

2011

Effekten af stedspecifikke trafiksikkerhedsfremmende tiltag

Hvad betyder metodevalget for effektestimatet?

-Et casestudie



Speciale Afrapportering

Af Paw Nielsen

Aalborg Universitet

Vej- og Trafikteknik

Aalborg Universitet

Titel:

Effekten af stedspecifikke
Trafiksikkerhedsfremmende tiltag.

Hvad betyder metodevalget
for effektestimatet?

-Et case studie

Tema:

*Effektevaluering af det stedbundne
trafiksikkerhedsarbejde*

Projektperiode:

*Kandidatuddannelsen i
Vej- og trafikteknik,
4.semester*

Afsluttet: December 2011

Udarbejdet af:

Paw Nielsen

Vejleder:

Jens Christian Overgaard Madsen

Oplagstal: 3

Bilag: 4 stk. placeret bagerst i rapporten.

Forside: *Orthofotos fra uheldsrapport,
fra Vejcenter Nordjylland 2009*

Sidetæl: 70

Dato og underskrift:

Paw Nielsen

Vej- og trafikteknik:

Fibigerstræde 11
9220 Aalborg
Telephone: 96 35 83 75
Fax: 98 15 35 37

<http://trafik.aau.dk>

Formålet med dette speciale er at vurdere effektstudier, i særdeleshed de modeller der anvendes til evaluering af trafiksikkerhedsfremmende indsatser.

Det undersøges, om der er forskel på estimatet på den sikkerhedsmæssige effekt af trafiksikkerhedstiltag alt afhængig af, om der gennemføres kontrol for regressionseffekten og hvordan denne gennemføres.

Der beskrives ud fra litteraturstudier, et udbud af de modeller der er udviklet til at estimere effekten af det stedspecifikke trafiksikkerhedsarbejde, og hvilke styrker og svagheder disse modeller har.

For at undersøge, hvorvidt de beskrevne modeller kan anvendes på danske forhold, udføres et casestudie med udgangspunkt i Vejdirektoratets Kompetencecenter for Trafiksikkerheds sortplet evalueringer.

Der er udført effektberegninger med tre modeller, som er repræsentative ud fra de i litteraturstudiet beskrevne modeller. De udvalgte modeller er modificeret en smule, således at en meningsfuld sammenligning kan gennemføres.

Resultatet af casestudiet peger i retning af samme konklusion som litteraturstudiet, at empirisk Bayes modellen er den model, der bedst beskriver den tilfældige variation i uheldstallet, og dermed giver det bedste estimat på effekten af et tiltag.

1. Forord

Nærværende rapport indeholder afrapporteringen af kandidatprojekt udarbejdet i forbindelse med 10. semester på B-sektorens civilingeniøruddannelse ved Aalborg Universitet, specialisering inden for vej- og trafikteknik.

Projektets formål, i henhold til studieordning for kandidatuddannelsen af 29. feb. 2008, er at opfylde følgende krav:

Efter projektenheden skal den studerende:

- *selvstændigt, systematisk og kritisk gennem anvendelse af videnskabelig teori og metode kunne identificere, formulere og analysere den aktuelle problemstilling*
- *på relevant måde kunne relatere problemstillingen til bygge- og anlægskonstruktion, herunder redegøre for de valg, der er truffet i forbindelse med afgrænsning af problemstillingen*
- *selvstændigt kunne træffe og begrunde valg af videnskabelige, teoretiske og/eller eksperimentelle metoder*
- *selvstændigt og kritisk kunne vurdere såvel de valgte teorier og metoder som projektets analyser, resultater og konklusioner, både undervejs i projektet og ved dets afslutning*
- *kunne formidle relevante faglige og professionelle aspekter af projektarbejdet på en klar og systematisk måde.*

Bilag er placeret bagerst i rapporten.

En stor tak til Adriaan Shelling, Trafiksikkerhedsrådgiver fra Vejdirektoratets sikkerhedsafdeling, for tilsendt materiale, samt for at have tid til at besvare spørgsmål, både over mail, samt over telefonen. Uden det tilsendte materiale, som udgør selve casen i dette projekt, var projektet i dets nuværende form, aldrig blevet til noget.

2. Sammenfatning

Når der foretages fysiske tiltag på vejnettet for at højne trafiksikkerheden, er det interessant at vide om tiltagene har haft den effekt på antallet af uheld, som var ønsket under planlægningen bl.a. for at vurdere, om det valgte tiltag fremover bør anvendes på lokaliteter med tilsvarende uheldshistorik.

Det er vigtigt at afgøre, hvor stor en andel af ændringen i uheldstallet som skyldes det eller de tiltag, som er indført på lokaliteten, og hvor stor en andel der skyldes øvrige faktorer. For at isolere de uheld, som skyldes faktorer som ikke kan tilskrives tiltaget, fra det antal uheld det er muligt at måle, for at finde den reelle effekt af tiltaget, anvendes en uheldsmodel, til at estimere effekten. Hvor præcist dette effektestimat beskriver tiltaget, afhænger af hvor god den anvendte uheldsmodel er.

Igennem litteraturstudie undersøges det, hvilke modeller det er muligt, at anvende til at isolere den reelle effekt, og hvordan de virker, samt styrker og svagheder ved de enkelte modeller. Den simpleste metode til at estimere effekten af det stedbundne trafiksikkerhedsarbejde, er den naive før- og efter metode, som tilskriver hele ændringen i det observerede antal uheld, til det implementerede tiltag. Forskning har påvist, at den model, som bedst isolere de uheld, som skyldes tiltaget, er empirisk Bayes model.

For at undersøge hvordan empirisk Bayes modellen virker i forhold til de modeller, som anvendes af danske vejbestyrelser, afprøves de danske modeller og empirisk Bayes modellen, udføres et casestudie på danske forhold. Der udføres effektestimater på en række tiltag.

Som case til at vurdere modellernes styrker og svagheder er valgt evaluering af sortpletarbejdet på statsvejnettet i Danmark, udført af Vejdirektoratets kompetencecenter trafiksikkerhed, i 2008, 2009 og 2010.

Casestudiets effektestimater, udført på de udbedrede sorte pletter, viser samme tendens som de studier, der er beskrevet i litteraturen; at empirisk Bayes modellen umiddelbart giver det estimat, som er tættest på realeffekten.

Derfor anbefales det umiddelbart, at empirisk Bayes model udvikles så den kan anvendes i evalueringen af trafiksikkerhedsarbejdet i Danmark. At udvikle og indføre modellen i dansk trafiksikkerhedsarbejde er en omfattende og bekostelig opgave, da den koordinerede uheldsstatistik, som danner rammen for modeludvikling i Danmark, ikke længere er anvendelig, efter fordelingen af amtsvejnettet på stats- og kommunalvejnettet, i forbindelse med kommunalreformen i 2007.

Derfor anbefales det, at vedblive med at anvende Vejdirektoratets evalueringsmetode, indtil det er afklaret, hvorvidt det er villighed og mulighed for at investere resurser i at genetablere den koordinerede uheldsstatistik, samt udvikling af uheldsmodellerne. Så længe det tages med i betragtning af resultatet, at effekten sandsynligvis overestimeres.

3. English summary

When performing measures to improve road safety it is important to get knowledge of whether the implemented treatment has had the wanted effect on the number of traffic accidents. This is to determine whether to use the same kind of treatment on similar sites in the future, or not.

It is important to find out which part of the accident count that is due to the treatment alone, and which parts can be related to other things such as changes in traffic volume, changes in general accident trends, random variations in accident counts and other changes that might affect the site-specific accident level.

To do so it is suggested to introduce accidents models. How well this accident model can isolate the effect due to the treatment depends in particular on how well the model controls for the random variation in the accident count, the so called regression-to-the-mean.

Through studies of literature it is investigated which accident models can be used to determine the “real” effect of the site-specific treatments in the Danish hot spot¹ evaluation, how do they work, and what are their strengths and weaknesses?

The simplest way to estimate the site-specific effect of a treatment is the so called naïve before and after study, which attribute the total change in the accident count at the site, to the treatment. Several studies have shown that the empirical Bayes technique is the best way to describe the variation in the accident count.

To compare the empirical Bayes technique to the methods that is used in Denmark by the Danish Road Directorate a case study is performed on the hot spot evaluations from 2008, 2009 and 2010.

The estimated effect in the case study shows a similar tendency as found in the studies; empirical Bayes estimated safety effects is the one closest to the real effect, caused by the site-specific treatment.

Therefore it is recommended to consider developing models using empirical Bayes technique, suited to Danish conditions. To develop and implement the accident model in traffic safety works in Denmark takes a lot of effort and is rather costly, and therefore the model used by the Danish Road Directorate will be the best way to perform evaluations of site-specific treatments until it is clarified whether there is the will and the financial surplus to make that kind of investment, as long that it is taken in to considerations that an overestimation of the effect is made.

¹ Former black spot, but due to political correctness it is now called hot spot (Vistisen, 2002)

Indhold

1. Forord.....	4
2. Sammenfatning	5
3. English summary	6
4. Indledning	9
5. Effektstudier.....	12
5.01 Indledning til effektstudier	12
5.02 Stedlig effekt	15
(a) Kontrol for generelle uheldstendenser	17
(b) Kontrol for trafikale ændringer på lokaliteten.....	18
(c) Kontrol for tilfældig variation i uheldstallet	19
5.03 Meta-analyse.....	25
(a) Log Odds.....	26
5.04 Sammenfatning af effektstudier.....	28
6. Beskrivelse af case.....	30
(a) Beskrivelse af paradigmet	31
6.02 Resultaterne af evalueringerne	31
(a) Rundkørsler	33
(b) Signalombygning	34
(c) Kanalisering	35
(d) Variable tavler	35
7. Komparativ analyse	37
7.01 Afgrænsninger, afvigelser og omskrivninger	37
7.02 Resultater	39
(a) Rundkørsler	42
(b) Signalombygninger	44
(c) Kanalisering	46
7.03 Diskussion af den komparative analyse.....	50
8. Konklusion.....	52
9. Perspektivering	54
10. Kildeliste.....	56
Bilag A	59

Bilag B 61

Bilag C 65

Bilag D 68

4. Indledning

Allerede i bilismens barndom var der fokus på at højne sikkerheden på og omkring vejene. Dette aflæses blandt andet i Færdselsloven anno 1903, hvor det i formålsparagraffen anføres, at formålet med færdselsloven er at sikre, at færdslen bliver så sikker som muligt. Siden midten af 1950'erne har der i dansk regi været fokus på samspillet mellem trafikken og vejenes udformning på den ene side og uhelds- samt skadesforekomsterne i trafikken på den anden side. Dette med det formål at gøre vejanlæggene så sikre som muligt. Både når det gælder anlæg af nye veje såvel som i forbindelse med ombygninger af det eksisterende vejnet. I den proces er det vigtigt at have veldokumenteret viden omkring hvilke tiltag der virker, og hvorfor.

Vejmyndigheder i den vestlige verden, sigter mod hele tiden at højne trafiksikkerheden. Derfor er det af stor betydning, hvilken effekt de forskellige tiltag har på trafiksikkerheden. Følgelig er det vigtigt løbende at vurdere de sikkerhedsmæssige effekter af de tiltag, som udføres med trafiksikkerhed for øje. Effektiv vurderingen af stedspecifikke tiltag har gennem tiden været genstand for megen diskussion, samt omfattende forskning, såvel i Danmark, som på internationalt plan.

I 2007 kom færdselssikkerhedskommissionen med en national handlingsplan, for trafiksikkerheden i Danmark. I handlingsplanen kommer kommissionen med en række mål for trafiksikkerheden frem mod 2012. Målet for 2012 er, at antallet af trafikdræbte skal under 200, antallet af alvorlige tilskadekomne skal under 1.850 og antallet af lettere tilskadekomne skal under 2.100.

Omkring betydningen af og behovet for studier af sikkerhedsmæssige effekter lyder det i handlingsplanen:

"Et væsentligt aktiv for trafiksikkerhed er veldokumenteret viden om, hvad der virker og hvorfor. For til stadighed at forbedre trafiksikkerheden er det afgørende vigtigt, at der forskes i trafikanternes adfærd og i effekten af de forskellige indsatser. Ligeledes er ny viden om vejtekniske foranstaltninger en forudsætning for lønsom og omkostningseffektiv indretning af trafiksikre veje. Der kræver forskning at kunne pege fremad på nye forslag til effektive løsninger. Derfor er forskning en god investering." (Færdselssikkerhedskommissionen, 2007)

Et af nøglepunkterne igennem de seneste år, for at gøre det danske vejnet mere sikkert at færdes på, har været vejmyndighedernes sortpletarbejde. Sortpletarbejdet består sig i at identificere de sorte pletter på vejnettet, der er karakteriseret ved, at de rummer særlige lokale risikomomenter, der betyder, at uheldsforekomsterne på lokaliteten er højere end normalt for vejtypen. Indsatsen fokuserer således på at identificere og fjerne disse lokale risikomomenter, så trafiksikkerheden lokalt som minimum bringes på niveau med det øvrige vejnet.

For at sikre sig, at de investeringer, som foretages i forbindelse med forbedring af trafiksikkerheden, rent faktisk giver en trafiksikkerhedsmæssig gevinst, er det vigtigt løbende at foretage en evaluering af indsatsen. En væsentlig del af evalueringsarbejdet er estimering af den trafiksikkerhedsmæssige effekt af de enkelte foranstaltninger.

Gennem årene er der udviklet forskellige metoder til at estimere effekten af et enkelt stedspecifik tiltag, såvel som metoder til at estimere effekten af en række tiltag under en given fællesnævner. Denne fællesnævner kan eksempelvis være geografisk, udformningsmæssig og af tidsmæssig karakter.

Optimalt set, kan effekten af et trafiksikkerhedsfremmende stedspecifikt tiltag, udtrykkes som antallet af ulykker på lokaliteten med tiltaget i en periode, i forhold til antallet af ulykker uden tiltaget implementeret i samme periode.

I praksis gennemføres effektstudierne i langt de fleste tilfælde ved at sammenligne uheldsforekomsterne før og efter behandlingen. Udfordringen består i den forbindelse i at isolere den del af ændringerne i uheldsforekomsterne, der kan henføres til behandlingens sikkerhedsmæssige effekt fra andre forhold, der har haft betydning for ændringen i uheldsforekomsten fra før til efter. Herunder til eksempel den generelle udvikling i trafiksikkerheden, lokale ændringer i trafikmængderne og tilfældige variation i uheldsforekomsterne fra før til efter.

Udviklingen af estimeringsmetoderne har gået – og går stadig – i retning at lokalisere og eliminere de faktorer, som påvirker uheldsudviklingen, men som ikke kan tilskrives det implementerede tiltag, herunder uheldenes stokastiske natur, også kaldet regressionseffekten – eller regression to the mean (RTM).

I projektet evalueres en del af udviklingen for effektvurderingen. De metoder, som er udviklet gennem tiden, til estimering af den sikkerhedsmæssige effekt beskrives og deres evne til at beskrive effekterne af givne stedbundne trafiksikkerhedstiltag analyseres og vurderes på baggrund af et casestudie.

Adskillige udenlandske studier peger på, at regressionseffekten har stor betydning på estimatet af effekten af stedspecifikke trafiksikkerhedsfremmende tiltag, især når disse tiltag udføres på lokaliteter, som er særligt uheldsbelastede.

For at belyse hvorledes det influere på danske forhold, tages der udgangspunkt i Vejdirektoratets evaluering af sortpletarbejdet på det danske statsvejnet. Vejdirektoratet har udført evaluering af sortplet arbejdet i 2008, 2009 samt 2010, og det er disse evalueringer, som danner case for nærværende projekt. Årsagerne til at det netop er disse evalueringer, som anvendes som case, er dels at sortpletarbejdet er den mest systematiske uheldsbekæmpelse, som er foretaget i Danmark igennem de seneste år, og dels fordi de sorte pletter netop er udpeget på baggrund af en særlig høj uheldsforekomst.

Projektets primære mål er, at belyse det metodiske i effektvurderingerne, ud fra såvel danske som internationale studier, ved at teste modeller beskrevet i litteraturen på danske forhold, for at klarlægge hvilken betydning modelvalget har på effektvurderingen. Derudover vil sortpletarbejdet naturligt blive genstand for analyse, da analysens case tager udgangspunkt heri.

De metoder, som indledningsvis beskrives, testes efterfølgende på de data, der ligger til grund for Vejdirektoratets evalueringer.

Dette leder frem til følgende problemformulering:

Hvilken forskel gør det på estimatet af den sikkerhedsmæssige effekt af trafiksikkerhedsfremmende tiltag, om der kontrolleres for tilfældig variation i uheldstallet, og hvordan denne kontrol udføres?

Derudover: Kan der påvises en reel effekt af sortpletarbejdet i Danmark, når effekten estimeres ved hjælp af nye estimeringsmodeller beskrevet i dansk og international forskning?

5. Effektstudier

Der er flere måder, hvorpå effekten af trafik sikkerhedsfremmende foranstaltninger kan estimeres. Der er igennem tiderne blevet forsket fra flere sider, i at udvikle bedre og mere præcise modeller og metoder, til at fastslå effekten.

Metoderne til at opgøre de sikkerhedsmæssige effekter falder i to hovedgrupper:

1. Metoder til beskrivelse af tiltagens stedlige effekt – det vil sige metoder til at opgøre den sikkerhedsmæssige effekt på den enkelte lokalitet
2. Metoder til beskrivelse af tiltagens forventede effekt – meta-analyse.

Grunden til, at effektstudiet falder i to trin er grundlæggende et udtryk for, at estimererne på de stedlige effekter normalt er så usikre på grund af trafikuheldenes stokastiske natur, at det er nødvendigt at beskrive den forventede effekt ud fra et gennemsnit af de estimerede stedlige effekter, hvilket meta-analysen giver mulighed for. Ydermere er det gennem meta-analysen tillige muligt at afdække, hvorvidt effekten af et tiltag varierer med lokale trafikale og udformningsmæssige karakteristika.

5.01 Indledning til effektstudier

I arbejdet med trafik sikkerhed er der en naturlig interesse i at undersøge, hvilken effekt forskellige ændringer af vejnettet har på antallet af trafikulykker samt på trafikulykkernes alvorlighedsgrad. Den umiddelbare metode til at vurdere effekten af en ændring af en lokalitet, i trafik sikkerhedsmæssigt øjemed, er at sammenligne antallet af ulykker, alternativt antallet af personskader, på lokaliteten før ombygningen med antallet af ulykker/personskader på lokaliteten i en tilsvarende periode efter ombygningen.

Når effektstudierne udføres på steder med en høj forekomst af ulykker i førperioden, er der risiko for, at der vil være væsentlig færre ulykker på lokaliteten efter ombygningen, uanset om ombygningen har haft en egentlig effekt på trafik sikkerheden eller ej. Dette fænomen kaldes regressionseffekten. For at tage højde for regressionseffekten bør det lokalt forventede antal ulykker for førperioden anvendes i beregningerne af den trafik sikkerhedsmæssige effekt, i stedet for det registrerede antal ulykker i samme periode.

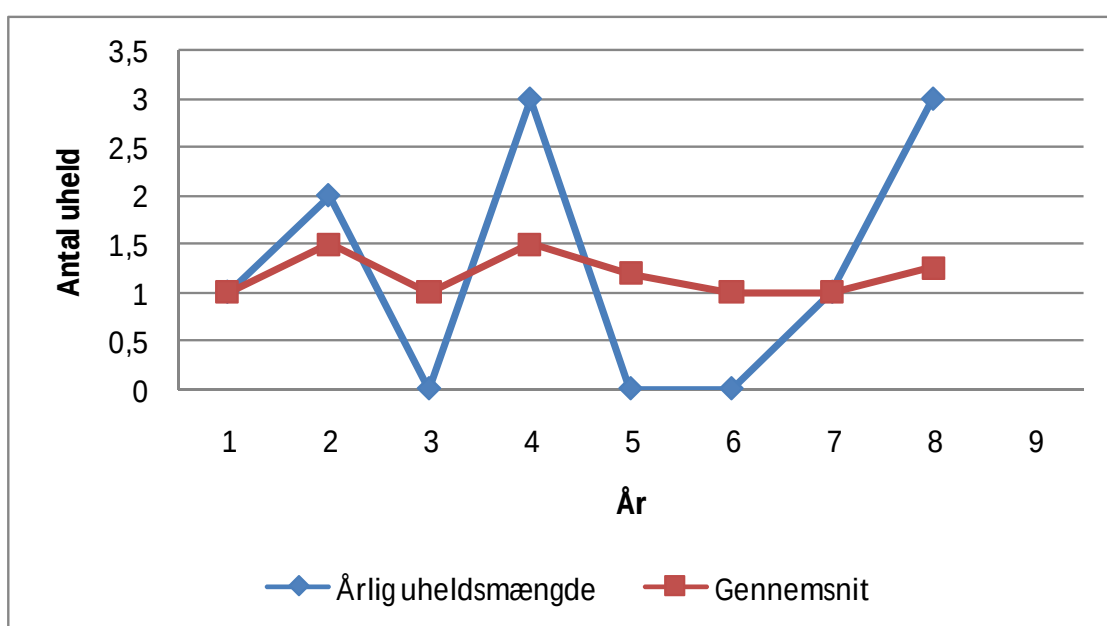
Problemet er imidlertid, at hvor det umiddelbart er relativt simpelt at finde frem til det registrerede antal ulykker på en lokalitet, er det derimod umuligt, med sikkerhed, at fastslå det lokalt forventede antal ulykker. Det reelle antal lokalt forventede ulykker for en lokalitet, såvel som for en enkelt person vil altid være en ukendt faktor.

Det vil derfor være tale om et estimat af det forventede antal ulykker. Hvor godt dette estimat er, afhænger i høj grad af hvilken model, som anvendes til at estimere ud fra.

Derfor anvendes som oftest en metode, hvor der udpeges en række sammenlignelige steder, for at estimere det forventede antal ulykker. På trods af at lokaliteterne er sammenlignelige, har de naturligt forskellige karakteristika, såsom risikofaktor og trafikmængde. Disse forskelle forsøges udlignet ved at anvende forskellige statistiske værktøjer.

Når antallet af ulykker på en lokalitet observeres i en relativt kort periode, typisk fem år, har et år hvor antallet af ulykker er en smule over gennemsnittet, stor indflydelse på det samlede gennemsnit, hvorimod hvis der registreres over en lang periode, vil små udsving i uheldstallet i sagens natur ikke påvirke gennemsnittet væsentlig. På Figur 1 er vist en graf, som illustrerer hvorledes gennemsnittet udjævnes, trods udsving i antallet af uheld.

I teorien er den reelle effekt af trafiksikkerhedsarbejdet givet ved forholdet mellem den lokalt forventede uheldsforekomst med tiltaget implementeret og den lokalt forventede uheldsforekomst, som den ville have været, dersom tiltaget ikke var blevet implementeret. Den lokalt forventede uheldsforekomst per år beskriver det uheldsniveau, hvorom de observerede uheldsforekomster vil variere tilfældigt. Og anlægges en lang observationsperiode vil gennemsnittet af de årligt observerede uheldsforekomster gå mod den lokalt forventede årlige uheldsforekomst.



Figur 1: Det årlige gennemsnit i uheldsmængden er mindre påvirkelig i forhold til udsving, des længere tid der observeres over

Det er desværre sjældent muligt, at registrere data for en lokalitet igennem en længere periode, uden resultatet er påvirket af en lang række faktorer ud over den rent tilfældige variation i uheldsforekomsterne. Der er i langt de fleste tilfælde sket ændring i enten trafikmængden eller risikofaktoren, ofte i begge. Derudover er en stor del af vejnettet blevet ombygget i større eller mindre grad, hvis der vurderes over en lang årrække. Dette betyder, at den lokalt forventede uheldsforekomst ændrer sig over tid, og de observerede uheldsforekomster, vil derfor knytte sig til forskellige lokalt forventede uheldsforekomster.

I effektstudier er det derfor sjældent muligt at anvende før- og efterperioder i opgørelsen af de sikkerhedsmæssige effekter, der overstiger 5 år. Til trods for den relativt korte før- og efterperiode vil en direkte sammenligning mellem de observerede uheldsforekomster før og efter være en dårlig estimator for den sikkerhedsmæssige effekt, idet der er en række fejlkilder, der ikke tages i betragtning i den direkte sammenligning.

Ved at vurdere effekten udelukkende ud fra antallet af uheld i før- og efterperioden, overses det faktum, at trafikken er en dynamisk størrelse. Det betyder, at hvis der sker en ændring i trafikken, hvilket dokumenteret påvirker antallet af uheld, vil den sikkerhedsmæssige effekt af denne ændring helt blive overset. I praksis betyder det, at effekten af tiltaget overvurderes, hvis trafikmængden falder, mens den undervurderes, hvis trafikmængden omvendt stiger på den pågældende lokalitet.

En anden af de faktorer, som risikerer at blive overset, er det fald i antallet af uheld, der sker over hele vejnettet generelt, som følge af en række tiltag af national eller regional karakter. Dette kan være kampagner, øget hastighedskontrol, fokus på spritkørsel og lignende. Effekten af disse risikerer at blive tilskrevet effekten af ombygningen, i fald der ikke tages højde herfor i effektestimatet.

Det er ikke muligt fuldstændigt, at fastlægge hvilke faktorer, som forårsager en ulykke, da ulykker er resultatet af flere på hinanden virkende faktorer/omstændigheder. Som et eksempel kan nævnes, hvis en spritbilist påkører en fodgænger. Det er nærliggende at konkludere, at ulykken indtræffer på grund af at føreren af bilen var påvirket af alkohol, og at ulykken ikke havde fundet sted, hvis føreren ikke havde været påvirket. Havde fodgængerens bemandet sig et andet sted på tidspunktet, havde uheldet heller ikke fundet sted. Det er samtidig sandsynligt, at hvis hastigheden havde været væsentlig lavere ville føreren – trods påvirkning af alkohol – eller fodgængerens kunne nå at reagere, og ulykken kunne have været undgået.

Som følge af de ukendte faktorer søges ulykkerne beskrevet statistisk. Visse faktorer i et uheld er velkendte, mens andre faktorer er umulige at fastslå. I eksemplet ovenfor ses, at en væsentlig medvirken til ulykken formentlig skyldes førerens promille, det er imidlertid umuligt at afgøre, hvor lav promillen skulle have været, for at ulykken kunne have været undgået.

Ifølge Elvik, et al. (1997) kan metoderne til at vurdere effekten af trafiksikkerhedsfremmende tiltag inddeles i fire kategorier, efter kvaliteten af resultaterne. I trafiksikkerhedshåndbogen er de inddelt i: metodisk gode, brugbare, svage og utilstrækkelige.

Inddelingen er som følger²:

Metodisk gode: Eksperimenter, det vil sige kontrollerede forsøg med tilfældig fordeling af elementer til en tiltagsgruppe og en kontrolgruppe.

Brugbare: Før- og efteranalyser, som i det mindste kontrollerer for regressionseffekt og generel ulykkes udvikling. Med- og udenundersøgelser, kontrolleret for væsentlige kendte fejlkilder og multivariate analyser. Tidsrækkeanalyser hvor den generelle ulykkes tendenser, sæsonvariation og den tilfældige variation er elimineret, og som har en klar tiltagsvariabel. Multivariate analyser, som bygger på en eksplicit model, samt et velbegrundet valg af funktionsformer og restledsstruktur.

Svage: Før- og efteranalyser, som kontrollerer for den generelle uheldsudvikling, men ikke for regressionseffekten. Med- og udenundersøgelser, som kontrollerer for enkelte fejlkilder ved at inddele materialet i undergrupper. Tidsrækkeanalyser, som udelukkende bygger på simple

² Citeret, oversat fra norsk

modeller. Multivariate analyser, som bygger på tilgængelige data og som forudsætter normalfordelt restled.

Utilstrækkelige: Før- og efteranalyser, uden kontrol af mulige fejlkilder. Med- og udenundersøgelser, uden kontrol af mulige fejlkilder. Uheldsanalyser uden kontrolgrupper, som bygger på forudsætninger, for hvilke det ikke er muligt, at undersøge hvorvidt de holder. Teoretiske beregninger af tiltagets virkning, uden at undersøge grundlagene for beregningernes holbarhed.

5.02 Stedlig effekt

For at estimere effekten af et tiltag anvendes tre forskellige begreber til at beskrive uheldsmængden.

X	Det observerede antal uheld; de uheld der er registreret på lokaliteten, typisk ved politiregistrering.
μ	Det generelt forventede antal uheld; de uheld, som kan forventes på lokaliteter med de pågældende karakteristika.
Λ	Det lokalt forventede antal uheld; de uheld, som kan forventes på den pågældende lokalitet, under hensyntagen til generelle samt lokale karakteristika.

Effekten – ε_i – af et lokalt trafiksikkerhedsfremmende tiltag findes som forholdet mellem det lokalt forventede antal uheld på lokaliteten – i – et givent tidsrum – t , efter implementering af tiltaget, og det lokalt forventede antal uheld på lokaliteten i samme tidsrum uden tiltaget.

$$\varepsilon_i = \frac{\lambda_{it \text{ med tiltag}}}{\lambda_{it \text{ uden tiltag}}} \quad \mathbf{5-1}$$

Effekten af tiltaget er positiv, hvis forholdet mellem det forventede antal uheld med tiltaget, og det forventede antal uheld uden tiltag er mindre end 1,0. Er forholdet over 1.0 er der sket en stigning i det forventede antal uheld, og effekten er dermed negativ.

Problemet med formlen er, at hverken det forventede antal uheld med tiltag – $\lambda_{it \text{ med tiltag}}$ –, eller det forventede antal uheld uden tiltag – $\lambda_{it \text{ uden tiltag}}$ – umiddelbart kan bestemmes.

Effekten af et implementeret tiltag, svarer i statistiske termer til at beskrive den systematiske ændring i uheldstallet mellem før- og efterperioden, der kan henføres til tiltagets implementering. Til at estimere effekten af et trafiksikkerhedsfremmende tiltag, anbefales det derfor at anvende uheldsmodeller.

Uheldsmodellen forsøger at beskrive den systematiske uheldsvariation ud fra ligningen:

$$\begin{aligned} \text{Variationen i den observerede uheldsforekomst} \\ = \text{systematisk variation i uheldstallet} + \text{tilfældig variation i uheldstallet} \end{aligned}$$

Hvor variationen i den observerede uheldsforekomst er den eneste umiddelbart målbare parameter. Uheldsmodellen skal med andre ord bidrage med estimat, som medvirker til at løse én ligning med to ubekendte.

"Hvis der ved valg af perioder og brug af kontrolgrupper er kompenseret for systematisk variation, der skyldes trafikmængdeændringer, lovgivning o.l., må en eventuel systematisk variation skyldes foranstaltningen." (Jørgensen 1981)

Jo længere tidsperiode der observeres på lokaliteten, des mindre betydning får den tilfældige variation i uheldstallet på uheldsobservationerne. Samtidig er sandsynligheden for, at der kommer yderligere ændringer på lokaliteten, som har indvirkning på antallet af uheld, større jo længere tid der observeres. Disse ændringer kan være geometriske ændringer på lokaliteten, eller umiddelbar nærhed af lokaliteten, det kan ligeledes være lokale eller generelle ændringer i trafikmængde, eller trafikant adfærd.

Den optimale uheldsmodel estimerer $\lambda_{it \text{ med tiltag}}$ ud fra værdisætning af de uafhængige variable, som afhænger af de lokale karakteristika, som er gældende for lokaliteten, hvor tiltaget ikke er implementeret. $\lambda_{it \text{ uden tiltag}}$ estimeres ved at bestemme de uafhængige variable, for lokaliteten hvis tiltaget ikke implementeres. Dette kræver en uheldsmodel, som tager samtlige faktorer, som påvirker uheldstallet i regning. (Madsen, 2005)

Jo bedre uheldsmodellen opfylder ovenstående kriterier, des mindre er risikoen for en fejlvurdering af effekten. Der er derfor udviklet adskillige modeller, som anvendes for at komme med et estimat på effekten ud fra de data, som det er muligt at observere, som tager højde for så mange faktorer som muligt. Der er umiddelbart ingen modeller, som fuldstændigt kan isolere den tilfældige variation, fra den uforklarede systematiske variation.

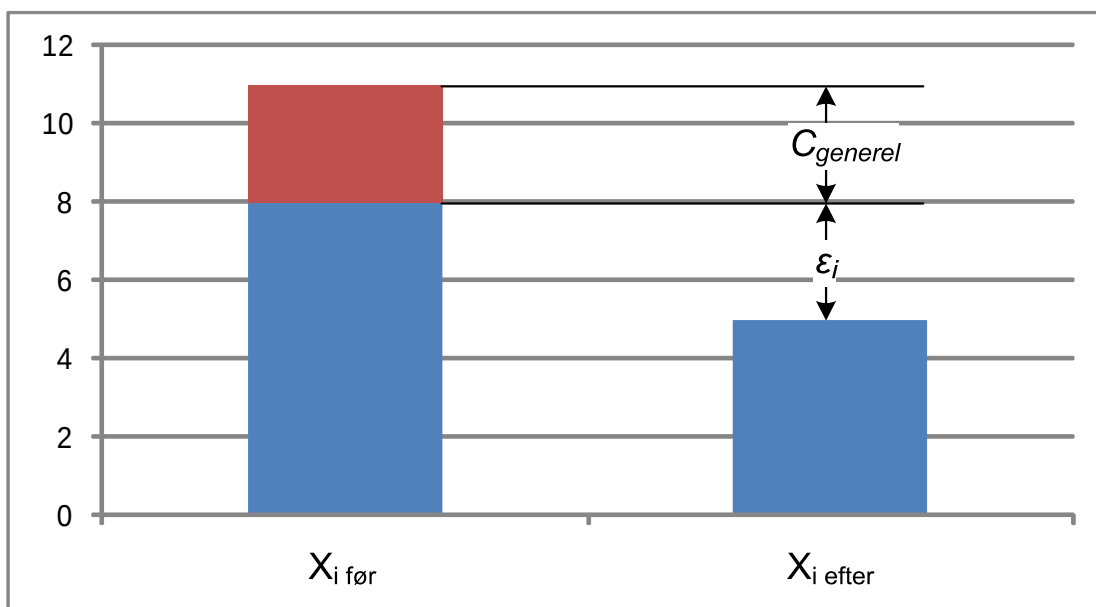
Den simpleste metode – omtalt som **den naive metode** – er, at lade det observerede antal uheld i en periode før implementering af tiltaget – $X_{it \text{ før}}$ – være repræsentant for det forventede antal uheld uden tiltaget, og lade antallet af observerede uheld i en tilsvarende periode efter implementering af tiltaget – $X_{it \text{ efter}}$ – være repræsentant for det forventede antal uheld med tiltaget.

Således findes effekten ved:

$$\varepsilon_i = \frac{X_{it \text{ efter}}}{X_{it \text{ før}}} \quad \mathbf{5-2}$$

Tidsperioden – t – for observering af uheld på lokaliteten, såvel før som efter, er typisk på tre til fem år.

Effekten af tiltag, kan beskrives som forholdet mellem antallet af uheld i før perioden, og antallet af uheld i efterperioden. Modregnet de bidrag, som skyldes påvirkning fra faktorer, som ikke kan henføres til ændring af lokaliteten. Dette bidrag findes ved at indføre en korrektionsfaktor – $C_{generel}$. En principskitse af forholdet mellem de ændringer, som skyldes ombygningen, og de ændringer, som skyldes andre forhold, kan ses på Figur 2.



Figur 2: Principskitse af uheldsbilledet på en lokalitet før og efter, implementering af et tiltag. $C_{generel}$ er en korrektionsfaktor, som tager højde for de ændringer, som ikke kan tilskrives ombygningen. ϵ_i er den ændring i uheldsforekomsten, som kan tilskrives ombygningen

(a) Kontrol for generelle uheldstendenser

For at gardere sig imod fejlkilderne, kan der anvendes kontrolgrupper (Jørgensen 1981). En kontrolgruppe består af lokaliteter, som i udformning og trafikale forhold, ligner lokaliteten før lokaliteten bliver behandlet, ligesom forholdene på lokaliteterne i efterperioden skal være nogenlunde identiske med, hvordan forholdene ville have været på den behandlede lokaliteter i efterperioden, hvis den vel at mærke ikke var blevet gjort til genstand for etableringen af det tiltag, der ønskes effektvurderet. Kontrolgruppen anvendes således, at uheldsudviklingen på den udvalgte lokalitet, sammenlignes med uheldsudviklingen i kontrolgruppen. Udvikler uheldstallet på lokaliteten sig stort set på samme måde som i kontrolgruppen, kan det antages, at udviklingen skyldes generelle ændringer, og ikke ændringen på den enkelte lokalitet (Hauer, 1997).

Omvendt kan en markant ændring i uheldsudviklingen på lokaliteten, set i forhold til kontrolgruppen, ses som indikator på at ændringen af lokaliteten har haft en effekt, hvad enten denne er positiv eller negativ.

Ved at korrigere den generelle uheldsudvikling ved hjælp af en kontrolgruppe, forsøges der at tage højde for den del af ændringerne i uheldsforekomsterne fra før til efter på de behandlede lokaliteter, som kan tilskrives generelle udviklingstrends indenfor trafikikkerheden. Det være sig eksempelvis bedre køreuddannelse, kampagneaktiviteter, øget generel politikontrol, ændret bilpark, generel udvikling i trafikken for lokalitetstypen o.l.

Det kan imidlertid være en omfattende opgave, at oprette og anvende kontrolgrupper. I langt de fleste tilfælde vil det være vanskeligt, at finde en række lokaliteter, som har karakteristika, som ligner dem som gør sig gældende for den udvalgte lokalitet, derudover er det et omfattende arbejde, at indsamle uheldsdata for lokaliteterne i kontrolgruppen. Kontrolgruppen, som anvendes skal helst omfatte adskillige hundrede uheld, for at resultatet er tilfredsstillende (Elvik, 2001).

Kontrolgruppen skal optimalt set bestå af lokaliteter, som ligner den effektivvurderede lokalitet så meget som muligt (Elvik, et al., 1997). Er det et lysreguleret kryds med kanalisering på primærvejen i landzonen, der evalueres på, bør kontrolgruppen ligeledes bestå af lysregulerede kryds i landzonen, med kanalisering på primærvejen.

Det er ikke muligt, at finde tilstrækkeligt med lokaliteter, for samtlige kategorier, hvis antallet af kriterier bliver for stort. Dette vil betyde, at der er alt for få ulykker, til at give et brugbart resultat.

For at tage højde for ændringer i den generelle uheldsudvikling indføres en korrektionsfaktor – C_{trend} . Korrektionsfaktoren findes ud fra forholdet mellem antallet af uheld på et større antal af veje, i perioder tilsvarende før- henholdsvis efterperioden. Af Jørgensen (1981) foreslås en inddeling i 12 prædefinerede kategorier, betegnet: By, Land, Storkøbenhavn og Storkøbenhavns forstæder, og disse inddeles yderligere i F-kryds, T-kryds og strækninger.

Der udvælges den referencekategori, som bedst svarer til den lokalitet, for hvilken effekten ønskes bestemt. Derefter findes antallet af uheld på lokaliteterne i kontrolgruppen i samme tidsrum, som efterperioden – $X_{t \text{ kontrolgruppe efter}}$ – og antallet af uheld på lokaliteterne i kontrolgruppen i samme tidsrum, som førperioden – $X_{t \text{ kontrolgruppe før}}$ – på den evaluerede lokalitet. Forholdet mellem referencetallene udgør korrektionsfaktoren C_{trend} .

$$C_{Trend} = \frac{\sum X_{t \text{ kontrolgruppe efter}}}{\sum X_{t \text{ kontrolgruppe før}}} \quad 5-3$$

Det observerede antal uheld i efterperioden, repræsenterer det forventede antal uheld med tiltaget implementeret, og det forventede antal uheld for lokaliteten uden tiltaget implementeret estimeres ved det observerede antal uheld i førperioden multipliceret med korrektionsfaktoren, C_{trend} . (Tanner, 1958)(Jørgensen, 1981)

Følgelig findes effekten af et tiltag med korrektion for generelle sikkerhedstrends ved:

$$\varepsilon_i = \frac{X_{it \text{ efter}}}{X_{it \text{ før}} * C_{trend}} \quad 5-4$$

(b) Kontrol for trafikale ændringer på lokaliteten

Korrektionsfaktoren C_{trend} tager højde for den generelle uheldsudvikling. Den tager imidlertid ikke højde for ændringen i trafikmængden på lokaliteten. Ændringen i trafikmængden – eksponeringen – på lokaliteten kan ske som et resultat af adskillige faktorer, og har væsentlig indflydelse på antallet af uheld på lokaliteten.

*Antal af skadede i trafikken = eksponering * ulykkesrisiko * skadesrisiko*
(Elvik, et al., 1997)

Vejdirektoratet har udarbejdet en uheldsmodel ud fra uhelds- vej- og trafikdata, som beskriver sammenhængen mellem trafikmængde og uheldsforekomst – sidstnævnte udtrykt ved uheldstætheden – for forskellige vej- og krydstyper. Modellen er igennem tiden blevet opdateret, med nye ap-parametre³, som er de parametre – sammen med trafikmængden på lokaliteten, i

³ De seneste ap-modeller bygger på uheldsdata fra 2001-2005

efterperioden – $N_{i \text{ efter}}$ – opgjort i årsdøgnetrafik (ÅDT) samt trafikmængden på lokaliteten i førperioden – $N_{i \text{ før}}$ – ligeledes opgjort i ÅDT, som uheldsmodellen bygger på. (Greibe, et al., 2001)

Korrektionsfaktoren findes således ud fra trafikmængde samt parameteren p , som blandt andet afhænger af den evaluerede lokalitets type⁴.

$$C_{\text{trafik}} = \left(\frac{N_{i \text{ primær efter}} * N_{i \text{ sekundær efter}}}{N_{i \text{ primær før}} * N_{i \text{ sekundær før}}} \right)^p \quad 5-5$$

Effekten med tillæg for lokale trafikale ændringer findes således ved:

$$\varepsilon_i = \frac{X_{i \text{ efter}}}{X_{i \text{ før}} * C_{\text{trend}} * C_{\text{trafik}}} \quad 5-6$$

(c) Kontrol for tilfældig variation i uheldstallet

I citatet på side 15, gives udtryk for, at når der er taget højde for dele af den systematiske variation i uheldstallet, kan den resterende systematiske variation tilskrives tiltaget. Problemet er imidlertid, at det ikke umiddelbart er til at finde ud af hvor stor en del af den resterende variation, som er systematisk, og hvor stor en del, som skyldes tilfældig variation i uheldstallene.

Teoretisk set vil gennemsnittet af uheldsforekomsten nærme sig det lokalt forventede uheldsniveau, hvis lokaliteten observeres over en tilstrækkelig lang periode. Hvis de forhold, som har betydning for uheldsudviklingen holdes konstante i denne periode. (Hauer, 1997)

Ud fra dette kan udledes, at for før- og efterperioder, hvor tidsperioden – t – er gående mod uendeligt, vil formel 5-1 være lig med formel 5-2, såfremt ingen øvrige forhold ændres.

$$\varepsilon_i = \frac{\lambda_{it \text{ med tiltag}}}{\lambda_{it \text{ uden tiltag}}} = \frac{X_{it \text{ efter}}}{X_{it \text{ før}}}, \text{ for } t \rightarrow \infty$$

Trafikken er dynamisk, og ændringer i såvel trafikken, som fysiske ændringer på vejnettet indtræffer alt for ofte til, at der kan laves registreringer, over så lange tidsperioder uden ændringer, at den tilfældige variation kan negligeres.

Uheld sker i langt de fleste tilfælde, som følge af en række tilfældige omstændigheder. Uheldenes stokastiske natur, gør det derfor umuligt, at bestemme det forventede uheldstal med sikkerhed. Ses der på en uheldsbelastet lokalitet, er det sandsynligt, at uheldstallet vil falde, uden nogen form for ændring af lokalitetens karakteristika. Denne tilfældige variation kaldes også for regressionseffekten – eller regression-to-the-mean (RTM). For at tage højde for denne, indføres yderligere en faktor, som tager højde for regressionseffekten – C_{RTM} .

For lokaliteter med lave forekomster af uheld, vil det procentuelle fald i antallet af uheld være stort, og dermed vil regressionseffekten være størst for disse.

⁴ Modellen gælder for kryds, en tilsvarende model for strækninger kan ses i Bilag A

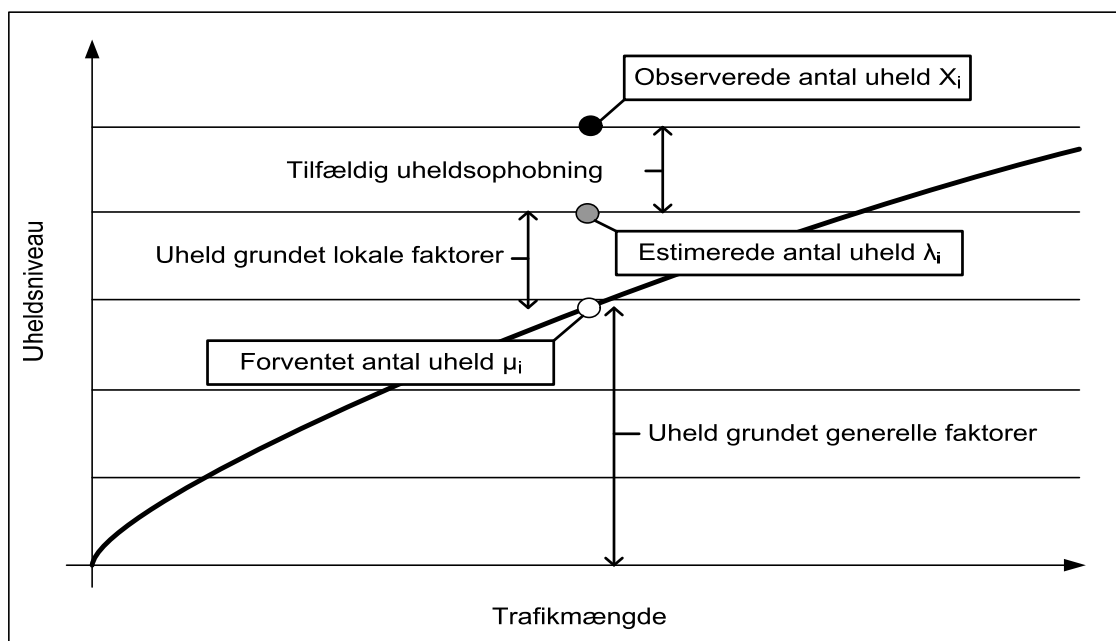
Regressionseffekten er en af de væsentligste – og vanskeligste – faktorer at korrigere for, den tilfældige variation kan udgøre en væsentlig andel af uheldsudviklingen. Ifølge Greibe, et al. (2001) viser undersøgelser, at variationen i antallet af uheld skyldes 80 % tilfældighed, og 20 % systematisk variation.

Lokaliteter som evalueres på baggrund af at de tidligere er blevet udpeget som sorte pletter, som følge af et højt uheldstal, er oftest de steder, hvor den tilfældige variation i uheldstallet er størst. Ifølge Elvik, (2001) ligger den tilfældige variation, for sortplet lokaliteter typisk omkring 30 %, men den kan variere fra 0 til 100 %.

Effekten af det trafiksikkerhedsfremmende tiltag findes med:

$$\varepsilon_i = \frac{X_{i \text{ efter}}}{X_{i \text{ før}} * C_{trend} * C_{trafik} * C_{RTM}} \quad 5-7$$

På Figur 3 kan ses en opstilling af hvordan de forskellige faktorer bidrager til antallet af uheld. Metoderne til at tage højde for regressionseffekten er mange, og der udvikles stadig på metoderne, for at få et bedre estimat på regressionseffekten. Den simpleste metode at kontrollere for regressionseffekten på er at fastsætte den **arbitrært**.



Figur 3: Grafisk fremstilling af en uheldsmodel, med det registreret, estimeret og forventet uheld.

Den arbitrært fastsatte regressionseffekt, som anvendes i Vejdirektoratets effektvurderinger, er fastsat til 25 %. For at tage højde for lokaliteter, med få uheld, og dermed høj regressionseffekt, anbefales det at anvende en regressionseffekt på 50 % for lokaliteter med under fem uheld, og 25 % på lokaliteter med mellem 5 og 15 ulykker. (Højgaard, et al., 2006)

Håndbog i trafiksikkerhedsberegninger (Greibe, et al., 2001) peger på at regressionseffekten ligger mellem 20 og 30 %.

Svenske undersøgelser fra 1982 peger på, at det er muligt, at tage højde for regressionseffekten ved at **udtage det værste år**, fra før perioden på de lokaliteter som effektvurderes, og tillægge det

værdien af gennemsnittet af de øvrige år i førperioden for de anvendte lokaliteter. På den måde får man, for et antal lokaliteter hvor der ikke er sket ændringer, et antal uheld som stort set er tilsvarende uheldstallet i efterperioden. (Holmskov, et al., 1993)

For af lokaliteter, som er udpeget som sorte pletter gælder, at de er udpeget til forbedring, på baggrund af en høj uheldsforekomst. For at tage højde for tilfældig ophobning af uheld i førperioden, kan uheldsdata fra en periode, som ligger længere tilbage end udpegningsperioden anvendes som estimat for det observerede uheldstal i førperioden – $X_{i\text{ før}}$ – altså uheldsdata fra en slags **før-førperiode**.

Den empiriske Bayes teknik anses for at være state-of-the-art, inden for evaluering af det stedbundne trafiksikkerhedsarbejde. Det er den bedste metode, som er til rådighed, til at kontrollere for tilfældig variation i uheldstallet, og dermed den bedste kontrol for regressionseffekten bl.a. (Lord, et al., 2008), (Persaud, et al., 2007).

Ved at anvende empirisk Bayes metode, er det muligt at fremsætte et estimat på den forventede uheldsforekomst på lokaliteten – i – i tiden – T – såfremt det stedspecifikke tiltag ikke var blevet implementeret. Værdien estimeres på baggrund af estimater på det generelt forventede antal uheld i førperioden – $\mu_{i\text{ før}}$ – samt de observerede uheldsforekomster i førperioden – $X_{i\text{ før}}$.

$\mu_{i\text{ før}}$ og $X_{i\text{ før}}$ tillægges en statistisk vægt i estimatet, idet den statistiske vægt fastlægges ud fra et regressionsparameter – ω_i – som beskriver den gennemsnitlige forekomst af tilfældig variation knyttet til uheldsforekomsten før. Et estimat på den forventede uheldsforekomst kan derfor findes ved (Hauer, et al., 2002)(Vistisen, 2002):

$$E\{\lambda_{i\text{ før}}\} = \omega_i * \mu_{i\text{ før}} + (1 - \omega_i) * X_{i\text{ før}} \quad 5-8$$

$E\{\lambda_{i\text{ før}}\}$	Det forventede antal uheld i førperioden
$X_{i\text{ før}}$	Antal observerede uheld på lokaliteten i førperioden
$\mu_{i\text{ før}}$	Det generelt forventede antal uheld i førperioden, fundet ved hjælp af en uheldsmodel
ω_i	Statistisk vægt, kaldet regressionsparameteren

Vægten antager en størrelse imellem 0,0 og 1,0. Jo tættere værdien af ω_i er på 1,0, des tættere er modelestimatet på fuldstændigt at beskrive det lokalt forventede antal uheld, dermed kan det antages at forskellen fra det observerede antal uheld, og det estimerede antal uheld fuldstændigt kan tilskrives tilfældigheder når regressionsparameteren er 1. Vægten – ω_i – bestemmes ud fra spredningen – α – fra uheldsmodellen anvendt til at bestemme $\mu_{i\text{ før}}$, deraf fås (Vistisen, 2002):

$$\omega_i = \frac{\alpha}{\alpha + \mu_{i\text{ før}}} \quad 5-9$$

Den trafikikkerhedsmæssige effekt – ε_i – af et givent stedspecifikt tiltag findes som forholdet mellem det observerede antal uheld i efterperioden, i forhold til det forventede antal uheld i samme periode.

$$\varepsilon_i = \frac{X_{i \text{ efter}}}{\mu_{i \text{ efter-uden tiltag}}} \quad 5-10$$

Det forventede antal uheld i efterperioden, findes ved hjælp af det estimerede forventede antal uheld i før perioden, korrigeret for udviklingen i generelle uheldstendenser, og generel ændring i trafikmængden. For at tage højde for dette, indføres de tidligere beskrevet korrektionsfaktorer C_{Trend} og C_{Trafik} . (Madsen, et al., 2010)

$$\varepsilon_i = \frac{X_{i \text{ efter}}}{E\{\lambda_{i \text{ før}}\} * C_{Trend} * C_{Trafik}} \quad 5-11$$

Omskrevet i forhold til 5-8:

$$\varepsilon_i = \frac{X_{i \text{ efter}}}{[\omega_i * \mu_{i \text{ før}} + (1 - \omega_i) X_{i \text{ før}}] * C_{Trend} * C_{trafik}} \quad 5-12$$

$\omega * \mu_{i \text{ før}} + (\mu_{i \text{ før}} - \omega) X_{i \text{ før}}$ udgør kontrollen for regressionseffekten, C_{Trend} , beskrevet ved formel 5-3, kontrollerer for den generelle uhelds tendens og C_{Trafik} udgør kontrollen for udviklingen i trafikmængden, som beskrevet ved formel 5-5.

Det kan med rimelighed antages, at uheld kan beskrives ved en Poisson-gamma fordeling. Antallet af trafikuheld på en lokalitet, kan antages at følge en Poisson fordeling (Fridstrøm, et al., 1993), da et uheld kan tilskrives en stokastisk proces, hvor antallet af forsøg (antal kørte km på vejen) er stort, og sandsynligheden for succes/fiasco (uheld) er lille. Uheldene indtræffer ligeledes uafhængigt af hinanden (uheld, som indtræffer afhængigt af hinanden betragtes som ét uheld). (Madsen, 2005).

Med andre ord; hvis det kan tilskrives tilfældigheder, når en ulykke indtræffer på en enkeltlokalitet, kan de beskrives ved Poissonfordeling. Poissonfordelingen beskriver dermed udelukkende den del af uheldstallet, som kan betragtes som værende rent tilfældigt. Den systematiske uheldsvariation kan derimod beskrives ved en gammafordeling. (Madsen, 2005)

Forskellen mellem det observerede antal uheld – X_{it} – og det estimerede antal uheld – λ_{it} – som kan ses på Figur 3 på side 20, kan beskrives med Poissonfordeling, hvorimod den øvrige del kan beskrives med gammafordelingen.

Var fordelingen af uheld rent tilfældig, ville det ikke være muligt, at reducere antallet af uheld, ved en ombygning af lokaliteter, med mange uheld. Var fordelingen af uheld forudsigelig, med hensyn til tid og sted, ville det være en simpel opgave, at undgå uheld.

Uheldsmodel til beskrivelse af μ_i – generaliseret lineær Poisson-gammamodel – hvor alle de forhold, som påvirker uheldsudviklingen forsøges indregnet, som uafhængige variable og de forhold som ikke kan påvises at have nogen påvirkning udelukkes, og hvor de observerede uheld udgør den afhængige variable, er udviklet på baggrund af multivariat regressionsanalyse⁵. (Madsen, 2005)(Elvik, 2004).

⁵ Modellen her er for kryds, en tilsvarende for strækninger fremgår af Bilag A.

$$\mu_i = a * N_{primær}^{b_p} * N_{sekundær}^{b_s} * \exp \left[\sum_{k,l} \beta_k(l) Z_k(l) \right] \quad 5-13$$

μ_i	Estimat på den forventede uheldsforekomst
a	Estimeret regressionskoefficient
$N_{primær}$ og $N_{sekundær}$	Trafikmængde på primær- henholdsvis sekundærvejen
b_p og b_s	Regressionskoefficienter til at beskrive trafikmængdens betydning på uheldsforekomsten på primær- henholdsvis sekundærvejen
$\beta_k(l)$	Værdien af variabelen, som påvirker uheldsudviklingen.
$Z_k(l)$	Regressionskoefficient, som angiver i hvilket omfang den enkelte variabel påvirker lokaliteten

Vistisen (2002) har udviklet modeller til at fastlægge det forventede antal ulykker μ_i for samt regressionsparameteren ω_i . De uafhængige variable til modellen i er fastsat ud fra en række karakteristika, for de forskellige typer af lokaliteter.

Lokaliteterne inddeles efter kryds, motorveje, motortrafikveje, andre større veje samt en kategori til de resterende veje, som ikke passer i nogle af de øvrige kategorier. Her er opgivet modellen for kryds, mens de øvrige modeller er opgivet i Bilag A

Parametrene til modellerne er estimeret med uhelds- vej og trafikdata for en lang række lokaliteter, i samme kategori, fra 1989-1998. Disse parametre er tabelleret i Bilag B.

For kryds findes μ_i ved:

$$\mu_i = a * \gamma^{\Delta t} * \text{ÅDT}_{primær}^{b_1} * \text{ÅDT}_{sekundær}^{b_2} * \exp \left[\sum_{k,l} \beta_k(l) Z_k(l) \right] \quad 5-14$$

a	Parameter, som er afhængig af lokalitetstypen
γ	Faktor, som afhænger af trends i uheldsudviklingen
b_1 og b_2	Parametre for trafikudviklingen på primær- henholdsvis sekundærvejen
$\beta_k(l)$	Typeafhængig variabel, såsom vigepligt, kanalisering og randbebyggelse
$Z_k(l)$	Indikerer i hvilken grad den enkelte variabel gør sig gældende for lokaliteten

Regressionsparameteren kan nu findes ved formel 5-9, da spredningsparameteren ligeledes er estimeret i tabellerne, som fremgår af Bilag B.

Der udvikles i øjeblikket på en metode, som skal tage højde for den tilfældige variation i antallet af uheld i efterperioden, ved at anvende empirisk Bayes til at estimere antallet af uheld i efterperioden, således at formel 5-12 kommer til at se ud som:

$$\varepsilon_i = \frac{\omega_{i \text{ efter}} * \mu_{i \text{ efter}} + (1 - \omega_{i \text{ efter}})X_{i \text{ efter}}}{[\omega_{i \text{ før}} * \mu_{i \text{ før}} + (1 - \omega_{i \text{ før}})X_{i \text{ før}}] * C_{Trend} * C_{trafik}} \quad \text{5-15}$$

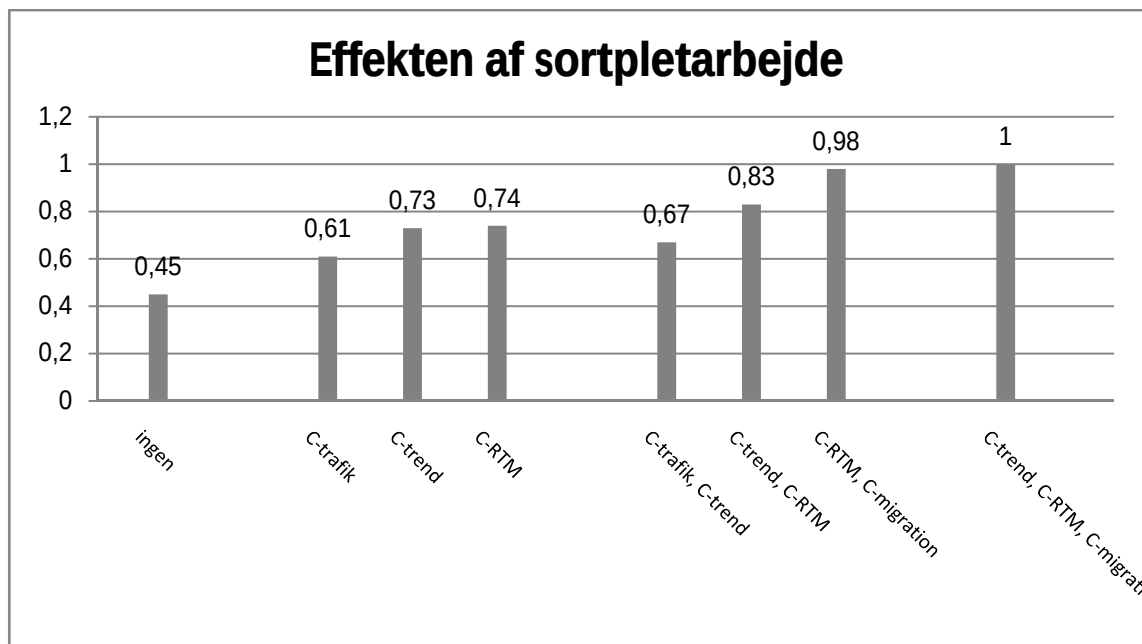
Denne model er endnu ikke efterprøvet, og arbejdet med modellen er endnu ikke publiceret (Madsen, et al., 2010). Dette skal blot ses som et tegn på, at modellerne til at estimere effekten af det stedlige trafiksikkerhedsarbejde stadig optager forskningen, og formentlig vil gøre det et godt stykke ud i fremtiden.

Værdien af evalueringen af et stedspecifik trafiksikkerhedsfremmende tiltags effekt, kan vurderes ud fra i hvor høj grad der tages højde for faktorer, som bidrager til systematisk variation, samt den del af den tilfældige variation, som er forklarlig.

Før- og efteranalyser kan ifølge Elvik (1997) klassificeres efter om de kontrollerer for:

1. Regressionseffekten
2. Ændringer i trafikmængder
3. Ændringer i generelle uheldstendenser
4. Migration af uheld, som følge af tiltaget

En inddeling af en række estimer af effekten af sortpletarbejde, inddelt efter hvor mange faktorer der kontrolleres for kan ses på Figur 4. Jo flere faktorer, der kontrolleres for, des mindre bliver effektestimatet.



Figur 4: Effekten af sortpletarbejde, inddelt efter hvor mange elementer der er kontrolleret for i estimatet. (Elvik, 1997)

Det fremgår af figuren, at der hvor der i effekttestimatet er taget højde for uheldstendenser, regressionseffekt og migration af uheld, er der ingen effekt. Mens den estimerede effekt er størst, når der ikke tages højde for noget, 55 %.

Jo flere faktorer, der tages i regning, des mere konservativt bliver effekttestimatet. Dette begreb er kendt som: *The Iron Law of Evaluation Studies*; "Jo mere teknisk korrekt et effektstudie udføres, des mindre sandsynligt er det, at effekten estimeres som værende positiv." (Elvik, 1997)

Når der ses på lokaliteter i forbindelse med sortpletarbejdet, er der blandt de lokaliteter som udpeges som sorte pletter en del af dem, som reelt er sorte pletter, disse kaldes **korrekte sorte pletter**. Det er lokaliteter, hvor det forventede antal uheld og det observerede antal uheld overstiger udpegningskriteriet, som for sorte pletter i Danmark er fire uheld på fem år.

Derudover er der nogle af de udpegede lokaliteter, som reelt set ikke er sorte pletter, disse betegnes som **fejlagtige sorte pletter**, disse udpeges fejlagtigt, på grund af at det observerede antal uheld overstiger udpegningskriteriet, men det forventede antal uheld for lokaliteten er mindre end udpegningskriteriet.

Iblandt de lokaliteter som frasorteres er de lokaliteter, hvor såvel det forventede antal samt det observerede antal uheld er mindre end udpegningskriteriet. Disse lokaliteter er **korrekt udelukket**.

For den sidste gruppe af lokaliteter, overstiger det forventede antal uheld udpegningskriterierne, men da det observerede antal uheld ikke overstiger udpegningskriterierne, disse lokaliteter er **fejlagtigt udelukket**.

På en række lokaliteter, hvor der er opnået et vist kendskab til antallet af korrekte of fejlagtige sorte pletter samt korrekte of fejlagtige udelukkede lokaliteter, er der lavet effektestimater med forskellige modeller. I denne undersøgelse er den virkelige effekt fastslået til 21 %. Naiv før og efter metoden giver et mål for effekten på 43 %, altså en kraftig overestimering. Den anvendte empiriske Bayes model giver et effekttestimat på 14 %. Empirisk Bayes underestimerer effekten. Ses der på de fejlagtigt udelukkede lokaliteter, til sammenligning, er effekttestimatet på 4 %. Elvik (2007) påviser hermed, at det effekttestimat, som kommer tættest på den reelle effekt er empirisk Bayes. Samtidig udledes det, at hvis de lokaliteter, som anvendes til kontrolgrupper, består af fejlagtige udelukket sorte pletter vil dette bidrage til underestimering af effekten.

5.03 Meta-analyse

Det overordnede mål med meta-analyser er, at kombinere resultaterne af en række undersøgelser, for derved at komme frem til en samlet middelværdi, og dermed en samlet konklusion på en række sammenlignelige undersøgelser.

Der er to forskellige måder at anvende meta-analyse. En meta-analyse kan anvendes til at finde et gennemsnit af en række studier. Er der fundet gennemsnit, for mere end en række af studier, kan der udføres en metaanalyse, for at finde middelværdien af disse analyser.

Resultatet af en meta-analyse giver et statistisk "stærkere" resultat, end en enkeltstående undersøgelse.

Meta-analyse repræsenterer centrale undersøgelsesresultater på en måde, der er mere differentieret og avanceret end konventionelle evalueringsprocedurer, der er baseret på kvalitative resumeer eller simpelt gennemsnit af stedlige effektestimater. (Lipsey, et al., 2001)

Ved at samle lignende undersøgelser i en meta-analyse, er det muligt at komme nærmere en reel konklusion, på forskellige virkemidlers effekt, dette er langt fra altid tilfældet i de enkelte analyser, grundet de relativt små datamængder.

Der er fire grundlæggende trin i en meta-analyse (Petitti, 2000):

1. find undersøgelser, hvis data er relevante for meta-analysen
2. definition af kriterier for udvælgelse af, hvilke studier som er egnede til analyse
3. udtræk af data fra de undersøgelser som findes egnede
4. statistisk analyse af de udtrukne data

Ad. 1. Undersøgelser med relevant data findes ved hjælp af en systematisk gennemgang af diverse databaser, hvor den type af undersøgelser, som skal danne baggrund for meta-analysen, naturligt vil være publiceret. Det er vigtigt, at scanningen for relevante undersøgelser er grundig, systematisk og veldokumenteret.

Ad. 2. Udvalgs-/udelukkelses kriterierne bestemmes ud fra hvor systematisk de forskellige undersøgelser er udført. Kriterierne for udvælgelsen bør udarbejdes før der trækkes data ud af undersøgelse. Undersøgelser, som f.eks. har kortere før- henholdsvis efterperiode bør udelukkes fra analysen. (der har i enkelte tilfælde, som alternativ været udført en omregning, således at der er givet et estimat på det "observerede" antal uheld i de manglende år, grundet den relativt begrænsede mængde data. (Schelling, 2010)

Ad. 3. Dataudtræk fra de undersøgelser, som skal danne baggrund for meta-analysen foregår normalt i to faser, først et simpelt udtræk for at vurdere undersøgelsens egnethed til det videre analysearbejde. Derefter et mere systematisk udtræk af data, til brug i den endelige meta-analyse.

Ad. 3. Analysen af data bør indeholde en test for homogenitet. Er data homogene, er det muligt, umiddelbart at give et estimat over den samlede effekt. Er der derimod tale om inhomogene data, skal der foretages en undersøgelse af hvilke faktorer, som bidrager til denne inhomogenitet, og hvilke konsekvenser de har på resultatet. Derudover bør det fremgå i forbindelse med et estimat over den samlede effekt, hvad variansen er, samt et 95 % konfidensinterval.

Fordelen ved en god meta-analyse, er at det er en meget struktureret metode til at analysere data. Ved at udføre analysen systematisk og nøjagtigt, er det muligt for modtager at vurdere afsenderens antagelser, vurderinger og konklusioner, frem for blot at stole på, at de antagelser, der er gjort, gør, at konklusionerne er valide. (Lipsey, et al., 2001)

(a) Log Odds

En metode til at udføre meta-analysen med, er log Odds metoden. Log Odds metoden estimerer middeleffekten ved at tildele de stedspecifikke effektestimater, som indgår i meta-analysen en statistisk vægtning. (Elvik, et al., 2009) Den statistiske vægt – W_i – afhænger af de estimerede antal uheld på lokaliteten i før- henholdsvis efterperioden, samt det observerede antal uheld på referencelokaliteterne i samme perioder.

Der skælnes mellem hvorvidt de stedspecifikke effektestimater indeholder systematisk variation (inhomogene data), eller ikke (homogene data). For homogene data anvendes fixed effekt modellen, hvor den statistiske vægt findes som den resiprokke af variansen – v :

$$W_i = \frac{1}{v_i} \quad 5-16$$

Hvor variansen findes ved:

$$v_i = \frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D} \quad 5-17$$

Hvor A,B,C og D repræsenterer antallet af uheld på lokaliteten, samt på referencelokaliteten i før-henholdsvis efterperioden. For estimerer, hvor der ikke er kontrolleret for generelle uheldstendenser, udelukkes de to sidste led $1/C$ og $1/D$, som afhænger af uheld i kontrolgruppen. Kontrolleres der for trafikale ændringer og/eller regressionseffekt i estimatet af den stedspecifikke effekt, skal disse faktorer ligeledes tillægges, antallet af uheld i efterperioden, når variansen estimeres. (De Brabander, et al., 2005) For tilfælde, hvor antallet af uheld er nul, anvendes 0,5 som værdi for faktor A, B, C eller D.

Middeleffekten – $\bar{\varepsilon}$ – estimeres for fixed effekt med:

$$\bar{\varepsilon} = \exp\left(\frac{\sum_{i=1}^g W_i y_i}{\sum_{i=1}^g W_i}\right) \quad 5-18$$

Hvor y_i er den naturlige logaritme til den estimerede effekt – $\ln \varepsilon_i$ – og W_i er vægten fra estimering af effekten.

For undersøgelser med systematisk variation – inhomogenitet – resultaterne imellem, anvendes en model, som kaldes Random effekt modellen, denne model tager højde for inhomogeniteten. Dermed undgås en underestimering af usikkerheden i det samlede estimat af effekten.

For undersøgelser af inhomogene datasæt beregnes den statistiske vægt som en funktion af effekten samt værdien af inhomogeniteten i estimatet af effekten. For at teste for inhomogeniteten i estimatet, fastsættes en test parameter – Q – som udtrykkes ved:

$$Q = \sum_{i=1}^g W_i y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^g W_i y_i)^2}{\sum_{i=1}^g W_i} \quad 5-19$$

Q har en χ^2 fordeling med $g-1$ frihedsgrader. – g – er antallet af estimerer/effekter, som er kombineret i meta-analysen.

En anden tilgang til homogenitetstesten, for datamængder, som kan inddrages i undergrupper, for at undersøge, hvilke data, som bidrager til en eventuel inhomogenitet, er at beregne testparameteren ud fra følgende:

$$Q_{samlet} = \sum Q_{del} \quad 5-20$$

Hvor Q_{del} er testparametre fundet for de forskellige delmængder, f.eks. kryds, strækninger, rundkørsler mfl. På den måde, er det muligt, at gennemskue hvilke grupper, som evt. bidrager med inhomogene data, og hvilke datamængder der er homogene.

Er der tale om inhomogene data, implementeres en faktor $-\tau^2$ -, til at modificere den statistiske vægt, således at der tages højde for den systematiske variation imellem lokaliteter, denne faktor estimeres ved:

$$\tau^2 = \frac{Q - (g - 1)}{C} \quad 5-21$$

Hvor:

$$C = \sum_{i=1}^g W_i - \left[\frac{\sum_{i=1}^g W_i^2}{\sum_{i=1}^g W_i} \right] \quad 5-22$$

Variansen for inhomogene dataset $-v_i^*$ - bliver dermed:

$$v_i^* = \tau^2 + v_i \quad 5-23$$

Den tilsvarende statistiske vægt $-w_i^*$ - bliver dermed den inverse af variansen.

Den samlede effekt af g estimater findes nu ved:

$$\bar{\varepsilon} = \exp \left(\frac{\sum_{i=1}^g w_i^* y_i}{\sum_{i=1}^g w_i^*} \right) \quad 5-24$$

y_i er den naturlige logaritme af de estimerede effekter og w_i^* er den statistiske vægt af estimaterne.

Et 95 % konfidensinterval $-KI$ - for det vægtede gennemsnit findes ved:

$$95\% KI \text{ (øvre og nedre værdier)} = \exp \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^g w_i y_i}{\sum_{i=1}^g w_i} \right) \pm \frac{1,96 \cdot 1}{\sqrt{\sum_{i=1}^g w_i}} \right] \quad 5-25$$

Hvis konfidensintervallet indeholder værdien 1,0, er det et udtryk for, at de sikkerhedsmæssige effekter af tiltaget ikke er signifikante.

5.04 Sammenfatning af effektstudier

Der findes adskillige metoder til at estimere effekten af trafiksikkerhedsfremmende foranstaltninger. Der er stor forskel på de enkelte modeller, især på hvor meget arbejde der kræves, i forhold til at indsamle og bearbejde de data, som er nødvendige for at estimere effekten.

Modellerne kan som tidligere nævnt inddeles i fire kategorier, alt efter kvaliteten af effekttestimatet. Kategorierne betegnes: Metodisk gode, brugbare, svage og utilstrækkelige.

Ingen af de modeller, som kan anvendes på danske forhold, kan betegnes som værende **metodisk gode**, da der i Danmark ikke er tradition for forsøg på området. Empirisk Bayes metode er den eneste af de beskrevne modeller, som umiddelbart kan placeres i kategorien **brugbare**, da der tages højde for den generelle uheldsudvikling, samt regressionseffekten, via en multivariat analyse, hvor der inddrages en række faktorer, så restleddet optimalt set udelukkende består af den tilfældige variation. Metoden som beskrives i (Jørgensen, 1981) kategoriseres som **svag**, da den kontrollerer for den generelle uheldsudvikling, men ikke tager højde for regressionseffekten. Modeller som anvender en arbitrær fastsat regressionseffekt – som f.eks. metoden anvendt i kompetencecenter trafiksikkerheds evaluering – vurderes umiddelbart at ligge imellem svage og brugbare, da der tages højde for regressionseffekten, men restleddet forudsættes at være normalfordelt. Den naive metode, må betragtes som **utilstrækkelig**, da der ikke tages højde for nogen fejlkilder overhovedet.

Der er ifølge den anvendte litteratur flere metoder til at fastsætte bidraget fra regressionseffekten på. Modellerne giver forskellige resultater i estimatet af det forventede antal uheld. Der findes ikke nogen facitliste over hvor stor en del af uheldene, som skyldes tilfældigheder, andelen af tilfældig variation varierer i tid og sted, men des flere faktorer, som inddrages i effekttestimatet, jo mindre positivt antages effekttestimatet at blive.

Derfor anvender empirisk Bayes modellen - som af mange anses for at være state-of-the-art inden for effektvurdering af trafiksikkerhedsfremmende tiltag – typespecifikke karakteristika, til at estimere det forventede antal uheld, for derigennem at tage højde for regressionseffekten. Empirisk Bayes modellen inddrager trafikmængde og lokalitetstypen, for at estimere det forventede antal uheld, for derefter yderligere at inddrage den generelle uheldsudvikling, samt ændringen af trafikmængden på lokaliteten, for at estimere effekten.

De beskrevne modeller anvender ikke lige mange korrektionsfaktorer. Det naive før- og efterstudie, som anses for at være den svageste af alle modellerne, anvender ingen, hvorimod de modeller, som antages at være de stærkeste, tager højde for den generelle uheldsudvikling, lokal udvikling i trafikmængde samt regressionseffekten.

I langt de fleste tilfælde vil korrektionsfaktorerne for generelle uhelds tendenser, og korrektionsfaktoren for lokal trafikudvikling være modsatrettede. Igennem årene er der, på baggrund af flere forskellige tiltag på området, sket et fald i antallet af uheld, hvilket vil betyde at der forventes færre uheld på lokaliteten i efterperioden. Den generelle trafikmængde er ligeledes steget gennem årene, hvilket betyder, at for de fleste lokaliteters vedkommende, er den lokale trafikmængde også steget. I disse tilfælde, vil der kunne forventes en stigning i antallet af uheld i efterperioden, grundet stigning i trafikmængden.

Samlet set overstiger den positive udvikling i trafiksikkerheden dog den sikkerhedsmæssige negative effekt af stigningen i trafikmængden.

6. Beskrivelse af case

Vejdirektoratet har de seneste år udført evaluering af gennemførte fysiske tiltag – sortpletarbejder – på statsvejnettet. Sortpletarbejdet er det mest systematiske fysiske trafiksikkerhedsfremmende arbejde, som er udført på det danske vejnet igennem de sidste mange år.

Vejdirektoratet har faste rammer og procedurer for udførelse af sortpletarbejdet, således at det bliver udført på samme måde over hele statsvejnettet. Arbejdet er relativt veldokumenteret, og der er igennem de seneste år udbedret mange sorte pletter, set i forhold til statsvejnettets størrelse. Dette gør Vejdirektoratets sortplatevaluering særdeles velegnet som case, til at vurdere værdien af forskellige evalueringsmetoder.

Evalueringen fra år 2008 er den første evaluering i længere tid. Før 2008 var den seneste større analyse fra 1995 foretaget af Fyns amt for Vejdirektoratet (Hansen, et al., 2008). Siden da, er der sket meget med det danske vejnet. Den væsentligste ændring af strukturen må tilskrives kommunesammenlægningen i 2007, hvor samtlige af amternes veje blev fordelt mellem kommunerne og Vejdirektoratet. Dette har medvirket til, at der for en del af de tidligere amtsveje er problemer med at tilvejebringe de nødvendige data for at foretage evalueringerne. (Hansen, et al., 2008)

Derfor har Vejdirektoratets kompetencecenter trafiksikkerhed siden 2008 udstukket retningslinjerne for udførelsen af disse evalueringer, samt temaer, ud fra hvilke de respektive vejcentre skal prioritere tiltag til effektvurderingen.

For at sikre, at evalueringen fra de seks Vejcentre ender ud ens i deres udtryk, således at de kan anvendes til en samlet vurdering, har Vejdirektoratet udarbejdet et konkret paradigme for evalueringernes gennemførelse.

Sammen med paradigmet har kompetencecenteret trafiksikkerhed ligeledes givet temaer, inden for hvilke der, i det omfang det er muligt, skal vælges lokaliteter til evaluering. Ved at fastlægge et tema for udvælgelsen af lokaliteter er det muligt at vurdere hvorvidt en bestemt type af tiltag har haft en bedre effekt end andre typer af tiltag.

I 2009 var temaet kanalisering i prioriterede kryds samt lokale hastighedsnedsættelse omkring kryds. I 2010 var temaet udover at det igen var valgt, at prioritere evalueringer omhandlende kanalisering i prioriterede kryds, evaluering af variable tavler. I 2008 var der ikke fra kompetencecenter trafiksikkerhed udstukket noget tema, og det til trods, var der dog to grupper af projekter, som skilte sig ud, disse var rundkørsler og ombygning af signalanlæg. (Hansen, et al., 2008)

Vejdirektoratet har i deres evalueringsarbejde anvendt en simplificeret udgave af korrektionsfaktormodellen, som er beskrevet i Jørgensen (1981). Simplificeret på den måde, at korrektionsfaktoren ikke udregnes, som beskrevet med personskadeuheld, fordelt på lokalitetskategorier. Der er i stedet gjort brug af samtlige indrapporterede uheld, for hele vejnettet, i de berørte tidsperioder. Derudover er modellen blevet udvidet med en arbitrær fastsat korrektion på 25 % for regressionseffekten.

(a) Beskrivelse af paradigmet

Paradigmet er hovedsageligt inddelt i en datadel, hvor der er plads til oplysninger omkring antallet af ulykker inddelt i personskadeuheld, materielskadeuheld og ekstrauehld. Derudover oplysninger omkring antallet af dræbte, alvorligt tilskadekomne samt lettere tilskadekomne. Data for disse seks kategorier opgøres for såvel før som efter udførelsesperioden, og forskellen opgøres som reel og procentuel forskel. Derudover er der oplysninger omkring tidspunkter for udpegning, udbedring samt evaluering. Endelig er der oplysninger af geografisk karakter, såsom vejnummer med kilometrer, vejnavn samt stedsbetegnelse.

Efter data er blevet skematiseret, kommenteres disse, i særdeleshed forskellen i antallet af ulykker.

Efter kommentarer til data, udføres den endelige analyse. I analysen ønskes især fokus på, hvorvidt der er en tydelig fællesnævner blandt uheldene, som f.eks. tidspunkt på døgnet, årstid eller om der er tale om en overvægt af uheld fra en bestemt hovedkategori. Uheldene inddeles efter hovedkategorier ud fra de implicerede parter art, kollisionstyper osv. som er beskrevet i Hemdorff, et al. (2003)

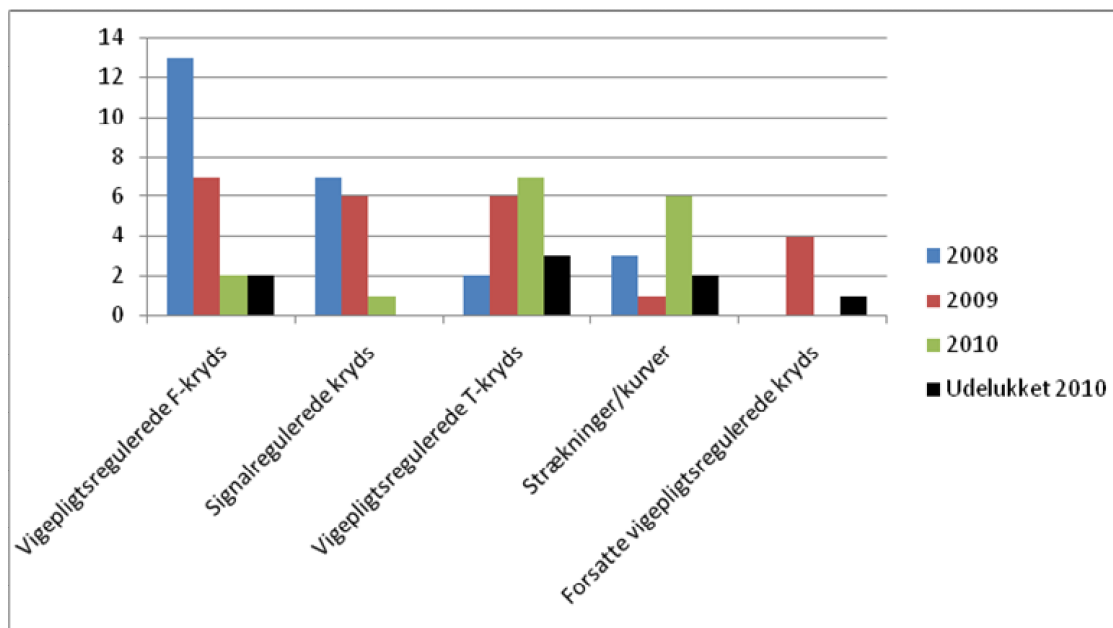
Det ønskes belyst, for både før- og efterperioden, hvorvidt der er sammenhæng mellem typen af ulykker. Er der sammenhæng, undersøges det, om det gør sig gældende for både før- og efterperioden, eller om der er opstået en ny fællesnævner blandt uheldene i efterperioden, set i forhold til ulykkerne i førperioden, det kunne f.eks. være et kryds, hvor der var mange ulykker af 510 og 520 (krydsningsuheld) i førperioden, hvor uheldsbilledet i efterperioden viser samme antal uheld, men nu er det primært 311 eller 321 uheld (bagendekollisioner). Alle bilagene samles til sidst i evalueringsrapporten.

En væsentlig forskel på 2008 og de to øvrige paradigmer, er at der i 2009 og 2010 paradigmet, udover ovenstående ligeledes ønskes oplysninger vedrørende trafikmængder. Der indtegnes et trafikdiagram for de respektive tidspunkter, på lokaliteten i før- henholdsvis efterafsnittet.

6.02 Resultaterne af evalueringerne

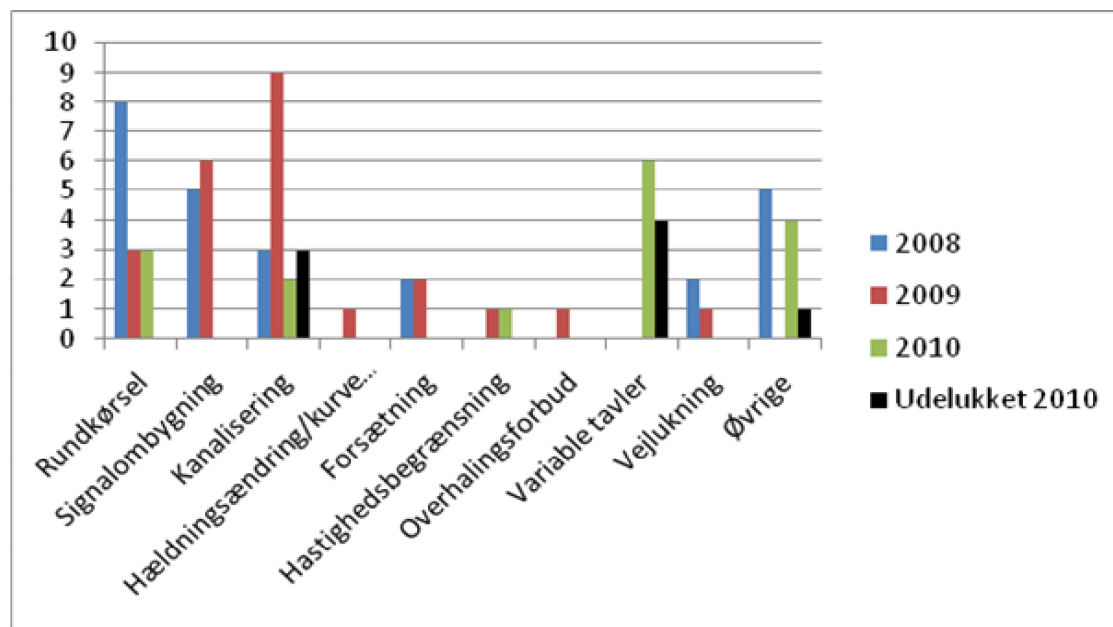
I Hansen, et al. (2008), Schelling (2010) og Schelling (2011) Analyseres på tiltagenes virkning på antallet af uheld, samt virkningen på antallet af personskader. I nærværende rapport er udelukkende anvendt de data, der drejer sig om uheld.

De seks vejcentre har i de tre evalueringsår fundet 73 lokaliteter (henholdsvis 25, 24 og 24). I 2010 har det været nødvendigt, at udelukke otte lokaliteter fra den samlede evaluering, enten fordi at lokaliteterne har få uheld eller ingen uheld, i førperioden, eller på baggrund af at der på lokaliteten var sket fysiske ændringer i efterperioden, hvilket betyder at det ikke med sikkerhed kan afgøres om ændringen af uheldsmængden kan tilskrives det tiltag, som evalueres. Lokaliteterne fordeler sig som illustreret på Figur 5.



Figur 5: Lokalteter, som evalueres i Vejdirektoratets sortplet evaluering 2008,2009 og 2010, fordelt på lokalitetstyper.

De implementerede tiltag for lokaliteterne, vist på Figur 5 fordeler sig således som det er illustreret Figur 6



Figur 6: Fordelingen af tiltag, for de evaluerede lokaliteter i 2008, 2009 og 2010

For samtlige 65 projekter er det forventede antal ulykker beregnet. I den samlede evaluering er derefter set på resultaterne samlet. Den samlede opgørelse for de tre evalueringer kan ses i Tabel 1.

Tabel 1: Resultaterne fra evalueringerne for år 2008, 2009 og 2010. Kontrolleret for den generelle uheldsudvikling, samt korrigeret for at før og efterperioder ikke er lige lange i samtlige evalueringer, og endelig er der kontrolleret for regressionseffekten.

	2008, 25 lokaliteter		2009, 24 lokaliteter		2010, 16 lokaliteter	
	Uheld i alt	pr år, pr. SP	Uheld i alt	pr år, pr. SP	Uheld i alt	pr år, pr. SP
Før ombygning (observeret)	193	1,57	185	1,55	99	1,36
korrigeret for uheldsudvikling⁶	163	1,33	156	1,30	85	1,16
som over, samt længden af før- og efterperioderne⁷	153	1,30	154	1,35	84	1,17
Som over, samt regressionseffekten⁸	115	0,97	116	1,02	63	0,88
Efter ombygning (observeret)	76	0,64	66	0,58	42	0,58
Effekt	-39		-50		-21	
%	34 %		43 %		33 %	

Reduktionen i antallet af uheld er signifikant, ud fra en χ^2 test, på et 95 niveau.

Som det fremgår af Figur 6, er der stor del af lokaliteter, som koncentrerer sig omkring rundkørsler, signalombygning og kanalisering. Disse tre kategorier udgør 60 % af samtlige tiltag (58 %, hvis de otte lokaliteter, som er udelukket fra 2010 tælles med.) Derudover udgør Variable tavler 9 % af samtlige lokaliteter, eller 38 % af 2010 tiltagene (henholdsvis 14 % og 42 %, hvis de udelukkede lokaliteter inddrages) Da disse typer af lokaliteter har været angivet som temaer for udvælgelsen af lokaliteter, udarbejdes der ligeledes særskilte analyser for disse fire typer af tiltag. Det er ligeledes nærliggende at antage at der er variation i effekterne imellem kategorierne.

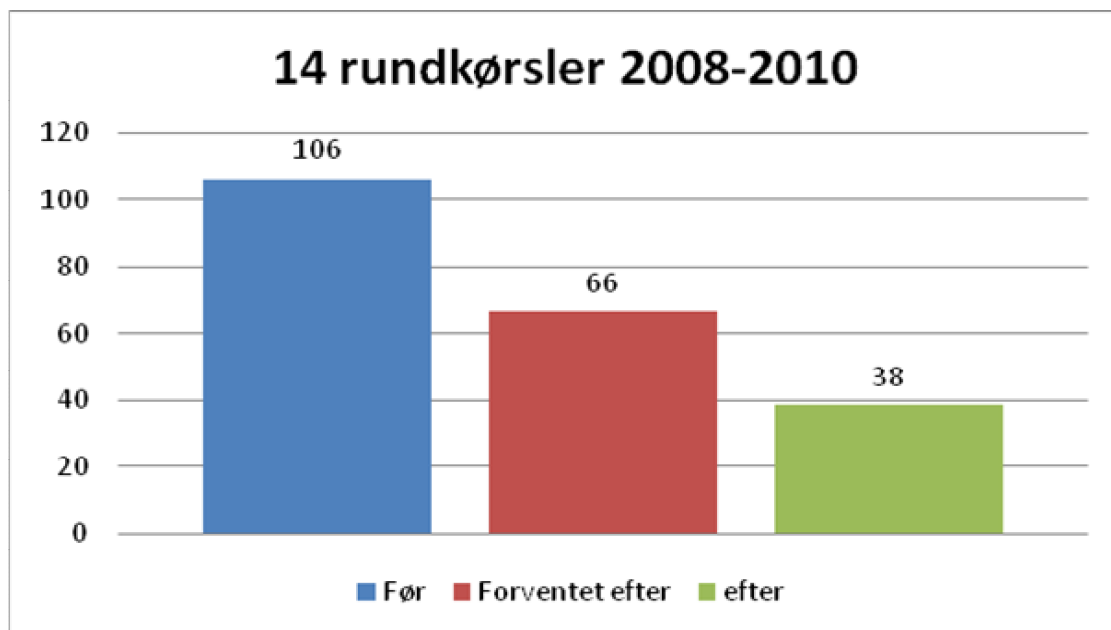
(a) Rundkørsler

I evalueringsrapporterne indgår 14 rundkørsler (8, 3 og 3). Som det fremgår af Figur 7 har rundkørslerne samlet reduceret antallet af uheld fra 66 uheld(korrigeret for uheldsudvikling samt regressionseffekt) til 28 uheld. En reduktion på 58 %. Reduktionen er signifikant på 95%-niveau.

⁶ Ved at indføre korrektionsfaktoren C_{trend}

⁷ Før- og efterperioderne er ikke lige lange i samtlige tilfælde, dette tages der højde for, ved at addere antallet af uheld/år/lokalitet med antallet af år i efterperioden.

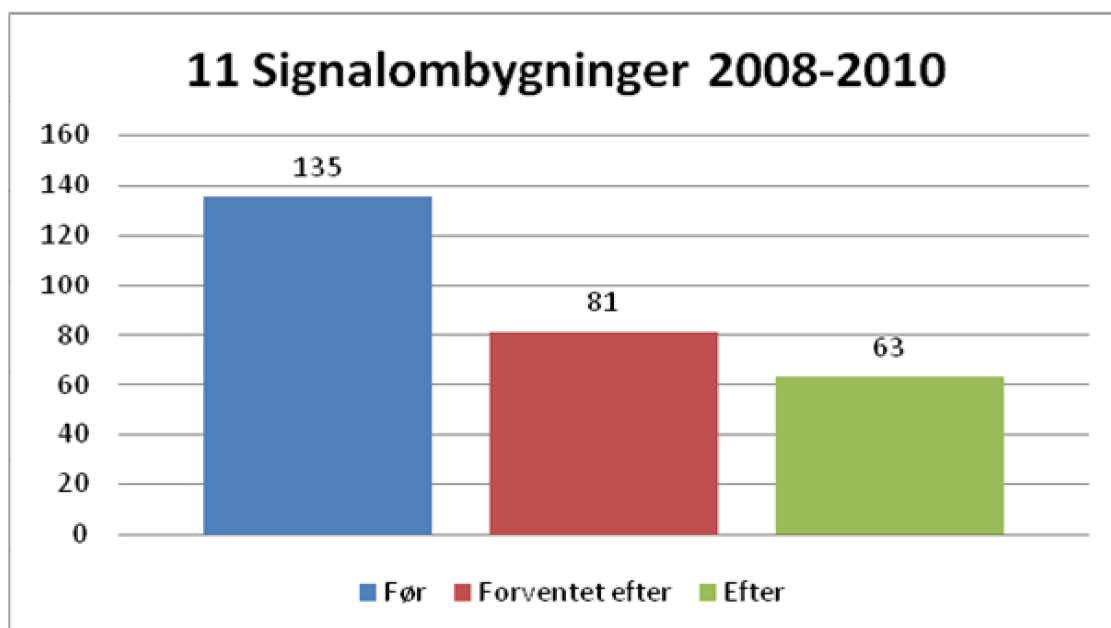
⁸ Regressionseffekten er sat til 25 %, i henhold til Greibe og Hemdorff (2001).



Figur 7: Antallet af uheld opgjort for rundkørsler

(b) Signalombygning

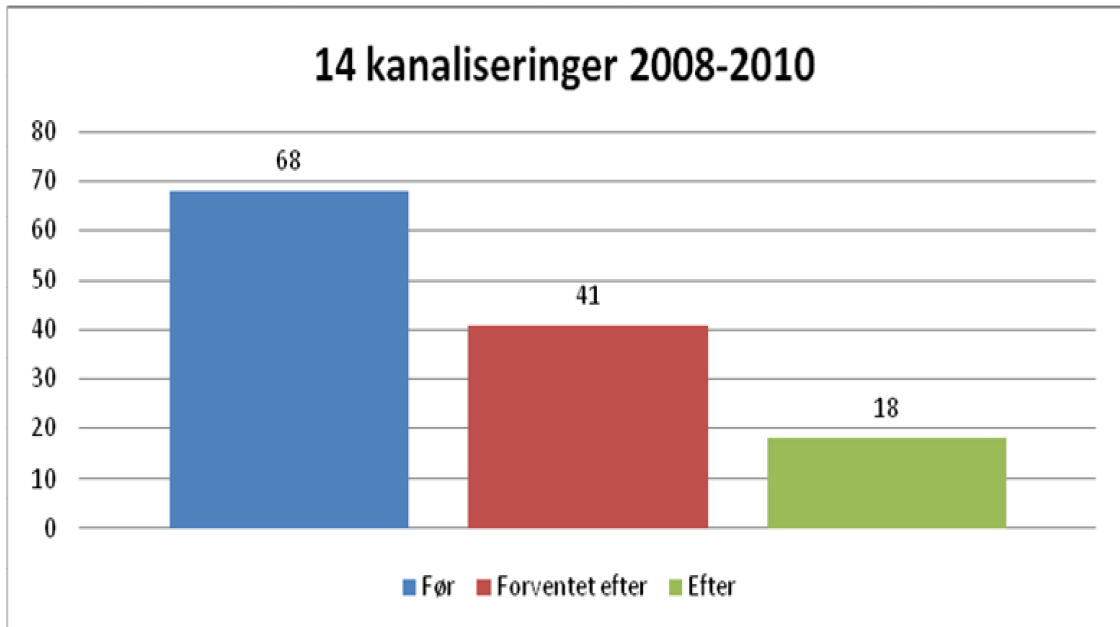
Evalueringsrapporterne indeholder 11 lokaliteter, hvorpå der er udført signalombygning. 2008 evalueringerne indeholder fem og 2009 evalueringerne indeholder seks, hvor evalueringerne fra 2010 ikke indeholder evaluering af lokaliteter, for hvilke der er udført signalombygning. Som det fremgår af Figur 8 har signalombygninger reduceret antallet af uheld fra 81 uheld (korrigeret for uheldsudvikling samt regressionseffekt) til 63 uheld. En ikke signifikant reduktion på 22 %.



Figur 8: Observeret og forventet uheldsmængder for signalombygninger

(c) Kanalisering

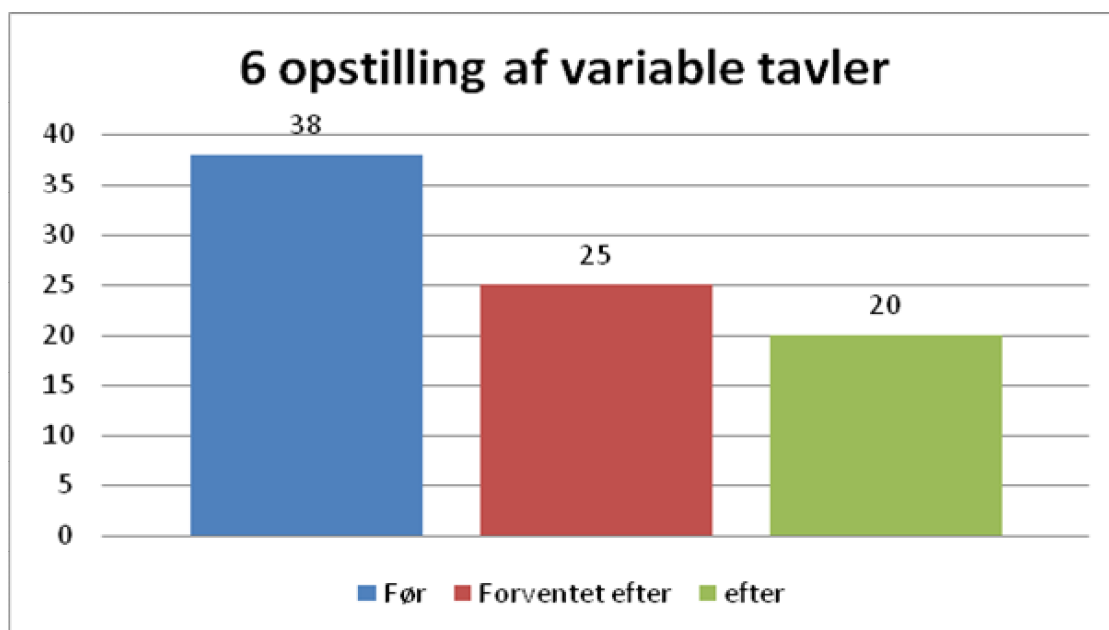
Der er udført kanalisering, på enten primærvejen, sekundærvejen eller begge, på 14 af de evaluerede lokaliteter. Af diagrammet på Figur 9 kan det ses, at antallet af uheld falder fra 41 til 18, en reduktion på 56 %. Reduktionen er signifikant.



Figur 9: Afbildning af uheld før og efter for kanaliseringsprojekterne

(d) Variable tavler

I 2010 var et af ønskerne til evalueringerne, at der skulle inddrages projekter, hvor der var anvendt variable tavler, som trafiksikkerhedsfremmende foranstaltning. Dette resulterede i ti evalueringer af variable tavler hvoraf fire er diskvalificeret af årsager, som tidligere beskrevet. For de seks tilbageværende lokaliteter, med variable tavler er uheldsudviklingen som det ses på Figur 10, med en reduktion af uheld på 20 %, fra 25 uheld til 20 uheld. Resultatet er signifikant.



Figur 10: Udviklingen i uheldsmængde for lokaliteter med implementering af variable tavler

Et enkelt af projekterne har haft en stigning i antallet af uheld. Dette projekt er ifølge (Schelling, 2011) udført på baggrund af høj hastighed, og ikke på grund af de fem uheld i førperioden. Hvis dette projekt ekskluderes af evalueringen, reduceres antallet af uheld med 39 %. Reduktionen er ikke signifikant.

7. Komparativ analyse

Med udgangspunkt i casen beskrevet i kapitel 6 analyseres resultaterne af sortpletarbejdet i Danmark ved hjælp af modellerne beskrevet i kapitel 0. Primært for at teste de valgte modeller, og betydningen af at tage højde for regressionseffekten i effekttestimatet. Sekundært analyseres på resultatet af sortpletarbejdet på statsvejnettet i Danmark.

Meta-analysen udføres på de stedlige effektestimater, estimeret med tre forskellige modeller. Effektestimaterne for lokaliteterne beregnes efter metoden beskrevet i Tanner (1958) og Jørgensen (1981) - fremover refereret til som TJ (efter Tanner og Jørgensen) - og den metode anvendt i kompetencecenter trafikikkerheds (Vejdirektoratet) analyse - refereret til som VD's model – samt empirisk Bayes modellen kaldet EB. blandt andet beskrevet af Vistisen (2002), Madsen, et al. (2010) og Hauer, et al. (2002).

De tre modeller estimerer den trafikikkerhedsmæssige effekt, som tidligere beskrevet. For at lave en meningsfyldt sammenligning mellem de tre metoder, er det nødvendigt at korrigere TJ og VD for den lokale udvikling i trafikmængden, hvorfor C_{trafik} inkluderes i alle tre modeller. Således kommer de til at se ud som følger:

$$\begin{aligned} TJ &= \frac{X_{efter}}{X_{før} * C_{trend} * C_{trafik}} \\ VD &= \frac{X_{efter}}{X_{før} * C_{trend} * C_{RTM(0,75)} * C_{trafik}} \\ EB &= \frac{X_{efter}}{E\{\lambda_{før}\} * C_{trend} * C_{trafik}} \end{aligned}$$

Der er ikke oplyst tilstrækkeligt med data i samtlige sortpletevalueringsrapporter, til at det er muligt, at estimere midleffekten med alle tre modeller. Derfor har det været nødvendigt, for sammelighedenens skyld, at udelukke en del af lokaliteterne fra den komparative analyse⁹.

7.01 Afgrænsninger, afvigelser og omskrivninger

Da paradigmet for 2008 ikke indeholder krav om oplysning af trafikmængde, er der kun fire af lokaliteterne i 2008 evalueringerne, hvor det har været muligt, at finde oplysninger om trafikmængde på sidevejene. Ud af samtlige 75 evalueringer, er der ni af lokaliteterne, som er strækninger. Disse er udelukket, da det ikke har været muligt at finde oplysninger omkring bredden på kørebanen og lignende af de data, som er nødvendigt for at finde det forventede antal uheld, i modellerne fra Vistisen (2002), som kan ses i på side 23 og i Bilag A.

Som beskrevet i casen, er otte af evalueringerne fra 2010 udelukket, da der udover det tiltag som er implementeret i forbindelse med sortplet udpegningsen, er foretaget yderligere ændringer på lokaliteterne i efterperioden. Dette gør det umuligt at isolere effekten af det udførte sortpletarbejde.

⁹ De lokaliteter, som er kvalificeret til videre bearbejdelse er tabelleret med de væsentligste data i Bilag C og Bilag D

En del af evalueringerne indeholder udelukkende oplysninger om trafikmængder i enten før- eller efterperioden. I disse tilfælde, er de manglende data fundet i Vejman.dk. For en stor del af krydsene er sidevejen en mindre vej, for hvilke det ikke har været muligt, at finde trafikmængder i Vejman.dk. I disse tilfælde er trafikmængden for sekundærvejen frem- eller tilbageskrevet med en ændring i trafikmængden, svarende til tilvæksten på primærvejen.

Trafikmængderne som er angivet i rapporterne for førperioden, er i hovedparten trafikmængden i det sidste år i førperioden. Trafikmængden i efterperioden skal ideelt set opgives for det sidste år i denne periode. Der er i enkelte tilfælde opgivet trafikmængden for det år, hvor evalueringsrapporten er udført, i stedet. Der er ligeledes rapporter, hvor det er uklart, hvorvidt den angivne trafikmængde stammer fra det ene år, eller det andet.

Forskellen på det sidste år i efterperioden, og det år, hvor evalueringen er udført, er i visse tilfælde op til fire år. Dette kan betyde en overestimering, i stigningen i trafikmængden. Derfor er trafikmængderne omregnet, til det sidste år af efterperioden, i de tilfælde, hvor det har været muligt. I de tilfælde hvor det har været uklart, hvilket år trafikmængden stammer fra, og det ikke har været muligt, at frembringe trafikmængder, er der valgt at lade den angivne ÅDT repræsentere efterperiodens trafikmængde, uanfægtet at dette kan give anledning til fejlestimering af C_{Trafik} .

For at korrigere for den generelle uheldsudvikling, anvendes uheldsdata for hele det danske vejnet, over en tidsperiode svarende til førperioden, henholdsvis efterperioden. For de flestes vedkommende fem år før og efter. I de tilfælde hvor før- og efterperioden i analysen ikke har været lige lange, er der anvendt uheld på referencelokaliteterne pr. år, i estimatet af C_{trend} .

Ifølge Greibe, et al. (2001) bør der i kryds, hvor ÅDT for sidevejene er under 250 eller under 500 køretøjer/døgn for bygader henholdsvis overordnede veje, anvendes p-værdien for strækninger, i stedet for p-værdien for kryds. P-værdien er en faktor, som anvendes i forbindelse med korrektion for udviklingen i trafikmængde. Da ombygningerne i overvejende grad er foretaget, med henblik på at reducere uheld, som relaterer sig til krydset, anvendes p-værdierne for kryds, i samtlige kryds, uanset trafikmængden på sekundærvejen.

Modellen beskrevet i Jørgensen, (1981), samt metoden anvendt i kompetencecenter trafiksikkeheds evalueringrapporter, tager som udgangspunkt ikke højde for lokale ændringer i trafikmængden. Da det især er interessant, at undersøge i hvor høj grad regressionseffekten påvirker effekttestimatet, er korrektionsfaktoren C_{trafik} ligeledes medregnet i effekttestimatet, med disse modeller.

Der er lokaliteter, for hvilke der ikke er sket uheld enten i før- eller efterperioden. For at disse evalueringer har kunnet bruges i effektvurderingerne, er der i henhold til metoden beskrevet i Sweeting, et al. (2004; 23) givet et tillæg på 0,5 uheld for førperioden, samt et tillæg på 0,5 korrigeret for uheldsudviklingen for efterperioden.

Da der arbejdes med evalueringsrapporter fra tre forskellige dataindsamlingsperioder, har det været nødvendigt, at omnummerere dem, så der ikke optræder forskellige lokaliteter med samme nummer. Der er derfor indført et nummererings system, som gør det muligt, at se ud fra nummeret, hvilket år, og hvilket vejcenter den pågældende lokalitet er fra.

Hver lokalitet har fået et femcifret nummer – XYZZZ, hvor ZZ repræsenterer årstallet. YY repræsenterer vejcenteret; 01 – Vejcenter Hovedstaden, 02 – Vejcenter Sjælland, 03 – Vejcenter Syddanmark, 04 – Vejcenter Østjylland, 05 – Vejcenter Midt- og Vestjylland og 06 – Vejcenter Nordjylland. X er et nummer, som hver enkelt evalueringsrapport inden for hvert vejcenter har fået og har værdier mellem et og fem, afhængig af antallet af evalueringer fra det enkelte vejcenter det pågældende år.

7.02 Resultater

For at sammenligne resultaterne fra sortpletevalueringen, på tværs af forskellige metoder, og for at vurdere om sortpletarbejdet har en egentlig effekt, udføres en meta-analyse af de udførte forbedringer, som kvalificerer sig til en egentlig sammenligning.

Der udføres en meta-analyse for effekterne estimeret med de tre beskrevne metoder (TJ, VD og EB)

Som nævnt er der fire trin i en meta-analyse, som skal gennemgås.

1. find undersøgelser, hvis data er relevante for meta-analysen
2. definition af kriterier for udvælgelse af, hvilke studier som er egnede til analyse
3. udtræk af data fra de undersøgelser, som findes egnede
4. statistisk analyse af de udtrukne data

Ad. 1. Der er tale om en analyse, af trafiksikkerhedsfremmende foranstaltninger udført på lokaliteter, som tidligere er blevet udpeget som sorte pletter.

Ad. 2. Der analyseres på effekter fundet med tre forskellige metoder. Derfor udelukkes de lokaliteter, for hvilke der ikke kan tilvejebringes tilstrækkeligt med data, til at effekten kan estimeres med alle tre modeller. Dette betyder, at der er 35 lokaliteter, som medtages i analysen.

Ad. 3. De relevante data er allerede trukket ud fra de kvalificerede undersøgelser i forbindelse med estimering af den stedlige effekt.

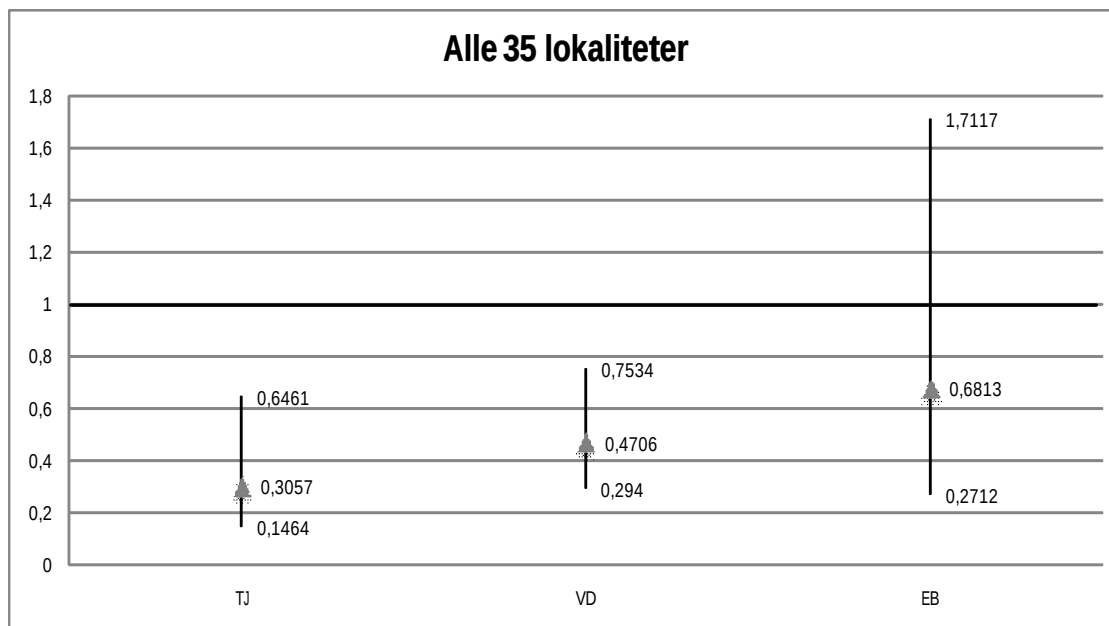
Ad. 4. Den statistiske analyse, udføres med log odds metoden, beskrevet i (Elvik, et al., 1997) (Petitti, 2000) (Hedges, et al., 1994), som beskrevet i afsnit 5.03(a) og gennemgås efterfølgende.

For effekten estimeret med TJ, undersøges først for effekthomogenitet. Den kritiske χ^2 værdi med 34 frihedsgrader er på 48,60. Testparameteren Q for de 35 estimerede effekter er på 200,59 effekterne estimeret med TJ er altså inhomogene. Derfor estimeres middeleffekten ud fra Random effekt modellen. Middeleffekten for de 35 lokaliteter er 0,30. De øvre og nedre værdier er 0,68 henholdsvis 0,14. Sortpletarbejdet evalueret i de tre år, har altså haft en signifikant positiv effekt estimeret til 70 %, når effekten estimeres med modellen beskrevet i Jørgensen (1981).

For effektestimaterne med VD bestemmes testparameteren Q til 100,11, og den kritiske værdi er den samme, som for TJ, hvilket betyder, at data er inhomogene. Middeleffekten estimeret med VD for de 35 lokaliteter estimeret med random effekt modellen er 0,48, med grænseværdier mellem 0,31 og 0,75. Det samlede sortpletarbejde har dermed haft en signifikant positiv effekt, estimeret en smule lavere, til 52 % når der medregnes en regressionseffekt på 25 %.

For effekttestimaterne fundet med EB er testparameteren Q estimeret til 250,81. igen estimeres middeleffekten med random effekt, grundet inhomogenitet i effekttestimaterne. Det antydes at der er en positiv middeleffekt af de 35 behandlede lokaliteter på 0,68. Konfidensintervallet ligger mellem 0,27 og 1,71. Det antydes dermed, at sortpletarbejdet i de evaluerede år, har haft en positiv effekt på 32 %. Når middeleffekten estimeres med EB, kan det dog ikke påvises, at sortpletarbejdet har haft en signifikant positiv effekt.

Det stedlige effekttestimat, samt div. data for de 35 lokaliteter kan ses i bilag D, og resultatet af meta-analysen kan ses på Figur 11.



Figur 11: Øvre og nedre grænse, samt effekten af de 35 sortpletforbudninger, fundet med tre forskellige modeller.

Resultaterne af meta-analysen vist på figuren, er opstillet med testparameter i Tabel 2

Tabel 2: Resultat af meta-analyse med 34 frihedsgrader(df), kritiske χ^2 -værdi= 48,6.

	Samlet effekt (random/ inhomogene data)	Samlet effekt (fixed/ Homogene data)	Øvre	Nedre	Q
TJ	0,3038		0,6792	0,1359	200,59
VD	0,4701		0,7534	0,2940	109,14
EB	0,6813		1,7117	0,2712	250,81

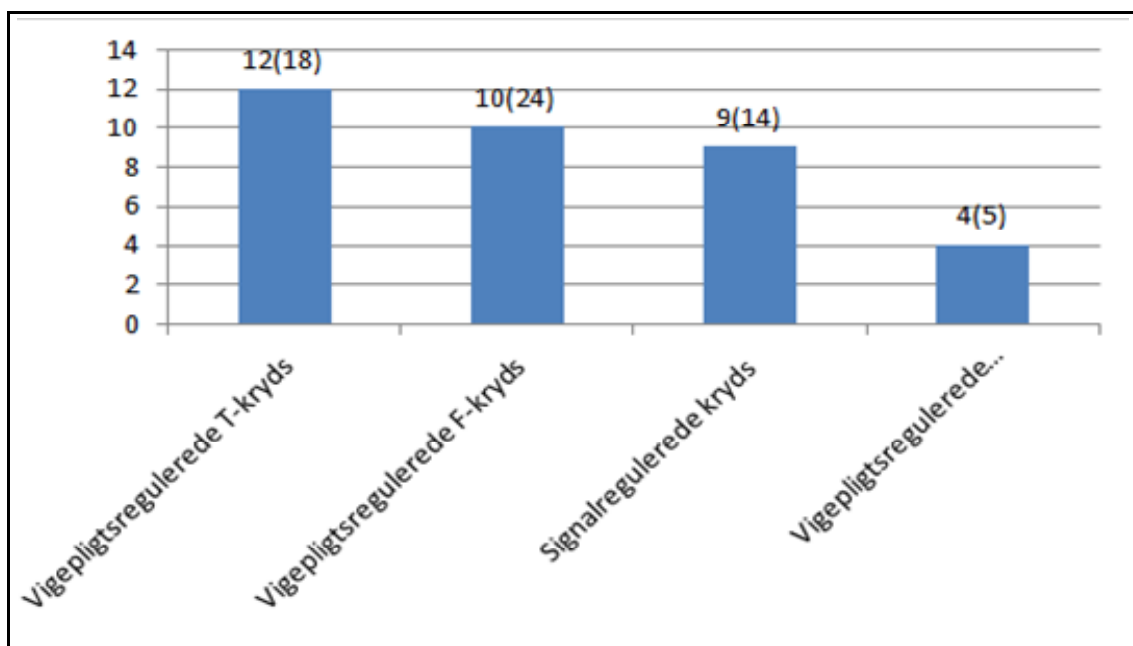
De lokaliteter, som er inddraget i analysen, har vidt forskellige karakteristika. Den lokalitet, der havde den mindste trafikmængde, var et F-kryds i landzonen, beliggende i Vejcenter Nordjyllands ansvarsområdeområde, ÅDT på primærvejen er opgivet til 3.217. F-krydset blev forsat, således at det nu udgør to t-kryds i stedet. Lokaliteten med mest trafik, er beliggende inden for Vejcenter Hovedstadens område, med en ÅDT på primærvejen på 34.855, i et lysreguleret kryds.

Der er altså væsentlig forskel i både trafikmængder, geografi og fysisk udformning lokaliteterne imellem. Derudover er der væsentlig forskel i antallet af uheld, såvel i før- som i efterperioden. De

implementerede tiltag er ligeledes meget forskellige og påvirker forskellige elementer på lokaliteterne.

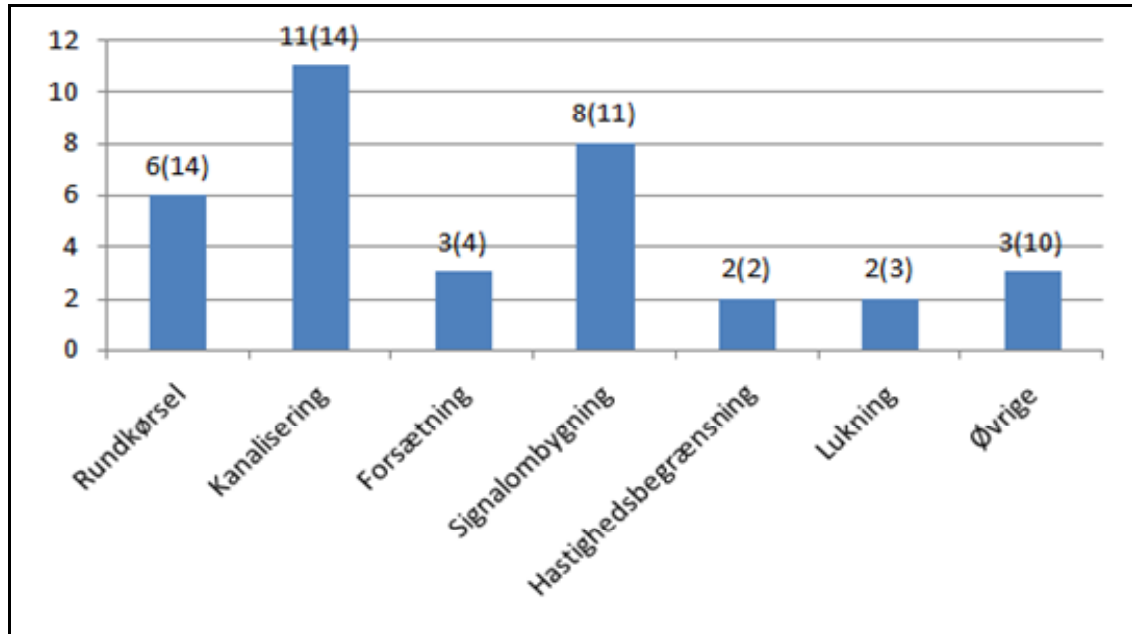
På grund af lokaliteternes forskelligartethed, samt de deraf forskellige implementerede tiltag, med væsentligt forskellige virkemidler, er det ikke umiddelbart overraskende, at data viser sig at være inhomogene i meta-analysen, derfor foretages en inddeling af lokaliteterne i undergrupper, som det er foretaget i analysen foretaget af kompetencecenteret trafiksikkerhed. I et forsøg på at homogenisere datamængden.

De 35 tilbageværende lokaliteter fordeler sig som illustreret på Figur 12. og Tiltagene fordeler sig som på Figur 13.



Figur 12: Fordelingen af de 35 sammenlignelige lokaliteter. Tallet i parentes svarer til antallet af lokaliteter i den aktuelle kategori, for de oprindelige 75 evalueringer

Som det fremgår af Figur 12, fordeler de 35 lokaliteter sig på fire lokalitetstyper, i stedet for fem, som i casen. Dette skyldes at den sidste kategori er strækninger og kurver, som er udelukket fra denne analyse, grundet datamangel.



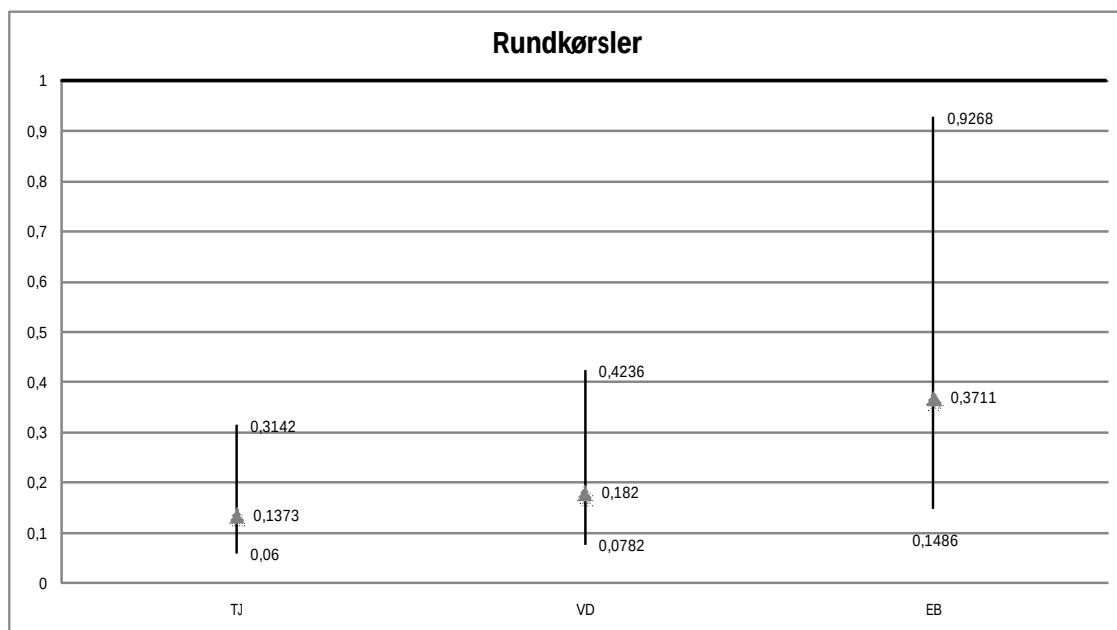
Figur 13: fordelingen af de 35 tiltag. Tallet i parentes, angiver hvor mange tiltag af den enkelte kategori, der er imellem de oprindelige 75 tiltag

Af tiltag, er overhalingsforbud samt variable tavler ikke medtaget i analysen, da disse tiltag udelukkende er etableret på strækninger.

(a) Rundkørsler

Som det kan ses på Figur 13 er der på seks af de lokaliteter, der er medtaget i analysen, hvor tiltaget har været etablering af en rundkørsel. De stedlige effektestimater for rundkørsler er homogene uanset hvilken model der anvendes, og dermed estimeres middeleffekterne som fixed effekter.

Middeleffekten for rundkørslerne estimeret med de tre modeller er illustreret på Figur 14.



Figur 14: Middeleffekt, samt øvre og nedre værdier for rundkørsler

Det ses på figuren, at rundkørsler har en signifikant positiv effekt, uanset hvilken af de tre modeller, middeleffekten estimeres med. Middeleffekten af at etablere rundkørsler på de seks lokaliteter er estimeret til at ligge mellem 63 % som det mest konservative bud (EB) og 86 % som det mest optimistiske (TJ).

Det ses af konfidensintervallerne, at TJ og VD estimerer at middeleffektestimat som minimum er på 69 % henholdsvis 58 %, hvorimod konfidensintervallet for middeleffekten estimeret med EB antyder, at selvom middeleffekten estimeres til 63 %, kan det ikke udelukkes, at den positive effekt ikke overstiger 7 %.

Effektestimatet af rundkørslerne, fundet med de tre beregningsmodeller, middeleffekt, grænseværdier samt det opserverede antal uheld i før- og efterperioden, er illustreret i Tabel 3.

Tabel 3: Data for de seks rundkørsler i analysen, $df=5$, kritiske χ^2 -værdi= 9,49.

6 rundkørsler	Nr.	Observeret uheld før	Observeret uheld efter	Effekt ε – TJ	Effekt ε – VD	Effekt ε – EB
	10509	11	2	0,18	0,25	0,43
	40509	10	1	0,09	0,12	0,37
	40609	7	1	0,14	0,20	0,36
	10610	8	0,4	0,06	0,08	0,23
	20610	11,7	1,6	0,20	0,27	0,62
	30610	8,5	0,4	0,05	0,07	0,10
Middeleffekt $\bar{\varepsilon}$	Rando m					
Middeleffekt $\bar{\varepsilon}$	Fixed					
				0,1373	0,1820	0,3711
Øvre grænse				0,3142	0,4236	0,9268
Nedre grænse				0,0600	0,0782	0,1486
Q				0,7152	-0,4430	-0,7315

Som det fremgår af Tabel 3 er der ikke sket uheld på lokaliteterne 10610 og 30610 i efterperioden (de 0,4 uheld, som er angivet i tabellen, skyldes et tillæg på $0,5 * C_{trend}$). Havde der været flere lokaliteter involveret, kunne disse være udelukket fra analysen, for at undersøge hvor meget det ville påvirke resultatet, men på grund af de få lokaliteter, undlades dette.

For de seks rundkørsler, som er medtaget i nærværende analyse, er der en reduktion fra 56,2 uheld på fem år til 6,4 uheld over fem år.

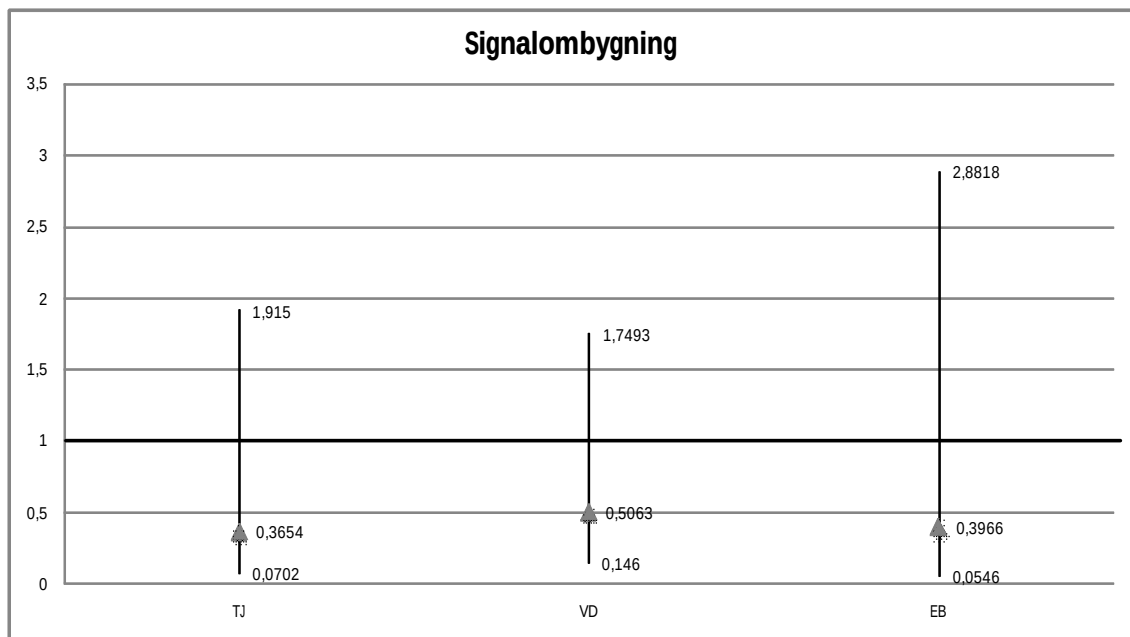
Rundkørsler etableres i knudepunkter, som typisk ligger i landzonen, da det kræver en del plads at etablere en rundkørsel. Derudover er der forskel på kapaciteten i en rundkørsel, i forhold til f.eks. et lysreguleret kryds. Rundkørsler fungerer godt i forhold til de typer af uheld, som opstår i forbindelse med at trafikstrømme krydser hinanden, da disse krydsninger elimineres.

De typer af lokaliteter, hvor det er muligt, og formålstjenstlig at anlægge en rundkørsel, har som oftest en række af fællestræk. Derfor udgør effektestimaterne for de seks rundkørsler en homogen mængde.

(b) Signalombygninger

På Figur 13 ses det, at ud af de 35 lokaliteter, som indgår i analysen er der otte, hvor løsningen på sortpletproblematikken har været forbedring/ombygning af eksisterende signalanlæg. Middeleffekterne er estimeret med random effekt, da de stedlige effektestimaterne er inhomogene for alle tre modeller.

Den trafikssikkerhedsmæssige middeleffekt, estimeret med førnævnte tre modeller, samt øvre og nedre grænseværdier for signalombygningerne kan ses på Figur 15.



Figur 15: Effekt af signalombygningerne, samt øvre og nedre grænseværdier.

I diagrammet ses det, at signalombygninger umiddelbart antages at have en positiv effekt. Middeleffekttestimaterne er ikke signifikante, men antyder en positiv effekt for estimater for alle tre modeller.

Det mest optimistiske middeleffekttestimat er for TJ på 63 %, mens VD modellen giver det mest konservative estimat af middeleffekten på 49 %.

Stedlige effekttestimater for de otte signalombygninger, sammen med middeleffekttestimater og kritiske værdier for estimaterne med TJ, VD og EB kan ses i Tabel 4.

Tabel 4: Effektestimater for de otte signalombygninger, samt resultatet af meta-analysen, $df=7$, kritiske χ^2 -værdi=14,07.

8 signal-ombygninger	Nr.	Observeret uheld før	Observeret uheld efter	Effekt ε – TJ	Effekt ε – VD	Effekt ε – EB
	40208	9	6	0,64	0,85	0,69
	50208	18	8	0,19	0,25	0,12
	10109	12	6	0,42	0,56	0,71
	20109	13	10	0,63	0,83	0,94
	30109	29	14	0,56	0,74	0,65
	10409	7	2,5	0,35	0,47	0,27
	30409	5,5	0,4	0,06	0,08	0,06
	40409	11	8	0,51	0,67	0,67
Middeleffekt $\bar{\varepsilon}$	Random			0,3654	0,5063	0,3966
Middeleffekt $\bar{\varepsilon}$	Fixed					
Øvre grænse				1,9150	1,7493	2,8818
Nedre grænse				0,0702	0,1460	0,0546
Q				170,7660	85,7130	232,3130

Der er stor forskel på de otte lokaliteter, hvor der er udført ændring af signalanlæg, nogle af lokaliteterne er i forbindelse med til og fra kørsel til motorvej, mens andre er lysregulerede kryds i tæt bymæssig bebyggelse. Der er ligeledes forskel i hvor omfattende det implementerede tiltag har været. En del af lokaliteterne har fået etableret bundet venstresving, samt hastighedsnedsættelse. Der er enkelte lokaliteter, hvor der er lavet ændringer i signalanlægget, samt mindre udvidelse af vejbanen.

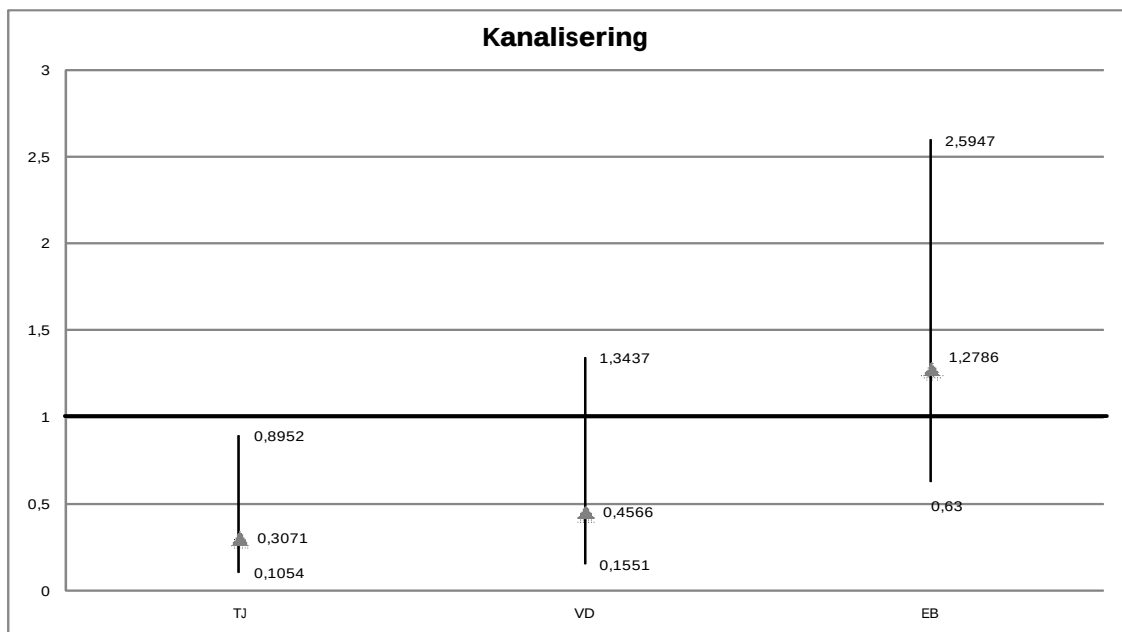
Der er derfor også forskel på, hvor meget de reducerer antallet af uheld. Forskellen i antal observerede uheld på lokaliteterne svinger fra en reduktion på ca. 20 % og op til 100 %. De få data, og relativt store udsving, resulterer naturligt i store usikkerheder i et estimat af middeleffekten.

I EB modellen indgår en række lokalitetsafhængige variable, som det fremgår af formel 5-13 og 5-14. I Bilag B ses, at netop parametrene for lysregulerede kryds har en høj værdi, set i forhold til parametrene for vigepligtsregulerede kryds. Dette gør, at det sidste led i formlen, som er det led, som er afhængig af udformningen på lokaliteten, for signalregulerede kryds bliver større end ved andre typer af lokaliteter.

(c) Kanalisering

Af lokaliteterne som det er vist på Figur 13, er der 11 lokaliteter hvorpå der er indført, eller ændret på eksisterende, kanalisering. De stedlige effektestimater med TJ og VD er inhomogene, hvorfor middeleffekten for disse er estimeret som random effekt. For EB er de stedlige effektestimater derimod homogene, og middeleffektestimatet er fixed effekt.

Effektestimaterne med grænseværdier er illustreret på Figur 16.



Figur 16: Øvre og nedre grænseværdier samt effektestimater for de 11 lokaliteter, hvor der er etableret kanalisering på primær- eller sekundær vejen, eller begge.

Middeffekttestimatet estimeret med TJ viser at der er en signifikant positiv effekt af kanalisering på 70 %. VD modellen estimerer en middeffekt, som antyder en positiv effekt, som ikke er signifikant. EB antyder derimod, at kanalisering har en negativ effekt. EB middeffekttestimatet antyder en ikke signifikant stigning på 28 %

Data for de 11 lokaliteter, som danner baggrund for figuren, kan ses i Tabel 5

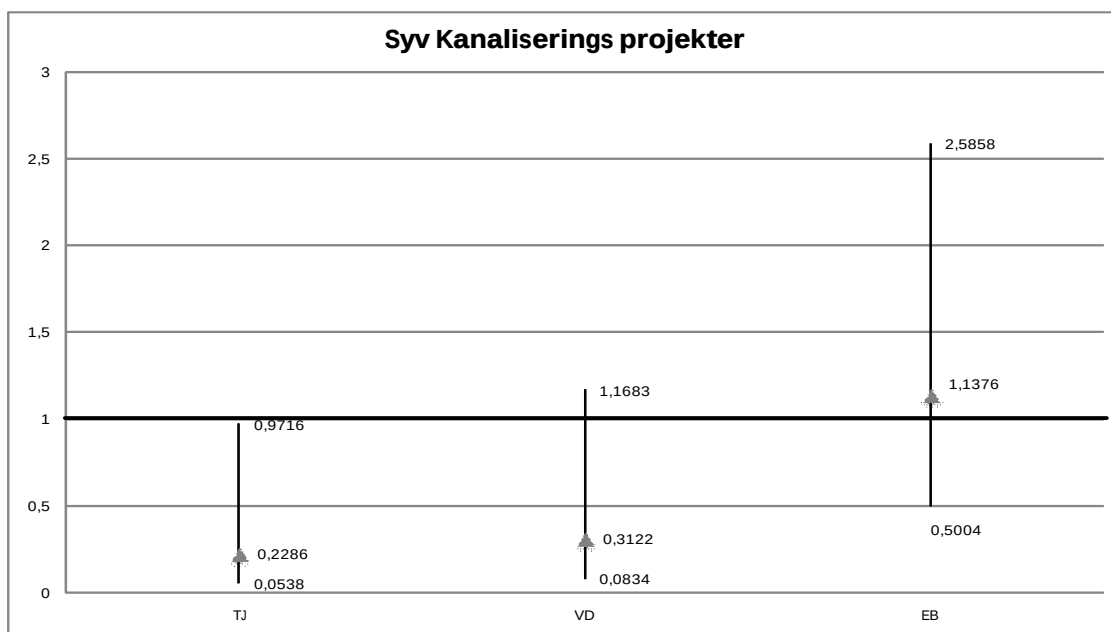
Tabel 5: Estimerede effekter for de 11 lokaliteter, hvorpå der er udført kanaliseringsprojekter samt resultaterne af meta-analysen. $df=10$, kritiske χ^2 -værdi= 18,31.

11 kanaliseringsprojekter	Nr.	Observeret uheld før	Observeret uheld efter	Effekt ε – TJ	Effekt ε – VD	Effekt ε – EB
	10209	6,5	0,4	0,08	0,10	0,58
	20209	4	0,4	0,13	0,26	0,50
	30209	5	1	0,20	0,27	1,81
	40209	6	4	0,58	0,77	1,83
	10309	4	1	0,26	0,52	1,05
	20309	3	4	1,34	2,69	5,04
	30309	2	1,4	0,81	1,61	1,61
	20409	8	1,3	0,10	0,13	0,64
	50609	5,5	0,4	0,08	0,11	0,39
	10210	6	4	0,67	0,89	0,96
	10510	7	2	0,26	0,35	2,63
Middeleffekt $\bar{\varepsilon}$	Random			0,3071	0,4566	
Middeleffekt $\bar{\varepsilon}$	Fixed					1,2786
Øvre grænse				0,8952	1,3437	2,5947
Nedre grænse				0,1054	0,1551	0,6300
Q				34,2150	29,9505	-28,6700

På lokalitet nr. 20309 er der observeret flere uheld i efterperioden, end i førperioden. Her er effektestimatet af tiltaget negativ. Derudover er der flere lokaliteter, hvor effektestimatet bliver negativt, når der tages højde for regressionseffekten. Med en arbitrær fastsat regressionseffekt på 25 %, som i VD er der 2/11 lokaliteter, som giver et negativt effekt effektestimat, mens der ved EB er 6/11 negative stedlige effektestimater.

Derudover kan det ses i Tabel 5 at der er to af lokaliteterne, hvor der er observeret under fem uheld i førperioden. Et af kravene for at en lokalitet kan udpeges som sort plet, er at der i en periode på fem år, er sket mindst fire uheld eller flere (Greibe, et al., 2001) (Madsen). Disse lokaliteter er altså ikke "rigtige" sorte pletter. Derudover er der to lokaliteter, det netop har fire uheld, disse kan kun lige netop kategoriseres som sorte pletter disse udelukkes også, for forsøgets skyld.

Ved at fjerne de lokaliteter men fire eller mindre uheld i før perioden er data stadig homogene for EB, og inhomogene for TJ og VD. Dermed kommer effektestimatet og grænseværdierne til at se ud som det fremgår af Figur 17.



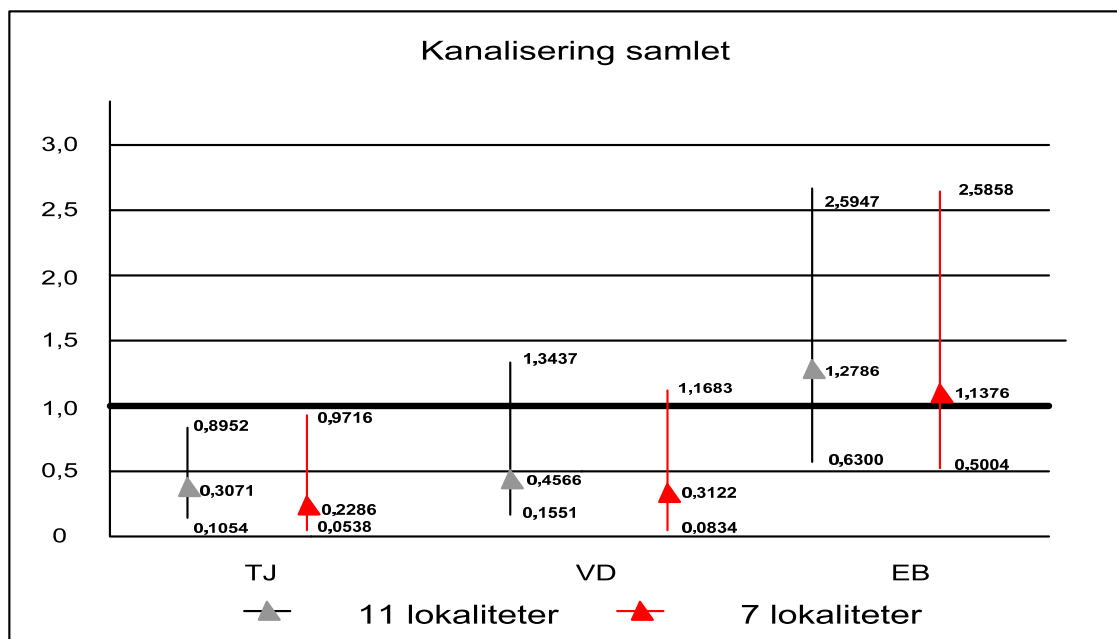
Figur 17: Effektestimatet for de syv kanaliseringsprojekter, som er "rigtige" sorte pletter.

Selvom der udelukkes fire lokaliteter fra analysen, er billedet nogenlunde det samme; TJ signifikant positiv, VD antyder en positiv effekt, som ikke er signifikant, og et negativ middeffektestimat for EB, som ikke er signifikant. Middeffekterne for de syv, er en dog smule mere positive end for de elleve.

Den stedlige effekt for de syv kanaliseringer, samt resultatet af meta-analysen kan ses i Tabel 6. og en samling af de to diagrammer med kanalisering, vises på Figur 18.

Tabel 6: Estimer af den stedlige effekt for de syv kanaliseringsprojekter, samt resultaterne af meta-analysen. $df=6$, kritiske χ^2 -værdi= 12,60.

7 kanalise- ringsprojekter	Nr.	Observeret uheld før	Observeret uheld efter	Effekt ϵ – TJ	Effekt ϵ – VD	Effekt ϵ – EB
	10209	6,5	0,4	0,08	0,10	0,58
	30209	5	1	0,20	0,27	1,81
	40209	6	4	0,58	0,77	1,83
	20409	8	1,3	0,10	0,13	0,64
	50609	5,5	0,4	0,08	0,11	0,39
	10210	6	4	0,67	0,89	0,96
	10510	7	2	0,26	0,35	2,63
Middeffekt $\bar{\epsilon}$	Rando m			0,2286	0,3122	
Middeffekt $\bar{\epsilon}$	Fixed					1,1376
Øvre grænse				0,9716	1,1683	2,5858
Nedre grænse				0,0834	0,0834	0,5004
Q				26,4590	20,3510	-42,9178



Figur 18: Samlet grafisk fremstilling af meta-analyseresultater for 7 og 11 kanaliseringprojekter.

De 11 lokaliteter, med kanaliseringprojekterne, er der, hvor der er sket færrest uheld i førperioden. På de 11 lokaliteter er der i gennemsnit sket 5,2 uheld i førperioden, hvor der på de øvrige 24 lokaliteter gennemsnitlig er sket 9,2 uheld i førperioden.

7.03 Diskussion af den komparative analyse

Det ses af middeffekttestimaterne i afsnit 7.02, at i størstedelen af tilfældene er det mest optimistiske estimat det estimat, som tager højde for færrest variable TJ. Det mest konservative middeffekttestimat fås ved at anvende EB.

Gennemgang af beregningerne viser hvordan effekttestimaterne påvirkes af at der tages højde for regressionseffekten, og hvordan regressionseffekten bestemmes. VD modellen er umiddelbart lignende TJ modellen, de følges naturligt, da uheldstallet for førperioden er reduceret med 25 % for langt hovedparten af lokaliteterne (enkelte med få uheld i førperioden er reduceret med 50 %). I estimatet for EB modellen ligger reduktionen af uheldstallet i førperioden mellem 0 og 100 %. For størstedelen af lokaliteterne er den større end 25 %, hvilket betyder, at EB effekttestimaterne de mest konservative i langt størstedelen af tilfældene.

Ud af de 35 lokaliteter, der er analyseret er det stedlige effekttestimat med VD mere konservativt end med EB i seks tilfælde, i fire af de seks er det i kategorien signalombygning.

På den grafiske afbildning i afsnittet, fremgår det at middeffekttestimatet ligger skævt i konfidensintervallet, dette skyldes, at effekttestimatet ikke kan være mindre end 0,0, men i teorien kan gå mod uendeligt.

Hvis paradigmet, som ligger til grund for dataindsamlingen, var bygget op således at der for samtlige lokaliteter blev indsamlet de data der var nødvendige, for at estimere effekten med empirisk Bayes modellen, ville der angiveligt være større sandsynlighed for at flere af

middeleffektestimaterne ville være signifikante, da konfidensintervallet bliver mindre jo større teststørrelse der estimeres ud fra.

Tendensen for analyserne viser det som i Elvik (1997) blev beskrevet som "The Iron Law of Evaluation Studies" som beskrev, at Jo flere faktorer, som tages med i effektstudiet, des mindre positivt bliver effektestimatet. Ifølge Elvik (2007) er estimatet for empirisk Bayes en smule mere konservativt, end det reelle niveau. Det antages, at på en tendenslinje fra effektestimatet for naive før- og efteranalyse til effektestimatet for empirisk Bayes, ligger det reelle uheldsniveau på den positive side af empirisk Bayes, som er den model, som ligger tættest på det reelle niveau.

8. Konklusion

Målet med dette projekt har været, at vurdere udviklingen af evalueringsmetoder, og specifikt udviklingen af metoder til kontrol for den såkaldte regressionseffekt. I den forbindelse har projektet i særlig grad været fokuseret på at belyse, dels hvordan det påvirker effekttestimatet, at der kontrolleres for regressionseffekten, dels om effekttestimatet varierer alt efter hvilken metode, der lægges til grund for kontrollen for regressionseffekten.

Vurderingen er gennemført på baggrund af et case-studie, der omfatter en sikkerhedsmæssig evaluering af Vejdirektoratets sortpletarbejde. Sortpletarbejdet er en velegnet case, eftersom det er særligt sandsynligt, at regressionseffekten optræder som fejlkilde i effektstudier, hvor lokaliteterne er gjort til genstand for et trafiksikkerhedsarbejde som konsekvens af høje uheldsobservationer i førperioden.

Regressionseffekten er på spil som fejlkilde i estimererne på de stedsspecifikke effekter, og da sorte pletter er karakteriseret ved unormalt høje uheldsforekomster i førperioden (bias), er det sandsynligt, at den stedlige effekt overestimeres. Når effekten af en given indsats estimeres, er det normal kutyme at opgøre den sandsynlige effekt via et gennemsnitsmål baseret på de estimerede stedlige effekter. Dette sker ved at anvende forskellige meta-analyse teknikker. Dersom de udvalgte lokaliteter er karakteriseret ved en systematisk bias, vil regressionseffekten også slå igennem som fejlkilde i estimatet på den forventede effekt af tiltaget udtrykt ved metaanalysens middelværdi.

I studiet er der foretaget en evaluering af i alt tre forskellige metoder til at opgøre den stedlige effekt af sortpletindsatsen:

- Den naive metode, hvor der ikke gøres særsilt forsøg på at kontrollere for regressionseffekten
- Vejdirektoratets evalueringsmetode, hvor der korrigeres for regressionseffekten gennem en arbitrært fastsat korrektionsfaktor for regressionseffekten
- Empirisk Bayes metode, hvor der kontrolleres for regressionseffekten med afsæt i modelestimer på den forventede uheldsforekomst for lokalitetstypen, den lokale uheldshistorik og et statistisk mål for den normale forekomst af uforklaret systematisk variation i residualet mellem den forventede og den observerede uheldsforekomst.

Effekten estimeres for de enkelte lokaliteter, og middeleffekterne er estimeret med log odds metoden.

Casestudiet viser, at den naive metode giver det mest optimistiske estimat af effekten af sortpletarbejdet, og empirisk Bayes giver det mest konservative estimat. Dette stemmer overens med resultaterne af flere internationale studier af empirisk Bayes metode. De internationale studier viser derudover, at empirisk Bayes giver den bedste kontrol for regressionseffekten. Dette betyder, at resultatet af casestudiet, med stor sandsynlighed kan tolkes som at empirisk Bayes giver et mere konservativt, men samtidig også det mest retvisende estimat, på trafiksikkerhedsarbejdets effekter.

Estimaterne af effekterne har vist, at især etablering af rundkørsler har haft en trafiksikkerhedsmæssig gevinst. At anlægge rundkørsler er til gengæld også forbundet med store omkostninger, derfor kan det være interessant at se på det besparede antal uheld, i forhold til det investerede. I denne analyse, samt i kompetencecenter trafiksikkerheds evaluering er der ikke regnet på cost effectiveness.

Kanaliseringsprojekter har vist sig, ikke at have nogen effekt, når effekten alene vurderes ud fra antallet af uheld. Kanalisering medvirker til gengæld i positiv retning på alvorligheden af personskader, da kanalisering projekter typisk anvendes på lokaliteter med mange tværkollisioner (510 og 520 uheld). På de lokaliteter er der typisk en overrepræsentation af tværkollisioner i førperioden, mens efterperioden typisk præges af bagendekollisioner (311 og 321). Skadesgraden for bagendekollisioner er typisk mindre end tilsvarende for tværkollisioner, men dette kan ikke læses af uheldstallet.

Der bør altid udføres kontrol for tilfældig variation i antallet af uheld i førperioden, når der evalueres på effekten af trafiksikkerhedsfremmende indsatser. Den metode, der bedst kontrollerer for dette, er empirisk Bayes.

9. Perspektivering

Casestudiet viser, at det mest konservative bud på den trafiksikkerhedsmæssige effekt, forekommer ved estimater med empirisk Bayes modellerne. Litteraturstudiet har samtidig påvist, at det er disse konservative estimater, som er de mest retvisende.

Dette peger på, at der skal arbejdes på at udvikle modeller ud fra opdaterede data, for at optimere effektstudierne. For at tilvejebringe aktuelle data til modeludviklingen, er en opdatering af den koordinerede uheldsstatistik nødvendig. Den koordinerede uheldsstatistik gælder kun for den del af vejnettet, som før kommunalreformen 1/1 2007, var stats- eller amtsveje. Da amterne blev nedlagt, blev amtsvejene fordelt således at ca. 80 % kom til at høre under de nye storkommuner, og ca. 20 % kom under statsligt regi. Den koordinerede uheldsstatistik er derfor ikke blevet opdateret siden.

De eksisterende uheldsmodeller er udviklet på baggrund af uhelds- vej- og trafikdata for de tidligere stats og amtsveje, og da største delen af de tidligere amtsveje er blevet overført til kommunalt regi, vil estimatet foretaget med uheldsmodeller baseret på den spinkle baggrund blive mere usikkert. Det datagrundlag, som ligger til grund for modellen udarbejdet af Vistisen (2002), eksistere derfor ikke længere. Set i kommunalt regi, er der ikke udviklet modeller for den "nye" del af kommunalvejnettet, hvilket gør at modelberegningen kun kan anvendes på dele af vejnettet. Det er ikke muligt, at foretage en fornuftig sammenligning af lokaliteter, hvor der er kun er anvendt uheldsmodel på en andel af lokaliteterne, da dette vil være som at sammenligne æbler og pærer. Uheldsmodellerne, som de ser ud for nuværende er altså svage, set i statsligt regi, og ubrugelige i kommunalt regi.

Hvis modelberegninger skal kunne anvendes i Danmark, skal den koordinerede uheldsstatistik altså genindføres, i en form så den omfatter både stats og kommuneveje. Dette vil være et omfattende, og ikke mindst bekostelig affære.

Anvendelsen af uheldsmodeller til estimat af uheld i før perioden, giver den bedste kontrol for tilfældig uheldsophobning, men anvendelse af kontrolgrupper samt en arbitrær fastsat regressionseffekt på 25 % viser langt hen ad vejen en lignende tendens, om end et noget mere positivt estimat. Især på lokaliteter, med mange uheld, viser VD metoden en tendens, som ligner tendensen for effekterne estimeret med EB. Dette indikerer at der i arbejdet med sortpletevaluering, som jo netop typisk er lokaliteter med mange uheld i førperioden, kan laves en fornuftig sammenligning af resultaterne, for forskellige typer af tiltag, som kan bruges i forhold til en vurdering af hvilke tiltag, som bidrager mest til optimeringen af trafiksikkerheden. Så indtil der er afklaring, i forhold til udviklingen af den koordinerede uheldsstatistik anbefales det, at der anvendes den metode, som er anvendt af Vejdirektoratet, hvor der koordineres for regressionseffekten, ved at reducere antallet af uheld i førperioden med 25 %. Dog bør der for lokaliteter med få uheld udføres en kraftigere reducere, f.eks. 50 % ved færre end 5 uheld, sådan som det anbefales i (Højgaard, et al., 2006)

Udviklingen af den koordinerede uheldsstatistik, vil ikke blot bidrage til en bedre effektvurdering af det gennemførte trafiksikkerhedsfremmende arbejde, men vil i høj grad også bidrage til bedre udpegning af reelle sorte pletter.

I handlingsplanen fra 2007, var målet for 2012 er, at antallet af trafikdræbte skal under 200, antallet af alvorlige tilskadekomne skal under 1.850 og antallet af lettere tilskadekomne skal under 2.100. Når denne målsætning skal evalueres, hvilket vel må forventes at ske primo 2013, er det en oplagt mulighed for at iværksætte en undersøgelse af muligheden for at udvikle nye uheldsmodeller, inden der fastsættes en ny målsætning.

Udviklingen af udpegnings og vurderings metoder, vil på sigt være en god investering, på trods af de umiddelbare omkostninger, da det i højere grad end det er tilfældet i dag, vil sikre at fremtidige investeringer i trafiksikkerhed bliver foretaget på et optimalt grundlag.

Af øvrige faktorer, som vil forbedre kvaliteten af sortpletarbejdet kan nævnes skadestuebaseret uheldsregistrering. Undersøgelser fra Danmarks statistik har vist, at skadestuerne registrer ca. fire til fem gange så mange uheld, som politiet. Dette gør sig især gældende jo mindre veje der er tale om, f.eks. registrerer politiet langt hovedparten af uheld på motorvejen, mens størstedelen af uheld, som sker på cykelstier ikke registreres. Det er derfor sandsynligt, at der i fremtiden kan blive udarbejdet bedre evalueringer, når skadestuedataene bliver tilgængelige til evalueringer af trafiksikkerhed. En fire- eller femdobling af antallet af trafikuheld vil forbedre fremtidige evalueringers mulighed for at konkludere på ændringerne i uheldsforekomsterne.

10. Kildeliste

- De Brabander, Bram, Nuyts, Erik og Vereeck, Lode. 2005.** Road safety effects of roundabouts in Flanders. *Journal of safety research* 36. 2005, s. 289-296.
- Elvik, Rune. 1997.** Evaluations of road accident blackspot treatment: A case of the iron law of evaluation studies? *Accident Analysis & Prevention, Vol 29, no 2.* 1997, s. 191-199.
- . **1988.** Some difficulties in defining populations of "entities" for estimating the expected number of accidents. *Accident Analysis & Prevention vol. 20. No. 4.* 1988, s. 261-275.
- . **2007.** *State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks.* Oslo : TØI , 2007.
- . **2001.** The importance of confounding in observationeal before-and-after studies of road safety measures. *Accident Analysis & Prevention, 34.* 2001, s. 631-635.
- . **2004.** Traffic safety. [forfatter] Myer Kuntz. *Handbook of Transportation Engineering.* s.l. : McGraw-Hill, 2004, s. 16.1-16.20.
- Elvik, Rune, et al. 2009.** *The Handbook of road safety measures, Second edition.* s.l. : Emerald Group Publishing Limited, 2009.
- Elvik, Rune, Mysen, Anne Borger og Vaa, Truls. 1997.** *Trafikksikkerhetshåndbok.* Oslo : TØI, 1997.
- Fridstrøm, Lasse, et al. 1993.** *Explaining the Variation in road accident counts - a four-country, generalized Poisson regression analysis.* København K : Nordic Council of Ministers, 1993.
- Færdselssikkerhedskommissionen. 2007.** *Mod nye mål 2001-2012 -Hver ulykke er én for meget, trafiksikkerhed begynder med dig.* København : Justitsministeriet, 2007.
- Greibe, Poul og Hemdorff, Stig. 2001.** *Håndbog i trafiksikkerhedsberegninger, brug af uheldsmodeller og andre vurderingsmetoder (Rapport 220).* København K : Vejdirektoratet, 2001.
- Hansen, Winnie og Sørensen, Mogens. 2008.** *Sortplettiltag på statsveje. Evaluering 2008.* Middelfart : Vejdirektoratet kompetancecenter trafiksikkerhed, 2008.
- Hauer, Ezra. 1997.** *Observational before-after studies in road safety -Estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety.* Oxford : Elsevier Science Ltd, 1997.
- Hauer, Ezra., et al. 2002.** Estimating Safety by the enpirical Bayes Method: A Tutorial. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Volume 1784 /* 2002. 2002, s. 126-131.
- Hedges, Larry V, et al. 1994.** Part VI Statistically analysing effect sice. [forfatter] Harris Cooper og Larry V. Hedges. *The Hancbook of Research Synthesis.* New York : Russel Sage Foundation, 1994, s. 205-335.
- Hemdorff, Stig R. og Lund, Hans. 2003.** *Indberetning af færdselsuheld -Vejledning 2003.* København K : Vejdirektoratet, 2003.

- Hirst, W. M., Mountain, L.J. og Maher, M.J. 2004.** Sources of error in road safety scheme evaluation: a method to deal with outdated accident prediction models. *Accident Analysis & Prevention* 36. 2004, s. 717-727.
- Holmskov, Ole og Lahrmann, Harry. 1993.** Er sortpletbekæmpelse vejen frem? *Dansk vejtidsskrift* nr. 2. 1993, s. 3-9.
- Højgaard, Hugo, et al. 2006.** *Guide til systematisk ulykkesbekæmpelse (Rapport 308)*. København K : Vejdirektoratet, 2006.
- Jørgensen, Else. 1981.** *Sikkerhedsmæssig effekt, vejledning for vejbestyrelser*. Næstved : Vejdirektoratet, Sekretariat for sikkerhedsfremmende foranstaltninger, 1981.
- Lipsey, Mark W og Wilson, David B. 2001.** *Practical meta-analysis*. California : SAGE publications, Inc., 2001.
- Lord, Dominique og Park, Peter Young-Jin. 2008.** Investigating the effects of the fixed and varying dispersion parameters of Poisson-gamma models on empirical Bayes estimates. *Accident Analysis and Prevention* vol. 40. Juli 2008, s. 1441-1457.
- Madsen, J. C. O., Lahrmann, H. S. og Bohlet, L. 2010.** *Endnu ikke publiceret, Controlling for regression-to-the-mean in before-after studies of safety effects: Reflections on the empirical Bayes approach*. Aalborg : AAU, 2010. Ikke publiceret.
- Madsen, Jens Christian Overgaard.** Sorte pletter -teori og udpegningsmetoder. *Arbejdespapir*. Aalborg : AAU.
- . **2005.** *Statistisk Uheldsteori og Sortpletudpegning - Sortpletarbejdets teoretiske grundlag*. Aalborg : Trafikforskningsgruppen, Aalborg Universitet, 2005.
- Persaud, Bhagwant og Lyon, Craig. 2007.** Empirical Bayes before-after safety studies: Lessons learned from two decades and future directions. *Accident Analysis & Prevention* 39. 2007, s. 546-555.
- Persaud, Bhagwant. 1986.** Relating the effect of safety measures to expected numbers of accidents. *Accident Analysis & Prevention* vol 18. No. 1. 1986, s. 63-70.
- Petitti, Diana B. 2000.** *Meta-analysis, Decision Analysis, and Cost-Effectiveness Analysis*. New York : Oxford university press, 2000.
- Schelling, Adriaan. 2011.** *Evaluering 2010 -Sorte pletter på statsveje*. København K : Vejdirektoratet, 2011.
- . **2010.** Sorte pletter på statsveje ombygget og undersøgt. *Trafik & veje*. Marts 2010, s. 14-17.
- Sweeting, Michael J., Sutton, Alexander J. og Lambert, Paul C. 2004; 23.** What to add to nothing? Use and avoidance of continuity corrections in meta-analysis of sparse data. *Statistics in medicine*. 2004; 23, s. 1351-1375.

Tanner, J. C. 1958. A problem in the Combination of Accident Frequencies. *Biometrika*. December 1958, s. 331-342.

Vistisen, Dorte. 2002. *Models and Methods for Hot Spot Safety Work*. Kongens Lyngby : DTU, 2002.

Bilag A

Model til at kontrollere for lokale ændringer på strækninger, svarende til formel 5-5:

$$C_{trafik} = \left(\frac{N_{i \text{ efter}}}{N_{i \text{ før}}} \right)^p \quad \text{A-1}$$

Model, som estimerer den forventede uheldsforekomst for strækninger. Den tilsvarende model, for knudepunkter kan ses i dokumentet, som formel 5-14. (Madsen, 2005)

$$\mu_i = a * N^b * \exp \left[\sum_{k,l} \beta_k(l) Z_k(l) \right] \quad \text{A-2}$$

Modeller til at estimere den forventede uheldsforekomst på strækninger, med lokalitets karakteristika som uafhængige variable. (Vistisen, 2002) Her er opgivet modeller for de fire strækningstyper. Modellen for kryds ses af formel 5-15, og værdierne for parametrene er opgivet i Bilag B. De parametre, som er gennemgående fra formel A-2 beskrives ikke i de efterfølgende modeller.

For motorveje beregnes det forventede antal uheld pr. kilometer som følger:

$$\mu_i = a * \gamma^{\Delta t} * \text{ÅDT}^{b_1} * BN^{b_2} * \exp \left[\sum_{k,l} \beta_k(l) Z_k(l) \right] \quad \text{A-3}$$

a	Parameter, som er afhængig af lokalitets typen
γ	Faktor, som afhænger af trends i uheldsudviklingen
b_1	Parametre for trafikudviklingen strækningen
b_2	Regressionskoefficient for bredden af nødsporet
BN	Bredden af nødsporet
$\beta_k(l)$	Bidrag for en række typespecifikke variable, som er afgørende for den specifikke lokalitet. Her er det vigepligt, kanalisering og randbebyggelsens karakter.
$Z_k(l)$	Indikerer i hvilken grad den enkelte variabel gør sig gældende for lokaliteten

Modellen for motortrafikveje:

$$\mu_i = a * \gamma^{\Delta t} * \text{ÅDT}^{b_1} * BB^{b_2} * \exp \left[\sum_{k,l} \beta_k(l) Z_k(l) \right] \quad \text{A-4}$$

BB	Bredden af vejbane
------	--------------------

For øvrige større veje beregnes μ_i ved:

$$\mu_i = a * \gamma^{\Delta t} * \dot{A}DT^b * BV^{b_1} * BVB^{b_2} * \exp \left[\sum_{k,l} \beta_k(l) Z_k(l) \right] \quad \mathbf{A-5}$$

BV

Bredden af hele vejen

Veje som ikke er repræsenteret i en af ovenstående modeller, beregnes vha.:

$$\mu_i = a * \gamma^{\Delta t} * \dot{A}DT^b * \exp \left[\sum_{k,l} \beta_k(l) Z_k(l) \right] \quad \mathbf{A-6}$$

Bilag B

Følgende bilag indeholder tabeller fra Vistisen (2002).

Tabel 7: Estimerede parametre for kryds

Variabel	Symbol	Samlet antal uheld	Skader
Spredningsparameter	α	1,83	1,67
Skæringsparameter	a	0,000127	0,00006
Trend faktor	γ	0,97	1,00
ÅDT_{Primær}	b_1	0,43	0,45
ÅDT_{Sekundær}	b_2	0,44	0,44
Antal ben			
3			
4	4ben	0,54	0,55
5	5ben	-0,45	-0,77
Facade/Randbebyggelse			
Ej oplyst eller ubetydelig randbebyggelse	rand1	-0,30	-0,35
Industri eller butikker			
Bymæssig bebyggelse	rand2	-0,24	-0,28
Vigepligt på primærvejen			
Ej oplyst eller ingen			
Signalreguleret	pri.vig.1	-1,95	-1,16
Øvrige	pri.vig.2	-1,10	-1,38
Vigepligt på sekundærvejen			
Ej oplyst eller ingen			
Signalreguleret	sek.vig.1	2,92	2,07
Øvrige	sek.vig.2	0,81	0,93
Kanaliserings på primærvejen			
Ej oplyst eller ingen			
Kanaliserings	kanal.pri	0,14	0,12
Kanaliserings på sekundærvejen			
Ej oplyst eller ingen			
Kanaliserings	kanal.sek	0,33	0,36

Tabel 8: Estimerede parametre for motorveje

Variabel	Symbol	Samlet antal uheld	Skader
Spredningsparameter	α	4,60	1,53
Skæringsparameter	a	0,000026	0,000048
Trend faktor	γ	0,98	0,99
ÅDT	$b1$	1,02	0,89
Bredde parameter (nødspor)	$b2$	-0,22	-0,12
Hastighedsgrænse			
Under 110 km/t 110 km/t	$hast.u.110$	0,51	0,38
Antal vejbaner			
4 5 eller 6 Mere end 6	$bane5,6$ $bane>6$	0,19 0,39	0,12 0,31
Midterautoværn			
Ej oplyst eller ingen Kabel adskillelse Øvrige	$midt.værn1$ $midt.værn2$	-0,07 0,06	-0,19 -0,43

Tabel 9: Estimerede parametre for motortrafikveje

Variabel	Symbol	Samlet antal uheld	Skader
Spredningsparameter	α	0,98	0,52
Skæringsparameter	a	0,000006	0,000023
Trend faktor	γ	1,01	1,11
ÅDT	$b1$	0,49	0,42
Bredde parameter (vejbane)	$b2$	3,16	2,31
Hastighedsgrænse			
70 eller 80 km/t 90 km/t	$hast90$	-0,16	0,08
Antal vejbaner			
2	$Bane3$ $Bane4$ $bane>4$	-0,76 -1,46 -1,05	-0,48 -1,15 -0,86
3			
4			
Flere end 4			
Midterrabat			
Ej oplyst eller ingen Midterrabat	$midt.rab.$	-0,84	-0,35

Tabel 10: Estimerede parametre for øvrige store veje

Variabel	Symbol	Samlet antal uheld	Skader
Spredningsparameter	α	1,54	0,68
Skæringsparameter	a	0,000672	0,000663
Trend faktor	γ	1,00	1,00
ÅDT	b	0,49	0,51
Vejbredde	b_1	0,001	-0,06
Vejbanebredde	b_2	1,06	0,81
Hastighedsbegrænsning			
Under 50 km/t	<i>hast<50</i>	0,71	0,34
50 km/t	<i>hast50</i>	0,43	0,40
60 km/t	<i>hast60</i>	0,24	0,23
70 km/t	<i>hast70</i>	0,07	0,33
80 km/t			
Antal vejbaner			
2			
3	<i>spor3</i>	0,36	0,41
4	<i>spor4</i>	-0,21	-0,16
5	<i>spor5</i>	0,08	-0,15
6	<i>spor6</i>	0,11	0,21
Flere end 6	<i>spor>6</i>	-2,27	-2,30
Facade/Randbebyggelse			
Ej oplyst eller ubetydelig randbebyggelse			
Industri eller butikker	<i>rand1</i>	0,54	0,46
Bymæssig bebyggelse	<i>rand2</i>	0,31	0,19
Midterrabat			
Ej oplyst eller ingen Midterrabat			
	<i>midt.rab</i>	-0,32	-0,46
Autoværn langs vejsiden			
Ej oplyst eller ingen Autoværn			
	<i>værn.side</i>	-0,19	-0,31
Autoværn i midterrabat			
Ej oplyst eller ingen Autoværn			
	<i>værn.midt</i>	-0,41	0,21
Kantafmærkning			
Ej oplyst eller ingen			
Afmærkning i en side	<i>afm.1</i>	0,07	-0,04
Afmærkning i begge sider	<i>afm.2</i>	-0,06	-0,05

Tabel 11: Estimerede parametre for de resterende veje

Variabel	Symbol	Samlet antal uheld	Skader
Spredningsparameter	α	0,79	0,35
Skæringsparameter	a	0,000391	0,000024
Trend faktor	γ	1,00	1,00
ÅDT	b	0,84	1,08
Hastighedsbegrænsning			
Under 70 km/t	$hast < 70$	0,48	0,31
70 km/t	$hast 70$	0,99	0,41
80 km/t			
over 80 km/t	$hast > 80$	-0,81	-0,94
Facade/Randbebyggelse			
Ej oplyst eller ubetydelig randbebyggelse			
Industri eller butikker	$rand1$	0,90	0,39
Bymæssig bebyggelse	$rand2$	0,21	0,40
Midterrabat			
Ej oplyst eller ingen Midterrabat	$midt.rab$	-0,27	-0,82
Kantafmærkning			
Ej oplyst eller ingen			
Afmærkning i en side	$afm.1$	-0,51	-0,81
Afmærkning i begge sider	$afm.2$	-0,15	0,35
Cykelsti			
Ej oplyst eller ingen Cykelsti	sti	0,41	0,34

Estimerede parametre for de resterende veje

Bilag C

Beskrivende data for de 35 lokaliteter, som er inddraget i analysen.

Nummer	Vejnummer	Kilometering	beliggenhed	Udformning	Vejcenter	hovedforanstaltning	konkret tiltag
10208	119	20,08	Skovvejen ved Bennebovej øst for Jyderup	F-kryds	Sjælland	Vejlukning	Vejlukning - nordligt ben, ændring af afmærkning ved kilestyrækning, opretning af kanter
40208	145	3,334	Hldv 147, omfartsvejen - Harmskrydset, Holbæk-Sorø	Signal	Sjælland	Signalombygning	Bundet venstresving fra syd og nord + div. justeringer
50208	20	91,57	Rampekyds ml. frakørsel 39 og Næstvedvejen i Slagelse	Signal	Sjælland	Signalombygning	Bundet venstresving og indsnævring af ligeudspor
20408	348	16,72	Viborg Hovedvej og Hvolgårdsvej ved Ølholm, nord for Vejle	F-kryds	Østjylland	Afmærkning	Fuldt stop
10109	138	2,359	Køgevej/Darupvej, Roskilde	Signal	Hovedstaden	Signalombygning	Bundet venstresving
20109	138	2,146	Køgevej/Motelvej, Roskilde	Signal	Hovedstaden	Signalombygning	Bundet venstresving
30109	522	14,963	Frederikssundsvej/Skovvej/Hold-An Vej	Signal	Hovedstaden	Signalombygning	Bundet venstresving
10209	122	71,860	Audebovej	T-kryds	Sjælland	Kanalisering, hastbegrænsning.	Kanalisering, markeringsheller
20209	126	10,563	Kyse Overdrevsvej	T-kryds	Sjælland	Kanalisering	Kanalisering, markeringsheller og sekundærhelle
30209	151	12,493	Hovvej, syd for Vettelslev	T-kryds	Sjælland	Kanalisering, hastbegrænsning.	Advarselsheller 60 km/h
40209	614	9,172	Søledsvej/Ravnstrupvej, Holme-Olstrup	Forsat kryds	Sjælland	Kanalisering, hastbegrænsning.	Dobbeltkanalisering, 60 km/h
10309	609	2,757	Lille Lundager, Assens	T-kryds	Syddanmark	Kanalisering	Kanalisering, krydsningshelle
20309	704	8,600	Refsvindinge	Forsat kryds	Syddanmark	Kanalisering	Kanalisering, dobb. rettet sti
30309	332	40,932	Ringvejen/Bjerrumvej, Ribe	T-kryds	Syddanmark	Kanalisering	Kanalisering

Nummer	Vejnummer	Kilometrer	beliggenhed	Udformning	Vejcenter	hovedforanstaltning	konkret tiltag
40309	323	8,750	Styding	F-kryds	Syddanmark	Forsætning	Forsætning, kanalisering
10409	341	5,021	Fredericiavej/ Boeskærvej- Andkærvej	Signal	Østjylland	Signalombygning	Bundet venstresving
20409	404	75,88 4	Skærskovhedevej/ Skærskovvej- Harbovad	F-kryds	Østjylland	Kanalisering	Kanalisering, fuld stop, 70 km/h
30409	407	9,928	Viborgvej, Vestlige rampekryds M60/407	Signal	Østjylland	Signalombygning	Bundet venstresving, 70 km/h
40409	415	3,089	Hammelvej/ Clausholmvej	Signal	Østjylland	Signalombygning	Bundet venstresving, 60 km/h på sek.vej
10509	404	16,50 6	Brejningekrydset	F-kryds	Midt- og Vestjylland	Rundkørsel	Rundkørsel
30509	416	26,47 1	Ørum, Kryds Gl. Tjelevej/Østergade	F-kryds	Midt- og Vestjylland	Vejlukning	Lukning, heller, belysning, blåt felt
40509	441	24,06 1	Ny Viborgvej/Hobrovej	F-kryds	Midt- og Vestjylland	Rundkørsel	Rundkørsel
10609	467	35,10 0	Aggersundvej/ Bjørnstrupvej	F-kryds	Nordjylland	Forsætning	Forsætning
20609	427 /42 8	41,40 7	Bygholmvej/Aggersundvej	Forsat kryds	Nordjylland	Hastbegrænsning.	70 km/h
40609	505	31,35 5	Omfartsvejen/ Hadsundvej, Terndrup	Forsat kryds	Nordjylland	Rundkørsel	Rundkørsel
50609	427	12,49 7	Ålborgvej/Østerild Byvej	T-kryds	Nordjylland	Kanalisering	Heller i spærreflader
10210	501	2,772	Gåbensevej/ Skovalleen	T-kryds	Sjælland	Kanalisering	Helle, Slips, lokal hastighed 60 og 70 km/t
20210	506	11,57	Gedser Landervej/ Godthåbs Alle/ Marrebæk Norvej	F-kryds	Sjælland	lokal hastighed	Heller, lokal hastighed 70 km/t
40210	614	7,187	Landevejen/ Holmegaardsvej, Holme Olstrup	T-kryds	Sjælland	Tilbage trukket cykelsti	ekstra 70 km/t tavler

Nummer	Vejnummer	Kilometering	beliggenhed	Udforming	Vejcenter	hovedforanstaltning	konkret tiltag
30310	323	11,48	Ribevej/ Østergade, øst for Vojens	T-kryds	Syddanma rk	Tvungne Svingbaner	kombineret svingbane og ligudkørsel ændres
20410	401	53,8	Århusvej/ Hoedvej/ Ålsø Stationsvej, sydvest for Grenå	F-kryds	Østjylland	Forsat kryds	Fuldt stop, 70 km/t, A11- tavler, heller
10510	339	24	Rute 28/ Juellingsholmvej vest for Sdr. Omme	T-kryds	Midt- og Vestjylland	Kanalisering	Venstresvingsbane, Heller
10610	467	52,83	Aarsvej/ Aggersundvej	T-kryds	Nordjyllan d	Rundkørsel	Heller + stisystem
20610	462	32,46	Randersvej/ Alsvej	T-kryds	Nordjyllan d	Rundkørsel	Heller
30610	452	31,46	Hjørringvej/ Knivholtvej/ Sunderbivej	F-kryds, signal	Nordjyllan d	Rundkørsel	Stisystem

Bilag D

Nr.	Førperiode	Efterperiode	Lokalitet	Foranstaltning	Uheld før	Uheld efter	C-trend	C-trafik	Forventet uheld EB	Forventet uheld VD- incl C-trafik	Forventet uheld TJ- incl C-trafik	Effekt TJ	Effekt VD	Effekt EB
10208	1994- 1998	2001- 2005	F-kryds	Vejlukning	6	5	0,858	1,046	3,41	4,08	5,38	0,93	1,23	1,47
40208	1991- 1995	2000- 2004	signal	Signalombbygning	9	6	0,83	1,261	8,69	7,06	9,42	0,64	0,85	0,69
50208	1993- 1997	2003- 2007	signal	Signalombbygning	18	8	0,793	2,984	65,67	30,14	42,59	0,19	0,27	0,12
20408	1995- 1999	2002- 2006	F-kryds	Afmærkning	3	4	0,823	1,312	1,67	2,49	3,24	1,23	1,6	2,39
10109	1991- 1995	1998- 2002	signal	Signalombbygning	12	6	0,848	1,397	8,41	10,62	14,22	0,42	0,57	0,71
20109	1991- 1995	1998- 2002	signal	Signalombbygning	13	10	0,848	1,45	10,64	12,04	15,98	0,63	0,83	0,94
30109	1997- 2001	2005- 2009	signal	Signalombbygning	29	14	0,823	1,056	21,51	19,43	25,2	0,56	0,72	0,65
10209	1997- 2001	2005- 2009	T-kryds	Kanalisering	6,5	0,4	0,823	1,015	0,71	3,86	5,43	0,08	0,11	0,58
20209	1994- 1998	2001- 2005	T-kryds	Kanalisering	4	0,4	0,858	0,956	0,86	2,2	3,28	0,13	0,2	0,5
30209	1993- 1996	1999- 2003	T-kryds	Kanalisering	5	1	0,851	1,181	0,55	3,31	5,03	0,2	0,3	1,81
40209	1995- 1999	2004- 2008	Forsat kryds	Kanalisering	6	4	0,816	1,41	2,19	4,37	6,9	0,58	0,92	1,83
10309	1996- 2000	2003- 2007	T-kryds	Kanalisering	4	1	0,865	1,104	0,95	2,87	3,82	0,26	0,35	1,05
20309	1994- 1998	2002- 2006	Forsat kryds	Kanalisering	3	4	0,838	1,184	0,79	2,25	2,98	1,34	1,78	5,04

30309	2000-2004	2006-2010	T-kryds	Kanalisering	2	1,4	0,834	1,04	0,87	1,35	1,73	0,81	1,04	1,61
40309	1997-2001	2004-2008	F-kryds	Forsætning	7	2	0,862	1,164	2,46	5,24	7,02	0,28	0,38	0,81
10409	1998-2002	2005-2008	signal	Signalombbygning	7	2,5	0,837	1,204	9,12	5,3	7,05	0,35	0,47	0,27
20409	1997-2001	2005-2009	F-kryds	Kanalisering	8	1,3	0,823	1,982	1,96	9,91	13,05	0,1	0,13	0,64
30409	1997-2001	2005-2009	signal	Signalombbygning	5,5	0,4	0,823	1,515	6,98	4,7	6,86	0,06	0,09	0,06
40409	1995-1999	2003-2007	signal	Signalombbygning	11	8	0,843	1,708	12,02	11,96	15,84	0,51	0,67	0,67
10509	1996-2000	2004-2008	F-kryds	Rundkørsel	11	2	0,838	1,176	4,63	8,11	10,84	0,18	0,25	0,43
30509	1995-1999	2002-2006	F-kryds	Vejlukning	4	1	0,859	1,142	1,37	2,97	3,92	0,25	0,34	0,73
40509	1991-1995	1997-2001	F-kryds	Rundkørsel	10	1	0,862	1,26	2,72	8,19	10,86	0,09	0,12	0,37
10609	1994-1998	2000-2004	F-kryds	Forsætning	6	1	0,889	1,27	1,35	5,08	6,77	0,15	0,2	0,74
20609	1998-2002	2004-2008	Forsat kryds	Hastighedsbegrænsning	8	2	0,877	1,064	4,81	5,64	7,47	0,27	0,35	0,42
40609	1998-2002	2004-2008	Forsat kryds	Rundkørsel	7	1	0,877	1,082	2,75	4,98	6,64	0,15	0,2	0,36
50609	1997-2001	2004-2008	T-kryds	Kanalisering	5,5	0,4	0,862	1,115	1,11	2,34	5,29	0,08	0,18	0,39
10210	1995-1999	2002-2006	T-kryds	Kanalisering	6	4	0,859	1,157	4,17	4,51	5,96	0,67	0,89	0,96
20210	1993-1997	1999-2003	F-kryds	Hastighedsbegrænsning	7	5	0,871	1,059	2,95	4,13	6,46	0,77	1,21	1,69
40210	1992-1996	1999-2003	T-kryds	Tilbagetrukket cykelsti	7	3	0,851	1,214	3,51	5,46	7,23	0,41	0,55	0,85

Nr.	Førperiode	Efterperiode	Lokalitet	Foranstaltning	Uheld før	Uheld efter	C-trend	C-trafik	Forventet uheld EB	Forventet uheld VD- incl C-trafik	Forventet uheld TJ- incl C-trafik	Effekt TJ	Effekt VD	Effekt EB
30310	1999-2003	2005-2009	T-kryds	Tvungne svingbaner	7	5	0,842	1,06	4,24	4,66	6,25	0,8	1,07	1,18
20410	1999-2003	2005-2009	F-kryds	Forsætning	6	2	0,842	0,976	4,44	3,71	4,93	0,41	0,54	0,45
10510	1998-2002	2005-2009	T-kryds	Kanalisering	7	2	0,837	1,3	0,76	5,72	7,62	0,26	0,35	2,63
10610	2001-2005	2006-2010	T-kryds	Rundkørsel	8	0,4	0,86	1,097	1,89	2,85	7,55	0,06	0,15	0,23
20610	2003-2007	2007-2011	T-kryds	Rundkørsel	11,7	1,6	0,893	0,754	2,59	3,54	7,85	0,2	0,45	0,62
30610	1999-2003	2005-2009	F-kryds, signal	Rundkørsel	8,5	0,4	0,842	1,107	4,43	4,87	7,92	0,05	0,09	0,1