede trafikmængder. Sådanne forhåndsvurderinger optræder eksempelvis i VVM-redegørelse.

Eksempel – Strækning

I forbindelse med en nyanlagt 2-sporet vejstrækning med cykelsti i det åbne land ønskes vurderet, hvor mange ulykker der vil ske på strækningen. ÅDT skønnes at blive 7.600. Strækningen er 3,4 km lang.

$$UHT = a \cdot N^p = 0,000797 \cdot 7.600^{0,64} = 0,234 \text{ rapporterede ulykker pr. år pr. km}$$

Det vil sige, at der på strækningen skønnes at ske:

$$3,4 \cdot 0,234 \approx 0,8 \text{ person- og materielskadeulykker pr. år.}$$

8. Før-efter-evaluering af trafiksikkerhedstiltag

En før-efter-evaluering 3-6 år efter anlæg af et trafiksikkerhedstiltag kan vise, om det gennemførte tiltag har hjulpet på trafiksikkerheden. En sådan opfølgning kan afdække eventuelle uheldsmæssigheder og give indsigt i, om de brugte ressourcer har virket efter hensigten.

I dette kapitel præsenteres forskellige metoder til gennemførelse af en før-efter-evaluering af sikkerhedstiltag. Desuden omtales forskellige metoder til korrektion for regressionseffekt og trafikudvikling.

8.1 Metoder til før-efter-evaluering

Formålet med en før-efter-evaluering er at finde den reelle sikkerhedsmæssige effekt af de tiltag, som er gennemført. Evalueringen baseres på politiregistrerede person- og materielskadeulykker i en 3-6 årig periode hhv. før og efter implementeringen af tiltaget. Da antallet af ulykker og personskader generelt ændres over tid, kan det være nødvendigt at opstille én eller flere kontrolgrupper, som tager højde for den generelle ulykkesudvikling i analyseperioden.

Grundlæggende for en før-efter-evaluering er, at man sammenligner det forventede antal ulykker, som ville være sket, hvis tiltaget ikke var blevet implementeret, med det observerede antal ulykker efter at tiltaget blev udført. Det forventede antal ulykker beregnes med udgangspunkt i det observerede antal ulykker i før-perioden, og bør som minimum være korrigeret for den generelle ulykkesudvikling, om nødvendigt for regressionseffekt og evt. for trafikudvikling. Korrektionen sker vha. af en serie korrektionsfaktorer (K).

Det forventede antal ulykker beregnes ud fra følgende formel:

$$\text{Ulykker}_{\text{forventet}} = \text{Ulykker}_{\text{før}} \cdot K_U \cdot K_R \cdot K_T$$

Hvor:

K_U er korrektionsfaktor for generel udvikling i ulykker
 K_R er korrektionsfaktor for regressionseffekt
 K_T er korrektionsfaktor for trafikudvikling

Metoder til beregning af korrektionsfaktorer fremgår af afsnit 8.1 - 8.3.

I det følgende beskrives tre forskellige metoder til gennemførelse af en før-efter-evaluering:

A. Den simple metode (afsnit 8.1.1)

Metoden baseres alene på ulykkestal, er simpel men oftest misvisende og bør om muligt ikke anvendes.

B. Den simple metode med korrektion for generel ulykkesudvikling (afsnit 8.1.2)

En simpel, men brugbar metode, baseret på ulykker og med hensyntagen til den generelle ulykkesudvikling.

C. Metode med specifik kontrolgruppe (afsnit 8.1.3)

Den bedste metode.

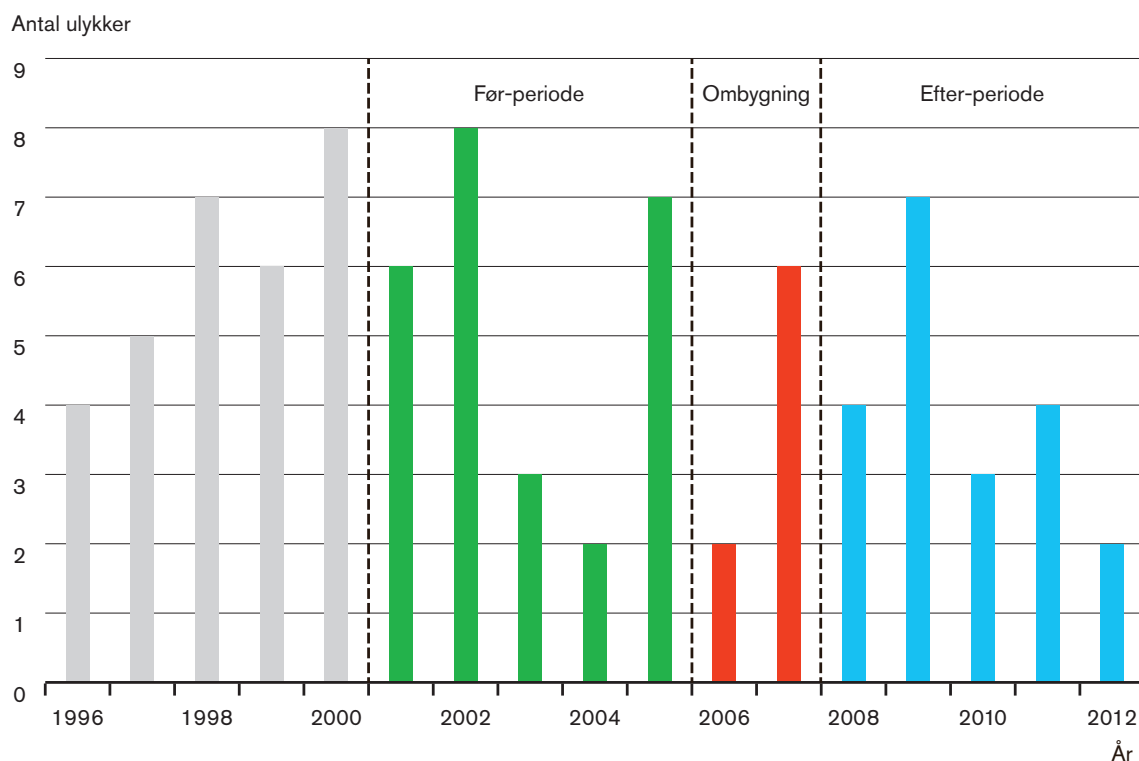
8.1.1 Den simple metode (A)

En simpel, men oftest misvisende, måde at evaluere et tiltag, er den såkaldte simple metode. Her sammenlignes blot et antal ulykker i hhv. en periode før og en periode efter, at tiltaget blev udført. Der gøres altså ikke brug af korrektionsfaktorer, og det forventede antal ulykker er lig med antallet af ulykker i før-perioden.

Det er hensigtsmæssigt, at før- og efterperiode er af 3-5 års længde, og at hele år indgår (1. januar til 31. december). Det er bedst, at både før- og efterperiode er umiddelbart før og efter ombygningen, hvor tiltaget implementeres, se figur 13. Man skal dog være opmærksom på, at det kan tage op til 2-3 år for trafikanterne at tilpasse sig til en ny vej- eller krydsudformning. Effekten af tiltaget kan derfor være ringere eller bedre på kort sigt i forhold til på lang sigt.

I figur 13 er der 26 ulykker i før-perioden og 20 ulykker i efter-perioden. En naiv evaluering vil således have som resultat, at tiltaget har reduceret ulykkestallet fra 26 til 20, altså et fald på $1 - 20/26 = 23\%$.

Figur 13. Placering af før-periode (grøn) og efter-periode (blå) i forhold til ombygning (rød).



Det er ikke nødvendigt, at før- og efterperiode er lige lange. For eksempel kan man have en 5-årige før-periode og en 3-årig efter-periode. Hvis man benytter ulige lange perioder, er man dog nødt til at tage højde for det i resultatopgørelsen. Hvis efter-perioden i figur 13 kun inkluderede år 2008-2010, så ville der være sket 14 ulykker i efter-perioden. Tiltaget ville i så fald have reduceret ulykkestallet fra $26 \cdot 3/5 = 15,6$ til 14, altså et fald på $1 - 14/15,6 = 10\%$.

Det skal understreges, at metoden kan være misvisende og derfor ikke bør anbefales.

8.1.2 Den simple metode med korrektion for generel ulykkesudvikling (B)

Trafikssikkerheden ændrer sig oftest uanset om der etableres tiltag eller ej. Det skyldes den generelle udvikling i trafikssikkerheden, regressionseffekten og trafikudviklingen. Den simple metode (A) kan forbedres væsentligt, hvis man gør brug af tommelfingerregler, som kan tage højde for dette.

Antallet af ulykker er faldet ca. 3,5 % pr. år de seneste 15 år. Dette gælder både for veje i åbent land og i byområde.

Hvis man løseligt vil tage højde for de generelle udviklinger i trafikssikkerheden, kan man gange antallet af ulykker i før-perioden ($U_{\text{før}}$) med korrektionsfaktoren K_U :

$$K_U = 0,965^{((\text{sum af år i før-, ombygnings- og efterperiode})/2)}$$

K_U for eksemplet i figur 13 vil således blive $0,965^{12/2} = 0,81$. Det forventede antal ulykker for efterperioden kan så udregnes som $26 \cdot 0,965^{12/2} = 21,0$. Resultatet bliver derved, at tiltaget har reduceret antallet af ulykker fra forventet 21,0 til observeret 20, altså et fald på $1 - 20/21,0 = 5 \%$.

Ønsker man at korrigere for den generelle ulykkesudvikling mere detaljeret, så kan man som gennemsnit sige, at antallet af personskadeulykker er faldet ca. 6,5 % pr. år, mens materielskadeulykker er faldet ca. 1,5 % pr. år. I stedet for 0,965 i formelen for K_U , så skal tallet 0,935 benyttes for personskadeulykker og 0,985 for materielskadeulykker.

8.1.3 Metode med specifik kontrolgruppe (C)

For mere præcist at kunne tage højde for generelle udviklinger i trafikssikkerheden end angivet under den simple metode med korrektion for generel ulykkesudvikling (B) (afsnit 8.1.2), er det nødvendigt at opstille én eller flere kontrolgrupper. De generelle udviklinger i trafikssikkerheden skyldes bl.a., at ældre køretøjer udskiftes med nye, at Politiet ændrer registreringspraksis for ulykker, at trafikmængder og trafiksammenligningen ændrer sig, at trafikanter ændrer adfærd som følge af lovgivning og kampagner, samt at vejenes driftstilstand ændres, herunder belægninger, vintervedligehold, tavler og afmærkning mv. De generelle udviklinger i trafikssikkerheden kan være ganske forskellige fra ét geografisk område til et andet, fra én type af ulykker til en anden, og fra én vejtype til en anden.

Det er derfor vigtigt, at man vælger en kontrolgruppe, som faktisk kan beskrive de generelle udviklinger, der gør sig gældende for de lokaliteter, der skal evalueres. Men det er også væsentligt, at den benyttede kontrolgruppe er stor og robust, da den ellers vil give usikkerhed i evalueringen.

Der bør som absolut minimum være sket 50 ulykker per år i en kontrolgruppe, for den periode som analyseres. Aller helst gerne over 100 ulykker. Det kan anbefales at benytte en kontrolgruppe separat for personskadeulykker og en for materielskadeulykker, som er baseret på det område (kommune, politikreds eller region) samt for den specifikke vejklasse (stats- eller kommuneveje), som analysen skal evaluere. Skal man eksempelvis evaluere en konkret lokalitet beliggende på en statsvej i Nordjylland, bør man således benytte hhv. person- og materielskadeulykker på statsveje i region Nordjylland som kontrolgrupper, se eksempel på kontrolgruppe i tabel 5.

Tabel 5. Eksempel: Antal person- og materielskadeulykker i region Nordjylland 2001-2012.

Antal ulykker	År											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Personskadeulykker	160	179	170	155	155	125	155	131	134	125	94	90
Materielskadeulykker	130	174	166	148	173	152	147	161	120	126	118	110

Korrektionsfaktoren for generel udvikling i trafikssikkerheden, K_U , kan beregnes som:

$$K_U = \frac{\text{ulykker i efterperiode i kontrolgruppe}}{\text{ulykker i førperiode i kontrolgruppe}}$$

Eksempel

Benyttes figur 13 og tabellen ovenfor som eksempel, bliver korrektionsfaktoren for personskadeulykker:

$$K_U = (\text{ulykker år 2008-2012}) / (\text{ulykker år 2001-2005}) = (131+134+125+94+90) / (160+179+170+155+155) = 0,70.$$

Ligeledes kan korrektionsfaktoren for materielskadeulykker beregnes til 0,80. Hvis de 26 ulykker i før-perioden i figur 13 var fordelt med 11 personskadeulykker og 15 materielskadeulykker, så ville vi forvente, at der ville ske $11 \cdot 0,70 = 7,7$ personskadeulykker og $15 \cdot 0,80 = 12,0$ materielskadeulykker i efterperioden. Tiltagets effekt kan herefter opgøres ved at sammenligne forventede ulykker med de observerede ulykker i efter-perioden.

8.2 Metoder til korrektion for regressionseffekt

I situationer hvor et tiltag er implementeret på baggrund af høje ulykkestal (fordi der skete mange ulykker i en udpegningsperiode), er det relevant at tage højde for regressionseffekten. Dette kan gøres på flere måder.

I det følgende præsenteres tre metoder til at tage højde for regressionseffekt i før-efter-evalueringer:

1. Gennemsnitsmetode
2. Før-før-periode
3. Alternativ før-periode

8.2.1 Gennemsnitsmetode

Gennemsnitsmetoden er en forholdsvis simpel metode som leder frem til en korrektionsfaktor, K_R , for regressionseffekten. Ved brug af gennemsnitsmetoden er man nødt til at tage højde for i hvilken udstrækning, at før-perioden og udpegningsperioden overlapper hinanden.

Hvis man løseligt vil tage højde for regressionseffekten, kan man gange antallet af ulykker i før-perioden ($U_{\text{før}}$) med faktoren K_R :

$$K_R = 1 - \frac{\text{ulykker} - 0,61 \cdot \text{ulykker}^{1,06}}{\text{ulykker}} \cdot \frac{\text{antal års overlap}}{\text{antal år i før-periode}}$$

Hvor:

ulykker er antal rapporterede ulykker i før-periode
 antal års overlap er år der optræder i både før-periode og udpegningsperiode
 0,61 og 1,06 er konstanter baseret på erfaringstal

Eksempel

Hvis udpegningsperioden for eksemplet i figur 13 var år 2000 - 2004, så kan K_R beregnes til:

$$K_R = 1 - \frac{26 - 0,61 \cdot 26^{1,06}}{26} \cdot \frac{4}{5} = 0,79$$

Hvis der tages højde for regressionseffekten, har tiltaget således reduceret ulykkestallet fra forventet $26 \cdot 0,79 = 20,6$ til observeret 20, svarende til et fald på $1 - 20/20,6 = 3 \%$.

Hvis der i tilknytning til samme eksempel, foruden regressionseffekten, også tages hensyn til de generelle udviklinger i trafikssikkerheden (som beregnet i afsnit 8.2.1), så bliver resultatet, at tiltaget har øget ulykkestallet fra forventet $26 \cdot 0,81 \cdot 0,79 = 16,6$ til observeret 20, hvilket svarer til en stigning på $20/16,6 - 1 = 20 \%$.

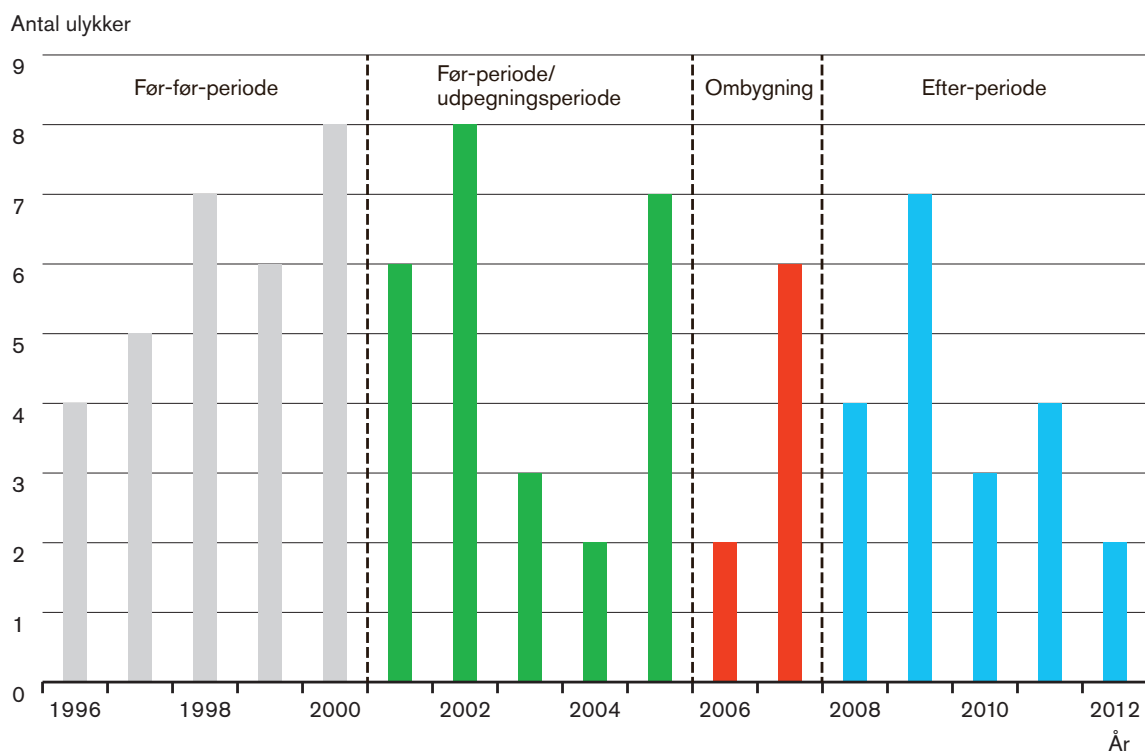
8.2.2 Før-før-periode

En anden metode til korrektion for regressionseffekt er ved brug af en før-før-periode. Ved brug af metoden skal lokaliteten have været uændret i flere år før før-perioden. Derudover skal trafikken på lokaliteten have udviklet sig svarende til den kontrolgruppe, der er anvendt til at tage højde for den generelle udvikling i trafikssikkerheden. Metoden kræver endvidere, at udpegningsperioden og før-perioden overlapper hinanden fuldstændigt.

I det tilfælde kan der benyttes en før-før-periode til at beregne korrektionsfaktoren for regressionseffekten, K_R

$$K_R = \frac{\text{ulykker}_{\text{lokalitet, før-før}} \cdot \text{ulykker}_{\text{kontrol, før}}}{\text{ulykker}_{\text{lokalitet, før}} \cdot \text{ulykker}_{\text{kontrol, før-før}}}$$

Figur 14. Viser de anvendte perioder. Brug af før-før-periode (grå) i tilfælde hvor før-periode overlapper udpegningsperiode (grøn)



Eksempel

Før-før-perioden er årene 1996-2000, og i denne periode skete der 30 ulykker. Hvis der så i kontrolgruppen skete 1.965 ulykker i før-før-perioden og 1.250 ulykker i før-perioden, så kan KR beregnes til:

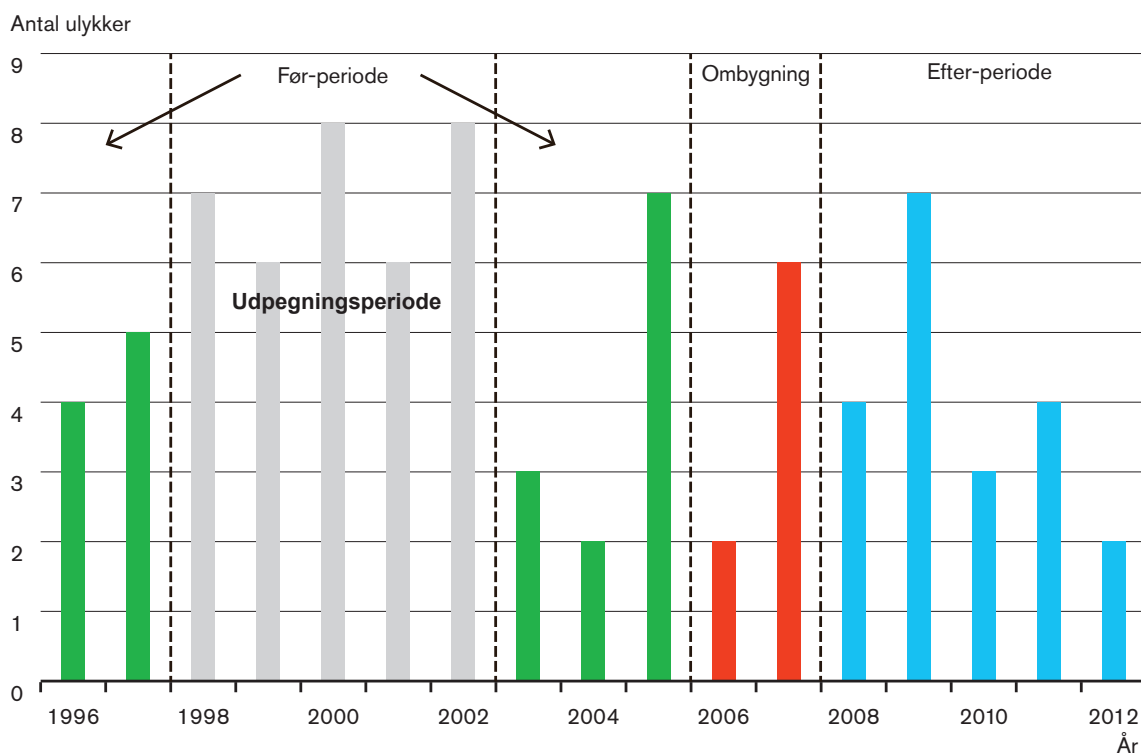
$$K_R = \frac{30 \cdot 1250}{26 \cdot 1965} = 0,73$$

Herefter kan det forventede antal ulykker og effekten af tiltaget beregnes.

8.2.3 Alternativ før-periode

I tilfælde hvor der er 1-4 år mellem ombygningsperiode og udpegningsperiode kan man vælge en alternativ før-periode, der ligger uden om udpegningsperioden, se figur 15. Tilsvarende før-før-periode metoden skal lokaliteten have været uændret i alle årene. Derudover skal trafikken på lokaliteten have udviklet sig svarende til den kontrolgruppe, der er anvendt til at tage højde for den generelle udvikling i trafikssikkerheden.

Figur 15. Placering af før-periode (grøn) og efter-periode (blå) i forhold til udpegningsperiode (grå) og ombygning (rød).



Når man bruger en alternativ før-periode, som vist i figur 15, tages der automatisk højde for regressioneffekten, og det er unødvendigt at beregne korrektionsfaktor herfor. Derimod skal man huske, at beregninger af korrektionsfaktorer for de generelle udviklinger i trafikssikkerheden, så skal udføres med denne alternative før-periode.

8.3 Korrektion for trafikudvikling

Hvis trafikudviklingen på den lokalitet som skal undersøges, har været anderledes end den generelle trafikudvikling, bør man tage højde for dette i før-efter-evalueringen. For at kunne estimere en korrektionsfaktor for trafikudvikling kræves oplysninger om trafikmængder på lokaliteten før og efter tiltagets udførelse, samt trafikmængder eller trafikindeks for en kontrolgruppe før og efter tiltaget. Hvis man gør brug af en kontrolgruppe for de generelle udviklinger i trafiksikkerheden, er det bedst at kontrolgruppen for trafikudvikling repræsenterer samme område og vejklasse.

Det er endvidere meget vigtigt, at usikkerheden på trafikmængder ikke er for stor, hvilket vil sige, at de bør bygge på trafiktællinger af en rimelig lang varighed, fx en uge, og at de efterfølgende omregnes til årsdøgntrafik. Hvis usikkerheden er stor fx kun en tælling i 3 timer, så er det bedre at undlade korrektion for trafikudvikling. Trafiktal for kontrolgruppen skal gælde for de samme år som trafiktal for lokaliteten.

Sammenhængen mellem trafik og ulykker er ikke retlinjet (proportional), men følger oftest en potensformel. I Bilag 1 findes ulykkesmodeller for forskellige typer af kryds og strækninger i byer og i åbent land. Det er p-værdier fra Bilag 1, der skal anvendes i estimeringen af korrektionsfaktorer for trafikudvikling. Findes der ikke en p-værdi for den vej/kryds-type, som lokaliteten var i før-perioden, kan en gennemsnitlig p-værdi på 0,6 for strækninger og på 0,5 for kryds benyttes.

Korrektionsfaktorer for trafikudvikling kan beregnes med baggrund i følgende formler:

Strækninger

$$K_T = \left(\frac{\frac{\text{ÅDT}_{\text{lokalitet, efter}}}{\text{ÅDT}_{\text{lokalitet, før}}}}{\frac{\text{Trafik}_{\text{kontrol, efter}}}{\text{Trafik}_{\text{kontrol, før}}}} \right)^P$$

Kryds

$$K_T = \left(\frac{\frac{\text{ÅDT}_{\text{lokalitet, primærvej, efter}}}{\text{ÅDT}_{\text{lokalitet, primærvej, før}}}}{\frac{\text{Trafik}_{\text{kontrol, efter}}}{\text{Trafik}_{\text{kontrol, før}}}} \right)^{p1} \cdot \left(\frac{\frac{\text{ÅDT}_{\text{lokalitet, sekundærvej, efter}}}{\text{ÅDT}_{\text{lokalitet, sekundærvej, før}}}}{\frac{\text{Trafik}_{\text{kontrol, efter}}}{\text{Trafik}_{\text{kontrol, før}}}} \right)^{p2}$$

Eksempel

Hvis vi forestiller os, at eksemplet i figur 13 er en 2-sporet landevej med cykelstier, hvor p-værdien er 0,64. Forestiller vi os samtidig, at ÅDT i 2004 og 2010 var hhv. 8.600 og 9.800 på landevejen, samt at trafikindekset for sådanne landeveje var 105,0 i 2004 og 109,2 i 2010, så kan K_T estimeres til:

$$K_T = \left(\frac{\frac{9800}{8600}}{\frac{109,2}{105,0}} \right)^{0,64} = 1,06$$

I dette eksempel er trafikken på analysestrækningen steget mere end på landeveje generelt, og derfor bliver K_T større end 1,0.

8.4 Evaluering af hastighedsmålinger

Hvis det tiltag som skal evalueres påvirker hastighedsniveauet, fx i tilfælde med ændret hastighedsgrænse, fartdæmpende foranstaltninger, din fart tavle eller lign., kan hastighedsmålinger før og efter implementeringen af tiltaget give et godt praj om den sikkerhedsmæssige effekt.

Det er vigtigt, at før-efter hastighedsmålingerne er udført på samme måde, dvs. samme sted, samme måleudstyr og med samme indstillinger for hastighedsklasser. Flyttes målingen 50 m eller ændres måleudstyr eller hastighedsklasser, kan det let påvirke gennemsnitshastigheden med 2-4 km/t.

Hvis hastighedsmålinger er rimeligt udført, kan man benytte potens- eller hastighedsmodellen beskrevet som den fjerde metode i afsnit 7.1.4 om forhåndsvurderinger.

Eksempel

På en strækning i byområde er der anlagt nye bump. Gennemsnitshastigheden er målt til 43,8 km/t før bumpene blev anlagt, og er efterfølgende målt til 32,3 km/t.

Med udgangspunkt i potensmodellen kan det beregnes, at frekvensen af personskadeulykker vil være faldet med $1 - (32,3/43,8)^{2,124} = 48 \%$, og frekvensen af materielskadeulykker vil være faldet med $1 - (32,3/43,8)^{1,911} = 44 \%$.

Med udgangspunkt i eksponentialmodellen kan det beregnes, at frekvensen af personskadeulykker vil være

$$\text{faldet med } 1 - \left(\frac{e^{0,034 \cdot 32,3}}{e^{0,034 \cdot 43,8}} \right) = 32\%$$

$$\text{og frekvensen af materielskadeulykker vil være faldet med } 1 - \left(\frac{e^{0,032 \cdot 32,3}}{e^{0,032 \cdot 43,8}} \right) = 31\%.$$

For personskadeulykker vil faldet således ligge i intervallet mellem 32 - 48%, afhængig af valg af model, mens faldet i materielskadeulykkesfrekvensen vil ligge i intervallet mellem 31 - 44%. Effekterne er i begge tilfælde størst, når beregningerne gennemføres med udgangspunkt i potensmodellen.

8.5 Statistiske tests

Når antallet af ulykker i før- og efter-perioden er opgjort, og det forventede antal ulykker er beregnet, kan man gennemføre tests for at afklare, hvor statistisk sikre de fundne ændringer synes at være. I vurderingen af disse tests kan man anvende følgende terminologi:

Signifikant: Med signifikant menes, at man med sikkerhed kan sige, at ændringen i antallet af ulykker eller personskader er reel. Med andre ord er vi mere end 95 procent sikre på, at ændringen i sikkerheden skyldes en systematisk variation i ulykkestallene og ikke blot en tilfældig variation.

Tendens: Med tendens menes, at ændringen i antallet af ulykker eller personskader er overvejende sandsynlig, men lidt usikker. Vi er 90 - 95 procent sikre på, at ændringen i sikkerheden skyldes en systematisk variation.

Tabel 6 viser om testen er signifikant eller ej afhængig af den beregnede χ^2 -værdi.

Tabel 6. Betydningen af værdien af χ^2 .

χ^2	Betydning
> 3,84	Signifikant ændring i ulykkestal
2,71 - 3,84	Tendens til ændring i ulykkestal
< 2,71	Usikker ændring i ulykkestal

Man kan også beregne test-sandsynligheden i Excel med følgende formel:

=chi2.fordeling(X^2 -værdi;1;SAND)

I det følgende er to X^2 -tests (chi-i-anden test) præsenteret.

Et X^2 -test er en tilnærmet statistisk test, som dog er upålidelig, når der er færre end ca. 10 ulykker i før- og efter-perioder tilsammen.

Før man kan benytte formelen ovenfor skal en X^2 -værdi beregnes. X^2 -værdien beregnes på forskellig vis, afhængig af om der ses på én eller flere lokaliteter.

Én lokalitet

Den ene måde at beregne X^2 -værdien kan bruges, når der ses på én lokalitet. Her kan X^2 -værdien beregnes ud fra følgende formel:

$$\chi^2 = \frac{(e - f \cdot c)^2}{(e + f) \cdot c}$$

Hvor:

- e er antallet af ulykker i efter-perioden
- f er antallet af ulykker i før-perioden
- c er den samlede korrektionsfaktor for lokaliteten

Den samlede korrektionsfaktor, c, kan beregnes:

$$c = \text{ulykkerforventet} / \text{ulykkerfør} = K_U \cdot K_R \cdot K_T$$

Eksempel

Hvis vi atter bruger figur 13 som eksempel, så kan X^2 -værdien – ved den simple metode, hvor:

$$e = 20$$

$$f = 26$$

$$C = 1$$

X^2 -værdien beregnes til:

$$\chi^2 = \frac{(26 - 20 \cdot 1)^2}{(26 + 20) \cdot 1} = 0,78$$

Og med brug af formelen: =chi2.fordeling(χ^2 -værdi;1;SAND) i Excel fås, at signifikansniveauet er 0,63 eller 63 %, og derved er ændringen i trafikssikkerheden altså statistisk usikker.

To eller flere lokaliteter

Når man evaluerer to eller flere lokaliteter på en gang, så "samles" ulykkestal fra disse lokaliteter, og der opgøres en samlet effekt, altså tiltagens fællesvirkning. Den samlede effekt kan opgøres således:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^N e_i}{\sum_{i=1}^N (f_i \cdot c_i)} = \frac{\text{sum af ulykker i efter-perioden}}{\text{sum af forventede ulykker}}$$

Hvor:

- N er antallet af lokaliteter (som der summeres op til)
- e_i er antallet af ulykker i efter-perioden på den i'te lokalitet
- f_i er antallet af ulykker i før-perioden på den i'te lokalitet
- c_i er den samlede korrektionsfaktor på den i'te lokalitet.

Hvis k er mindre end 1, er der sket et fald i antal ulykker, mens der er sket en stigning i ulykker, hvis k er større end 1. Ønsker man at opgøre den samlede effekt i procent, så er et fald lig med $1 - k$, mens en stigning er lig med $k - 1$.

Den samlede effekt kan testes for, om den er udtryk for en reel ændring, eller blot er udtryk for tilfældig variation i ulykkestallene. Her bruges følgende formel:

$$\chi^2 = \frac{(\sum_{i=1}^N e_i - C \cdot \sum_{i=1}^N f_i)^2}{(\sum_{i=1}^N e_i + C \cdot \sum_{i=1}^N f_i) \cdot C}$$

Hvor:

- N er antallet af lokaliteter (som der summeres op til)
- e_i er antallet af ulykker i efter-perioden på den i'te lokalitet
- f_i er antallet af ulykker i før-perioden på den i'te lokalitet
- C er den totale korrektionsfaktor for alle lokaliteter og beregnes som:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N c_i}{N}$$

C er således den gennemsnitlige korrektionsfaktor for lokaliteterne. I de fleste tilfælde er C næsten lig med summen af forventede ulykker divideret med summen af ulykker i før-perioden.

Det ovenfor viste χ^2 -test har også én frihedsgrad, som det var tilfældet med testet for én lokalitet. Man kan benytte den førhen viste Excel-formel eller blot sige, at tiltagens fællesvirkning er signifikant, hvis χ^2 -værdien er over 3,84, og udviser en tendens, hvis χ^2 -værdien er mellem 2,71 og 3,84.

Man kan desuden udføre en test for, om de fundne ændringer i ulykkestallene på de forskellige lokaliteter er tilfældige udslag af én og samme effekt. Denne test udføres således:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(e_i - k \cdot f_i \cdot c_i)^2}{k \cdot c_i \cdot (e_i + f_i)}$$

Hvor:

- N er antallet af lokaliteter i evalueringen
- e_i er antallet af ulykker i efter-perioden på den i 'te lokalitet
- f_i er antallet af ulykker i før-perioden på den i 'te lokalitet
- C_i er den samlede korrektionsfaktor for den i 'te lokalitet
- k er tiltagens fællesvirkning på tværs af lokaliteterne.

Den beregnede χ^2 -værdi har $N - 1$ frihedsgrader. Excel kan beregne dette tests signifikansniveau ud fra følgende formel:

=chi2.fordeling(χ^2 -værdi;N-1;SAND)

Returnerer denne formel et tal højere end 0,95 (95%), så er effekten ikke et udslag af én og samme effekt. Testet bliver meget sjældent signifikant, når det samlede antal af ulykker i før- og efter-perioder for alle lokaliteter tilsammen er under 300.

Mere information om evaluering kan findes i:

- Observational before-after studies in road safety. Hauer, E., Elsevier Science Ltd, Oxford, Storbritannien, 1997
- Fart og trafikssikkerhet. Nye modeller. Elvik. R. , Transportøkonomisk Institutt, TØI report 1296/2014, Oslo, Norge
- Trafikssikkerhedsbåndboken. Høye, A., Elvik, R., Sørensen M. W. J. og T. Vaa, Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norge, 2012
- Håndbog. Trafikssikkerhed – Effekter af vejtekniske virkemidler. Vejdirektoratet, 2010
- Effektkatalog – Viden til bedre trafikssikkerhed, Jensen, S. U., Trafitec 2012
- Evaluering af trafikssikkerhedstiltag – en vejledning. DTU Transport, 2011
- Sikkerhedsmæssig effekt – Vejledning for vejbestyrelser, Vejdirektoratet, 1981



9. Samfundsøkonomisk analyse

En samfundsøkonomisk analyse kan bruges til at danne beslutningsgrundlag for en prioritering mellem forskellige trafikikkerhedstiltag/-projekter, og til at vurdere om allerede udførte projekter har været til gavn for samfundsøkonomien. I det følgende beskrives forskellige måder at udføre relevante samfundsøkonomiske analyser.

9.1 Prioritering

I princippet findes der forskellige udgangspunkter for at prioritere trafikikkerhedsprojekter. Disse udgangspunkter kan være:

- Flest sparede ulykker for et fast budget
- Opnå et mål i en trafikikkerhedshandlingsplan (fx opstillet af Færdselssikkerhedskommissionen eller en vejbestyrelse)
- Kun udføre projekter med en rentabilitet over et vist niveau

Afhængig af hvordan man vil prioritere projekterne, kan én eller flere tilgange benyttes. I det efterfølgende beskrives de forskellige tilgange mere udførligt.

Hvis man skal opnå et mål i en handlingsplan eller opnå flest sparede ulykker for et fast budget, så er prioriteringsopgaven at frasortere de projekter, der er mindst effektive til at forebygge ulykker og personskader pr. forbrugt kr. En sådan prioriteringsopgave kan gennemføres vha. metoder, som fx cost-effectiveness eller førsteårsforrentning.

For disse metoder kræves oplysninger om:

- Projektudgifter
- Sikkerhedsmæssige gevinster

Projektudgifterne dækker udgifter til projektering, anlæg og drift, mens gevinster kan opgøres som reduktion i antal ulykker eller ulykkesomkostninger. Hvis gevinster skal opgøres i ulykkesomkostninger, så gøres brug af enhedspriser for person- og materielskader. Projektudgifter opgøres eksklusiv moms og afgifter.

Udgifterne opgøres typisk som:

- Anlægsomkostning evt. inkl. fast procentuelt tillæg for projektering
- En årlig omkostning baseret på initial- og driftsudgifter, hvor initialudgifter dækker engangsudgifter til planlægning, projektering, anlæg, tilsyn, ibrugtagning mv.

Det kan oftest være yderst relevant at opgøre den årlige omkostning, da nogle projekter kan medføre øgede driftsudgifter fx belysning, signalregulering, autoværn og variable tavler, mens andre projekter kan have en relativ kort levetid, fx rumleriller. Det medfører derfor oftest en mere rimelig prioritering at benytte årlig omkostning frem for blot anlægsudgiften.

Ved beregning af en årlig omkostning skal initialudgifter og driftsudgifter "sættes i forhold til hinanden". Det kræver oplysning om diskonteringsrente og projektets (tiltagets) levetid. Finansministeriet ændrede i 2013 diskonteringsrenten til 4 % i projektets første 35 år, 3 % for projektets 36-70 år samt 2 % for år derudover.

De anbefalede måder at beregne årlig omkostning i nærværende tilfælde er:

- Projekt med forventet levetid på 30 år eller mere:
 $\text{Årlig omkostning} = \text{Initialudgift} \times 0,04 + \text{årlig driftsudgift}$
- Projekt med forventet levetid 2 - 29 år:
 $\text{Årlig omkostning} = \text{Initialudgift} / (\text{års levetid} - 1)^{0,96} + \text{årlig driftsudgift}$

Initial- og driftsudgift opgøres i prisniveau for samme år fx 2014-priser. Hvis driftsudgiften forventes at variere fra år til år, så tages et gennemsnit. Hvis projektet har en levetid på mindre end 2 år (24 måneder), så omregnes udgiften til ét år, så hvis levetiden er 15 måneder, så divideres initialudgiften med $15/12 = 1,25$.

Eksempel

På en lokalvej i et byområde etableres der 5 nye bump for at sænke hastigheden.

Bumpene forventes at have en levetid på ca. 20 år og har samlet kostet 100.000 kr. i projektering og anlæg. De øgede driftsudgifter skønnes til ca. 2.500 kr. årligt.

De årlige omkostninger til projektet bliver da:

$$\text{Årlig omkostning} = 100.000 / (20-1)^{0,96} + 2.500 = 8.421 \text{ kr.}$$

Ulykkesomkostninger kan opgøres ved brug af Transportministeriets enhedspriser for politirapporterede ulykker og personskader. Priserne fremgår af tabel 7 og er i 2014-priser sat til:

Tabel 7. Enhedspriser 2014 fordelt på skades- og ulykkestype.

Ulykkestype	Enhedspriser (2014)	
Pr. dræbt	19.454.976 kr.	Personrelaterede omkostninger inklusiv velfærdstab
Pr. alvorlig skade	3.333.130 kr.	
Pr. let skade	502.071 kr.	
Pr. personskade	2.695.096 kr.	
Pr. ulykke	725.324 kr.	Materielrelaterede omkostninger
Pr. ulykke	1.991.646 kr.	Alle ulykkesrelaterede omkostninger

Jespersen (2013) viste, at det offentlige havde udgifter på 128.372 kr. pr. skade i trafikken behandlet på skadestuer. Disse udgifter fordeler sig på 77,8 % til kommunerne, 7,8 % til regionerne og 14,4 % til staten. Der blev behandlet 41.272 på skadestuerne og samlet var det offentliges udgift således på 5,3 mia. kr. Når disse 5,3 mia. kr. divideres med antallet af politirapporterede personskader fås, at det offentlige havde personrelaterede omkostninger på 1.243.994 kr. pr. personskade (2012-priser). Det offentlige står for 49 % af de personrelaterede omkostninger, og alene kommunerne har udgifter for 967.827 kr. pr. rapporteret personskade (2012-priser).

9.1.1 Cost-effectiveness

En måde at prioritere blandt forskellige projekter er ved at se på de enkelte projekters cost-effectiveness. Cost-effectiveness udtrykker det direkte forhold mellem et projekts anlægspris og det forventede antal sparede ulykker. Med andre ord, hvad koster det at "spare en ulykke". Det er vigtigt at huske på, at ulykker sker over tid, og derfor skal det forventede antal sparede ulykker altid opgøres for samme tidsrum fx pr. år eller pr. 5 år.

Eksempel

I en kommune har man foreslået 3 projekter; A) anlæg af venstresvingsbaner, B) ombygning af kryds til rundkørsel og C) opsætning af 3 "din fart" tavler. Man er kommet frem til følgende anslåede anlægspriser og forventede sparede antal ulykker pr. år.

Projekt A: Anlægspris	600.000 kr. – 0,3 sparede ulykker pr. år
Projekt B: Anlægspris	2.500.000 kr. – 1,4 sparede ulykker pr. år
Projekt C: Anlægspris	150.000 kr. – 0,4 sparede ulykker pr. år

Projekternes cost-effectiveness kan beregnes til:

Projekt A:	$600.000 / 0,3 = 2.000$ mio. kr. pr. ulykke pr. år
Projekt B:	$2.500.000 / 1,4 = 1.786$ mio. kr. pr. ulykke pr. år
Projekt C:	$150.000 / 0,4 = 0,375$ mio. kr. pr. ulykke pr. år.

Projekt C er således det projekt, hvor det er billigst at spare en ulykke om året.

9.1.2 Førsteårsforrentning

Førsteårsforrentningen er en anden måde at prioritere trafikssikkerhedsprojekter. Metoden går ud på at vurdere de sparede ulykkesomkostninger i projektets første år efter ibrugtagning og sætte dem i forhold til den skønnede anlægspris. Projekter med den højeste forrentning giver det største "afkast" og dermed mest trafikssikkerhed for pengene.

Hvis et projekt er fuldt finansieret af det offentlige, så fås en mere korrekt beregning af førsteårsforrentningen, hvis anlægsprisen ganges med $1,20 \times 1,325 = 1,59$ – for at tage højde for hhv. arbejdsudbudsforvridning (skatteforvridning) og nettoafgiftsfaktoren. På denne måde opnås, at projektudgifter angives i markedspriser. Tidligere nævnte enhedspriser for ulykker og personskader er også angivet i markedspriser. Faktoren på 1,59 bør også ganges på anlægsprisen i førnævnte cost-effectiveness metodik.

Eksempel

En krydsombygning forventes at give en besparelse på 0,2 personskader og 0,5 ulykker pr. år. Krydsombygningen forventes at koste omkring 750.000 kr. i 2014-priser eksklusiv moms og afgifter.

De forventede sparede ulykkesomkostninger pr. år er:

$$0,2 \cdot 2.695.096 + 0,5 \cdot 725.324 = 901.681 \text{ kr. (2014-priser)}$$

Herefter kan førsteårsforrentningen beregnes til:

$$901.681 / (1,59 \cdot 750.000) = 0,76 \approx 76 \%$$

9.1.3 Lønsomhed

Den tredje prioriteringsmetode, der her skal nævnes, er opgørelsen af projektets lønsomhed. Her gøres brug af projektets årlige omkostning, og der tages derved højde for tiltagets driftsudgifter og levetid.

Lønsomheden udtrykker de sparede ulykkesomkostninger i projektets første år divideret med projektets årlige omkostninger. Ligesom ved beregning af førsteårsforrentningen fås en mere korrekt opgørelse af lønsomheden, hvis anlægsprisen ganges med 1,59 – for at tage højde for arbejdsudbudsforvridning og nettoafgiftsfaktoren. Når lønsomheden er over 1, er projektet en samfundsøkonomisk gevinst.

Eksempel

I en kommune har man foreslået 3 projekter; A) anlæg af venstresvingsbaner, B) ombygning af kryds til rundkørsel og C) opsætning af 3 "din fart" tavler. Man er kommet frem til følgende anslåede anlægspriser, årlige driftsudgifter, levetider og forventede sparede rapporterede antal ulykker og personskader pr. år.

	Anlægspris	Driftsudgift/år	Levetid	Sparede pr. år	
				Personskader	Ulykker
Projekt A:	600.000 kr.	10.000 kr.	50 år	0,15	0,30
Projekt B:	2.500.000 kr.	25.000 kr.	50 år	1,00	1,40
Projekt C:	150.000 kr.	15.000 kr.	10 år	0,20	0,40

Projekternes årlige omkostning kan beregnes til:

Projekt A: $600.000 \cdot 0,04 + 10.000 = 34.000$ kr. pr. år

Projekt B: $2.500.000 \cdot 0,04 + 25.000 = 125.000$ kr. pr. år

Projekt C: $150.000 / (10-1)^{0,96} + 15.000 = 33.198$ kr. pr. år

Projekternes sparede ulykkesomkostninger pr. år kan beregnes til:

Projekt A: $0,15 \cdot 2.695.096 + 0,30 \cdot 725.324 = 621.862$ kr. pr. år

Projekt B: $1,00 \cdot 2.695.096 + 1,40 \cdot 725.324 = 3.710.550$ kr. pr. år

Projekt C: $0,20 \cdot 2.695.096 + 0,40 \cdot 725.324 = 829.149$ kr. pr. år

Slutteligt kan lønsomheden beregnes til:

Projekt A: $621.862 / (1,59 \cdot 34.000) = 11,5$

Projekt B: $3.710.550 / (1,59 \cdot 125.000) = 18,7$

Projekt C: $829.149 / (1,59 \cdot 33.198) = 15,7$

Projekt B er således det projekt, hvor lønsomheden er højest, og man derved får mest sikkerhed for pengene.

9.1.4 TERESA

Hvis man vil prioritere projekter med en vis størrelse, er det nødvendigt at gennemføre en mere omfattende samfundsøkonomisk analyse. Til det formål anbefales at gøre brug af TERESA (Transportministeriets Regnearksmodel for Samfundsøkonomisk Analyse for transportområdet, www.trm.dk og www.transport.dtu.dk). I en sådan analyse tages højde for langt flere forhold end blot trafik-sikkerheden. Dette kan fx være ændringer i fremkommelighed, kørselsomfang, støj og luftforurening. Derudover tages højde for bl.a. skatteforvridning, afgiftsvirkninger, EU-tilskud og restværdier.

9.2 Økonomisk før-efter-evaluering

En før-efter-evaluering beskriver, hvordan et projekt eller et tiltag har påvirket trafiksikkerheden (kapitel 8). De sparede ulykker og personskader kan omregnes til sparede ulykkesomkostninger ved at benytte enhedspriserne i tabel 7. Ønsker man ulykkesomkostningerne opgjort for et andet år end i 2014-priser, kan de relevante enhedspriser findes på www.transport.dtu.dk.

I analysen kan man opdele personskader efter alvorlighed og benytte enhedspriser for hhv. dræbte, alvorlige og lette skader. Dette bør dog kun gøres, hvis antallet af personskader for før- og efterperiode samlet set er over 100. Hvis der er færre end dette antal, bør man blot benytte enhedsprisen for personskader samlet.

Efter projektets gennemførelse har man den endelige anlægspris og formentligt også indblik i driftsudgifter og en forventning om levetid. Med projektets eller projekternes udgifter og gevinster kan nu opgøres de reelle førsteårsforrentninger eller lønsomheder.

Eksempel

I en kommune har man gennemført 3 projekter; A) anlæg af venstresvingsbaner, B) ombygning af kryds til rundkørsel og C) opsætning af 3 "Din fart" tavler. De endelige anlægspriser, årlige driftsudgifter, forventede levetider samt estimerede sparede antal ulykker og personskader pr. år ifølge før-efter-evalueringen er:

	Anlægspris	Driftsudgift/år	Levetid	Estimeret sparede pr. år	
				Personskader	Ulykker
Projekt A:	645.000 kr.	9.000 kr.	50 år	0,12	0,36
Projekt B:	2.780.000 kr.	27.000 kr.	50 år	1,25	1,52
Projekt C:	165.000 kr.	14.000 kr.	10 år	0,23	0,53

Projekternes årlige omkostning (2014-priser) kan beregnes til:

Projekt A: $645.000 \cdot 0,04 + 9.000 = 34.800$ kr. pr. år

Projekt B: $2.780.000 \cdot 0,04 + 27.000 = 138.200$ kr. pr. år

Projekt C: $165.000 / (10-1)^{0,96} + 14.000 = 34.018$ kr. pr. år

I alt – projekt A-C: $34.800 + 138.200 + 34.018 = 207.018$ kr. pr. år

Projekternes sparede ulykkesomkostninger pr. år (2014-priser) kan beregnes til:

Projekt A: $0,12 \cdot 2.695.096 + 0,36 \cdot 725.324 = 584.528$ kr. pr. år

Projekt B: $1,25 \cdot 2.695.096 + 1,52 \cdot 725.324 = 4.471.362$ kr. pr. år

Projekt C: $0,23 \cdot 2.695.096 + 0,53 \cdot 725.324 = 1.004.294$ kr. pr. år

I alt – projekt A-C: $584.528 + 4.471.362 + 1.004.294 = 6.060.184$ kr. pr. år

Slutteligt kan lønsomheden beregnes til:

Projekt A: $584.528 / (1,59 \cdot 34.800) = 10,6$

Projekt B: $4.471.362 / (1,59 \cdot 138.200) = 20,3$

Projekt C: $1.004.294 / (1,59 \cdot 34.018) = 18,6$

I alt projekt A-C: $6.060.184 / (1,59 \cdot 207.018) = 18,4$

Projekterne har alle haft en høj lønsomhed og været til gavn for samfundøkonomien.

Projekt B synes at have været mest lønsomt.

Mere information om evaluering og samfundsøkonomisk analyse kan findes i:

- Trafikksikkerhedsbåndboken. Høye, A., Elvik, R., Sørensen M. W. J. og T. Vaa, Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norge, 2012
- Håndbog. Trafiksikkerhed – Effekter af vejtekniske virkemidler. Vejdirektoratet, 2010
- Effektkatalog – Viden til bedre trafiksikkerhed, Jensen, S. U., Trafitec 2012
- Offentlige udgifter ved trafikulykker. Jespersen, S. T., COWI, Danmark 2013
- Transportministeriets Regnearksmodel for Samfundsøkonomisk Analyse for transportområdet: www.trm.dk og www.transport.dtu.dk



Bilag 1 ap-værdier

Ap-værdierne opdateres løbende og de nyeste værdier kan findes på [Vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk).

Tabel 1. Krydstyper med parameterværdier baseret på person- og materielskadeulykker i perioden 2007-2011.

Kryds – med randbebyggelse Person- og materielskadeulykker	AP-type	a	p1	p2	Ulykker pr. år
3-ben signalreguleret	511	0,000187	0,47	0,41	0,46
3-ben primær + sekundær kanaliseret	512	0,000027	0,32	0,77	0,16
3-ben primær kanaliseret	513	0,000002	0,77	0,55	0,12
3-ben sekundær kanaliseret	514				0,06
3-ben ingen kanalisering	510	0,000002	0,76	0,46	0,05
4-ben signalreguleret	611	0,000003	0,72	0,65	0,94
4-ben primær + sekundær kanaliseret	612	0,000002	0,51	0,99	0,36
4-ben primær kanaliseret	613				0,20
4-ben sekundær kanaliseret	614				0,13
4-ben ingen kanalisering	610	0,000006	0,49	0,80	0,12

Kryds – uden randbebyggelse Person- og materielskadeulykker	AP-type	a	p1	p2	Ulykker pr. år
3-ben signalreguleret	521	0,000071	0,66	0,30	0,56
3-ben primær + sekundær kanaliseret	522	0,000054	0,46	0,53	0,19
3-ben primær kanaliseret	523	-	-	-	0,13
3-ben sekundær kanaliseret	524	0,000023	0,70	0,36	0,14
3-ben ingen kanalisering	520	0,000122	0,62	0,12	0,07
4-ben signalreguleret	621	0,000073	0,48	0,54	0,92
4-ben primær + sekundær kanaliseret	622	0,000150	0,46	0,44	0,33
4-ben primær kanaliseret	623	0,000099	0,76	0,12	0,30
4-ben sekundær kanaliseret	624	0,000181	0,29	0,66	0,31
4-ben ingen kanalisering	620	0,004598	0,26	0,16	0,19

Kryds – øvrige Person- og materielskadeulykker	AP-type	a	p1	p2	Ulykker pr. år
Rundkørsel	700	-	-	-	0,06
Flettestrækning	800	0,000001	0,41	0,72	0,01
Andet	900	0,000063	0,80	0,23	0,81

Tabel 2. Krydstyper med parameterværdier baseret på personskadeulykker i perioden 2007-2011.

Kryds – med randbebyggelse Personskadeulykker	AP-type	a	p1	p2	Ulykker pr. år
3-ben signalreguleret	511	0,001231	0,26	0,29	0,13
3-ben primær + sekundær kanaliseret	512	0,000003	0,69	0,54	0,05
3-ben primær kanaliseret	513				0,04
3-ben sekundær kanaliseret	514				0,02
3-ben ingen kanalisering	510	0,000001	1,05	0,10	0,02
4-ben signalreguleret	611	0,000342	0,34	0,40	0,23
4-ben primær + sekundær kanaliseret	612	-	-	-	0,11
4-ben primær kanaliseret	613	-	-	-	0,05
4-ben sekundær kanaliseret	614	-	-	-	0,02
4-ben ingen kanalisering	610	0,000007	0,06	1,18	0,04

Kryds – uden randbebyggelse Personskadeulykker	AP-type	a	p1	p2	Ulykker pr. år
3-ben signalreguleret	521	0,000022	0,79	0,16	0,14
3-ben primær + sekundær kanaliseret	522	0,000098	0,44	0,42	0,08
3-ben primær kanaliseret	523	0,000192	0,50	0,16	0,05
3-ben sekundær kanaliseret	524	0,000015	0,76	0,29	0,06
3-ben ingen kanalisering	520	0,000078	0,67	0,06	0,05
4-ben signalreguleret	621	0,000012	0,64	0,44	0,23
4-ben primær + sekundær kanaliseret	622	0,025987	0,13	0,05	0,13
4-ben primær kanaliseret	623				0,08
4-ben sekundær kanaliseret	624				0,11
4-ben ingen kanalisering	620	-	-	-	0,07

Kryds – øvrige Personskadeulykker	AP-type	a	p1	p2	Ulykker pr. år
Rundkørsel	700	-	-	-	0,02
Flettestrækning	800	-	-	-	0,00
Andet	900	-	-	-	0,14

Tabel 3. Strækningstyper med parameterværdier baseret på person- og materielskadeulykker i perioden 2007-2011.

Strækninger – uden randbebyggelse Person- og materielskadeulykker	AP-type	a	p	Ulykker pr. km pr. år
Motorvej	121	0,000039	0,92	0,52
Motortrafikvej	122	0,000090	0,85	0,21
Ramper ved motorvej og lignende	123	0,003022	0,47	0,12
2-spor med cykelsti	220	0,000797	0,64	0,21
2-spor uden kantbane og uden cykelsti	221	0,000873	0,66	0,16
2-spor med kantbane og uden cykelsti	222	0,001768	0,56	0,18
3-spor	320	0,093058	0,20	0,56
4-spor	420	0,225936	0,11	0,65
Øvrige veje	920	0,000199	0,92	1,14

Strækninger – med randbebyggelse Person- og materielskadeulykker	AP-type	a	p	Ulykker pr. km pr. år
2-spor med kantbane og cykelsti	211	0,002698	0,60	0,49
2-spor uden kantbane og med cykelsti	212	0,001590	0,68	0,61
2-spor uden cykelsti	213	0,005798	0,49	0,32
3-spor	310	0,013212	0,48	0,98
4-spor	410	0,051934	0,34	1,39
Øvrige veje	910	0,000003	1,34	1,02

Tabel 4. Strækningstyper med parameterværdier baseret på personskadeulykker i perioden 2007-2011.

Strækninger – uden randbebyggelse Personskadeulykker	AP-type	a	p	Ulykker pr. km pr. år
Motorvej	121	0,000136	0,69	0,17
Motortrafikvej	122	0,000075	0,78	0,09
Ramper ved motorvej og lignende	123	0,000766	0,50	0,04
2-spor med cykelsti	220	0,000769	0,57	0,10
2-spor uden kantbane og uden cykelsti	221	0,000421	0,67	0,08
2-spor med kantbane og uden cykelsti	222	0,001896	0,47	0,09
3-spor	320	0,226395	0,01	0,25
4-spor	420	-	-	0,25
Øvrige veje	920	0,000062	0,89	0,29

Strækninger – med randbebyggelse Personskadeulykker	AP-type	a	p	Ulykker pr. km pr. år
2-spor med kantbane og cykelsti	211	0,003529	0,46	0,18
2-spor uden kantbane og med cykelsti	212	0,001954	0,55	0,24
2-spor uden cykelsti	213	0,001470	0,55	0,13
3-spor	310	0,038197	0,24	0,33
4-spor	410	0,000268	0,76	0,43
Øvrige veje	910	-	-	0,30

Bilag 2 Eksempel på besigtigelsesskema

 Vejdirektoratet BESIGTIGELSESSKEMA	Sted <i>Odinsvej/Skovvej</i>	Evt. nr:	Observatør <i>AHS</i>
Tidspunkt: <i>Fredag, den 29. august 2012</i>		Klokken: <i>12.45-13.15</i>	Føre/Vejr <i>Tørt/sol</i>
Ulykkesoplysninger (resumé)	<i>8 af 10 ulykker er 510. 7 af disse med trafikanter fra syd. 5 af disse med trafikanter fra øst. Aldersmæssig overvægt 25-44 (erfarne bilister?) 3 ulykker med personskade. 6 i vådt føre.</i>		
Geometri Tværprofil, længdeprofil, tracé, kryds-geometri	<i>Se plan. Højrekurve ca. 100 m før krydset fra syd. Krydset virker stort (skrå skæring, stier og fortov). Ligger i svag lavning på Skovvej. 8,8 m kørebane på Odinsvej. 7,0 m kørebane på Skovvej</i>		
Oversigtsforhold	<i>Meget god fra nordsiden. Fra syd: begrænset mod vest (tjørnehegn og skrænt, mod øst står skilte i oversigtslinien).</i>		
Skiltning og afstrikning	<i>Skilteskov især i nordsiden. Vigepligt, påbudt fortov, cykelsti (6 skilte på række). Brolæggerjomfu på Odinsvej, dog meget tæt på krydset (ca. 30 m). Mangelfuld midterafstrikning på Odinsvej mod vest. Fodgængerfelt er slidt ned.</i>		
Parkeringsrestriktioner	<i>Standsningsforbud på Odinsvej. Cykelstier på Skovvej (ingen parkering)</i>		
Trafikforhold Intensiteter, sammensætning, hastigheder	<i>Årsdøgntrafik ca. 12.000; 5.500 på Odinsvej og 6.500 på Skovvej. Ringe trafik under besigtigelsen. Forholdsvis mange busser, hastigheder generelt høje, se nedenfor.</i>		
Randbebyggelse	<i>Spredt; kun østsiden af Skovvej. Skovvangskolen i NØ-kvadrant</i>		
Afprøvning Prøv ulykkestrafikanternes situation. Forskellige retninger, forskellige forhold. Prøv evt. flere transportmidler (bil, cykel, gang)	<i>Ledelinier fører igennem krydset. Fra syd ser man hen over krydset (på skilte, på skoven i baggrunden). Man kan således nemt overse vigepligtstavler. Man skal næsten holde stille for at kunne orientere sig tilstrækkeligt.</i>		
Adfærd-konflikter Utilsigtet anvendelse Chancebetonet, uhensigtsmæssig adfærd Kødannelse. Forsinkelser. Næstenulykker (konflikter)	<i>Høje fremkørselshastigheder mod krydset fra Skovvej. Gennemkørsel foregår ad Odinsvej som regel med mindst 60 km/t. Virker lidt chancebetonet: her plejer ikke at komme nogen.</i>		
Supplerende målinger og tællinger	-		
Forslag Umiddelbare løsningsforslag	<i>Forvarsling, forbedret oversigt, indsnævring af primærvej, rundkørsel</i>		
Andet F.eks. skitser af eksist. forhold eller forslag	-		

Bilag 3 Problem- og løsningstabel

Strækninger

Ulykkesproblem	Ulykkeshypotese	Mulige løsninger
Lige vej; mødeulykker	Overhaling	- Overhalingsforbud / Dobbelt spærrelinje 2+1 vej
	Bilister kommer uforvarende over i modsat kørespor	- Kantlinjer - Midtlinjer - Tydelig midterafmærkning - Spærreflade midt på vejen - Midterhelle / -rabat - Midterautoværn - Rumleriller i vejmidte
Kurve; eneulykker og mødeulykker, mange spritulykker	Det er svært at se kurven og hvor hurtigt man kan køre	- Midtlinjer - Baggrundsafmærkning - Advarselstavle og anbefalet hastighed - Bred kantlinje i inderside af kurve og autoværn til optisk ledning - Rumleriller i vejmidte og evt. vejside - Ombyg sving til større kurveradius
	Der køres for stærkt	- Hastighedsbegrænsning - Rumlerille i vejmidte og/eller i vejside - Bump inden svinget - Forbedre overhøjde
	Ulykker især i vådt og glat føre samt i mørke	- Forbedre friktion - Forbedre synlighed af striber i vådt føre
	Der køres for stærkt	- Hastighedsbegrænsning - Rumlerille i vejmidte og/eller i vejside - Bump inden svinget - Forbedre overhøjde
Påkørsel af cyklister bagfra	For høj hastighed	- Fartdæmpning - Indsnævring med kantbaner
	Smal, tæt trafik	Cykelsti eller delt sti
	Mørke, vådt vejr	Vejbelysning
	Parkering på kørebanen	Stopforbud
Fodgængerulykker	Generelt	- Fartdæmpning - Forbedre oversigtsforhold
	Koncentrerede ulykker	- Fodgængerfelt på hævet flade (max. 2 kørespor) - Midterhelle - Signalreguleret fodgængerovergang - Niveaufri krydsning
	Bred vej, spredte ulykker	Midterrabat, kantstensbegrænset eller afstribet
Påkørsel af parkerede biler	Bred vej, høje hastigheder	Afmærk parkeringsspor/-båse og midterlinje
	Smal vej	- Fartdæmpning - Parkeringsforbud

Ind- og udkørsler (vigepligtsregulerede T-kryds)

Ulykkesproblem	Hypoteser	Mulige løsninger
Venstresvingende påkøres bagfra	Høj fart	▪ Fartdæmpning
	Standse biler overses	▪ Kanalisering
Cyklister på cykelsti påkøres af biler fra udkørsel	Oversigt fra stopposition er utilstrækkelig	▪ Oversigt forbedres ▪ Overkørslen lukkes
	Manglende opmærksomhed pga. tæt og hurtig biltrafik, cyklister overses	▪ Oversigt forbedres ▪ Fartdæmpning ▪ Færre kørespor ▪ Venstresvingsforbud
	Cyklister kører mod færdselsretning	▪ Oversigt forbedres til begge sider
Højresvingende (last)biler rammer ligeudkørende cyklister på cykelsti	Ingen oversigt via spejle	▪ Skillerabat fjernes ▪ Træer og master i skillerabat fjernes ▪ Afkortet cykelsti ▪ Højresvingsforbud ▪ Overkørslen lukkes
	Oversigt OK, men mangelfuld orientering	▪ Højresvingsforbud ▪ Overkørslen lukkes ▪ Afkortet cykelsti

Firebenede vigepligtsregulerede kryds

Ulykkesproblem	Hypoteser	Mulige løsninger
Mange tværkollisioner	Generelt	▪ Signalreguler ▪ Ombyg til rundkørsel ▪ Fuld stop ▪ Luk det ene sidevejsben
	Sidevejstrafikant opdager ikke krydset	▪ Forvarslings ▪ Forstærket vigepligtsafmærkning ▪ Sidevejsheller ▪ Fartdæmpning på sidevej ▪ Overkørsler ▪ Ombyg til forsat kryds
	Sidevejstrafikant holder næsten stille men kører ud foran primærtrafikant (bil eller cykel)	▪ Oversigt forbedres ▪ Dæmpe fart på primærvejen
Ulykker med trafikanter fra en side	Skæv oversigt	▪ Oversigt forbedres ▪ Fuld stop

Vigepligtsregulerede kryds, generelt

Ulykkesproblem	Hypoteser	Mulige løsninger
Ulykker med venstresvingende foran modkørende biler og motorcykler	Oversigt fra venteposition er tvivlsom	▪ Oversigtsspærreflade – "Slips" ▪ Svingforbud
	Modkørende i flere spor	▪ Fartdæmpning ▪ Venstresvingsspor ▪ Midterareal til svingende trafik
	Overfladisk orientering, presses måske bagfra	▪ Fartdæmpning ▪ Venstresvingsspor ▪ Midterareal til svingende trafik
Ulykker med venstresvingende foran cyklister på cykelsti	Oversigt, evt. parkerede biler langs cykelsti	▪ Oversigt til cykelsti forbedres ▪ Svingforbud ▪ Standsningsforbud
	Overfladisk orientering	▪ Blåt cykelfelt ▪ Fartdæmpning
Biler placeret for højre eller venstresving påkøres bagfra	For høj hastighed	▪ Fartdæmpning
	Dårlig oversigt fremad	▪ Svingspor ▪ Svingforbud
	For meget information	▪ Visuel sanering

Rundkørsler

Ulykkesproblem	Hypoteser	Mulige løsninger
Eneulykker med biler og motorcykler	Rundkørslen overses, måske specielt i mørke eller i tåge	▪ Forvarsling ▪ Orienteringsdiagramtavle før rundkørsel ▪ Belysning ▪ Kantlinje ved midterø ▪ Øg midterøens synlighed
	Mister herredømmet	▪ Tilpas bredde af tilfarts- eller frafartsspor ▪ Forvarsling evt. med rumlefelt ▪ Sidehældning, friktion ▪ Overgang til overkørselsareal ▪ Kantlinje ved midterø ▪ Reducér opspring ved midterø
Cyklister påkøres af indkørende biler	For høj fart	▪ Indskrænk oversigt til tilfart og cirkulation til venstre til kun 15 meter før vigelinje ▪ Reducér tilfartsporets bredde ▪ Øg midterøens højde
	Cyklister overses	▪ Fjern cykelbaner og cykelfelter ▪ Øg midterøens højde ▪ Pålæg cyklister vigepligt ▪ Oversigt til venstre forbedres ved vigelinje
Cyklister påkøres af udkørende biler	Oversigtsproblemer, evt. skillerabat	▪ Fjern cykelbaner og cykelfelter ▪ Pålæg cyklister vigepligt ▪ Fjern skillerabat
	For høj hastighed, evt. for lille midterø	▪ Midterø gøres større ▪ Pålæg cyklister vigepligt ▪ Overkørselsareal ▪ Tilpas bredde af frafart

Signalregulerede kryds

Ulykkesproblem	Hypoteser	Mulige løsninger
Generelt mange ulykker	Er der brug for signalet?	▪ Kan en rundkørsel hjælpe?
	For høj fart / for mange spor / for stort kryds	▪ Hastighedsbegrænsning ▪ Mere snæver udformning ▪ Hævet krydsflade
Ulykker med rødkørsel	Signaler overses eller ses for sent	▪ Forvarsling ▪ Bedre signalplacering ▪ Rødkørselsdetektering ▪ Langtrækkende signaler ▪ Baggrundsplader ▪ Beplantning beskæres ▪ Gadeinventar flyttes
	For høj hastighed	▪ Mellemtid øges ▪ Rødkørselsdetektering ▪ Fartdæmpning i tilfarten
	Samordning problematisk (bestemte tidsrum)	▪ Mønstret i samordningen bør være nogenlunde ens hele døgnet
	Trafikanter ser signaler i næste kryds	▪ Ændre signalopstilling ▪ Ændre samordning
	Signaler for tværretning ses og misforstås	▪ Ændre signalopstilling ▪ Afskærmning
	Grønt for naboen trækker bilister med (fx ved bundet venstresving)	▪ Ændre signalopstilling ▪ Afskærmning
Ulykker med venstresvingende	Oversigt hindres af skilte og signaler	▪ Venteposition markeres ▪ Udstyr fjernes eller flyttes ▪ Bundet venstresving ▪ Svingforbud
	For høj hastighed For mange (ligeud)spor	▪ Fartdæmpning ▪ Snævre design ▪ Bundet venstresving
	Modsat venstresvingende spærre oversigt	▪ Venteposition markeres ▪ Oversigtsspærreflade – "slips" ▪ Bundet venstresving ▪ Svingforbud
	Signaler i krydsets bagkant forvirrer	▪ Ændre signalopstilling ▪ Bundet venstresving
Bagendekollisioner	For høj hastighed Signaler opdages sent	▪ Fartdæmpning ▪ Forvarsling ▪ Bedre signalplacering ▪ Baggrundsplader
	Dårlig oversigt til kø	▪ Forvarsling ▪ Fartdæmpning ▪ Bedre afvikling af svingende trafik
	Svingspor mangler	▪ Svingspor etableres
	Svingspor for korte (kø i gennemgående spor)	▪ Fartdæmpning ▪ Forvarsling ▪ Bedre afvikling ▪ Forlænge svingspor
	For dårlig friktion	▪ Belægning forbedres
Svingende biler påkører cyklister	Cyklister overses	▪ Etablér eller fjern så kun ét blå cykelfelt ▪ Undgå færgønt for højresvingende biler
Tværkollisioner i store kryds	Utilstrækkelig rømningstid for langsom trafik	▪ Mellemtid forlænges
Cyklister svinger til venstre foran ligeud kørende biler	Manglende opstillingsplads og signal	▪ Etablering / afmærkning af opstillingsplads ▪ Cyklistsignal vendt mod opstillingsplads ▪ Separate faser
Cyklister kører over for rødt	Lange ventetider	▪ Kortere ventetider ▪ Bedre detektering af cyklister

Fortsat – Signalregulerede kryds

Ulykkesproblem	Hypoteser	Mulige løsninger
Højresvingende (last)biler rammer ligeudkørende cyklister	Reduceret oversigt og/eller mangelfuld orientering	▪ Skillerabat fjernes ▪ Tilbagetrukket stopstreg ▪ Afkortet cykelsti ▪ Separate faser ▪ Førgrønt og førødt for cyklister ▪ Undgå førgrønt for højresvingende biler
Fodgængere påkøres uden for fodgængerfelt	Feltet ligger for langt tilbage	▪ Felt rykkes ind mod krydset ▪ Rækværk
Fodgængere påkøres af svingende bilister i fodgængerfelt	Ingen oversigt til fodgængerfelt for svingende	▪ Felt rykkes ind mod krydset ▪ Undgå førgrønt for højresvingende biler
Fodgængere går over for rødt	Meget lange ventetider Busstoppesteder Ældre kan ikke nå over	▪ Mere fodgængergrøntid ▪ Forlæng rømningstider ▪ Forbedret samordning for fodgængere og kortere ventetider ▪ Særskilt vrimlefase
	Grønt bag rødt	▪ Forbedret samordning for fodgængere
	Heller mangler eller er for smalle	▪ Heller etableres eller udvides
	Fodgængere på heller og ved kantsten er skjult for bilister	▪ Skilte og udstyr fjernes ▪ Tilbagetrukket stopstreg i alle spor

Vejdirektoratet har lokale kontorer i:

Aalborg, Flæng, Middelfart,
Næstved og Skanderborg
samt hovedkontor i København

Find mere information på
vejdirektoratet.dk

Vejdirektoratet
Niels Juels Gade 13
1022 København K

Telefon 7244 3333
vd@vd.dk
vejdirektoratet.dk

