

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

**Udvalgte Artikler fra Trafikdage på Aalborg
Universitet**

(Selected proceedings from the Annual Transport
Conference at Aalborg University)

ISSN 1903-1092

www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Udpegning af potentielle sorte pletter baseret på GPS-data fra kørende biler

Robin Bjørnlund Jensen¹

Civilingeniør

rbje90@gmail.com

Camilla Sloth Andersen²

Adjunkt, Ph.d., Civilingeniør

csa@civil.aau.dk

Niels Agerholm²

Lektor, Ph.d., Civilingeniør

na@civil.aau.dk

1: COWI A/S

2: Institut for Byggeri og Anlæg, Aalborg Universitet

Resumé

Der er sket en markant reduktion i antallet af omkomne på de danske veje i de senere år. Dog er antallet af tilskadekomne, der modtager behandling i Sundhedsvæsenet i forbindelse med trafikulykker kun faldet lidt. Derimod er antallet af ulykker registreret i de offentlige statistikker faldet voldsomt, hvorfor mørketallet er steget til ca. 91%. Da sortpletarbejdet, der er en hovedhjørnesten i trafiksikkerhedsarbejdet, baseres på de officielle statistikker, er det baseret på et usikkert grundlag. Artiklen tager udgangspunkt i GPS-data fra biler i det nyligt afsluttede ITS Platformsprojekt og undersøger, om koncentrationer af kraftige *decelerationer* og de afledte herfra, *ryk*, indsamlet fra kørende biler, kan anvendes som en supplerende metode til at udpege sorte pletter. Ideen baseres på den svenske konfliktstudieteknik, hvorfra der kan dokumenteres en sammenhæng mellem antallet af konflikter (nær-ulykker) og faktiske rapporterede ulykker. Denne undersøgelse baserer sig på data fra 380 biler i tre måneder, hvilket svarer til ca. 1,9 mio. km. Den antyder, at koncentrationer af store *decelerationer* genfindes, hvor der er store trafikmængder, men ikke nødvendigvis, hvor der kan konstateres problemer med vejnettets indretning og omgivelser. Den indikerer, at koncentrationer af store *ryk* kan genfindes, hvor vejnettet er uhensigtsmæssigt indrettet og/eller hvor der tidligere er konstateret ulykker. Et litteraturstudie antyder ligeledes, at *ryk* giver en bedre indikation på nær-ulykker end *decelerationer*. Til gengæld kan det konstateres, at *ryk* optræder koncentreret i

forbindelse med ujævnheder på vejnettet, hvorfor registreringer i disse lokaliteter skal fjernes, for at *ryk* kan være en troværdig indikator. Endvidere konstateres det, at antallet af registrerede *decelerationer/ryk* i det anvendte datasæt er for lavt til at det endelig kan afklares, om sorte pletter kan identificeres ved hjælp af *ryk*.

Baggrund

Trods en markant forbedring i trafiksikkerheden i det sidste årti i de fleste industrialiserede lande, er trafikulykker stadig årsag til mere end 30.000 dødsfald hvert år på de europæiske veje (Europakommissionen 2012). Forbedret køretøjsteknologi som f.eks. Anti-lock Braking System (ABS), airbags og især Elektronisk Stabilitetskontrol (ESC) har bidraget til den gode udvikling (eSafety Support 2010, Elvik et al. 2009, Sørensen, 2006). Dette underbygges også af et større dansk studie, der peger på, at fornyelse af bilparken med de tilhørende forbedringer i sikkerhedsudstyret forbedrer trafiksikkerheden løbende (Lyckegaard et al. 2012). Endvidere har finanskrisen og de efterfølgende års lavkonjunktur antagelig også reduceret antallet af trafikdræbte. Efterhånden som bilparken skiftes ud og med udsigt til en bedring af den økonomiske situation med tilsvarende stigning i transporten er det usikkert om denne positive udvikling vil fortsætte. I hvert fald indikerer de nyeste tal, at forbedringen er stagneret de seneste år – den samlede reduktion i antallet af dødsfald i Europa var kun på 0,6% fra 2013 til 2014 mod langt større tal tidligere (Adminaite et al. 2015).

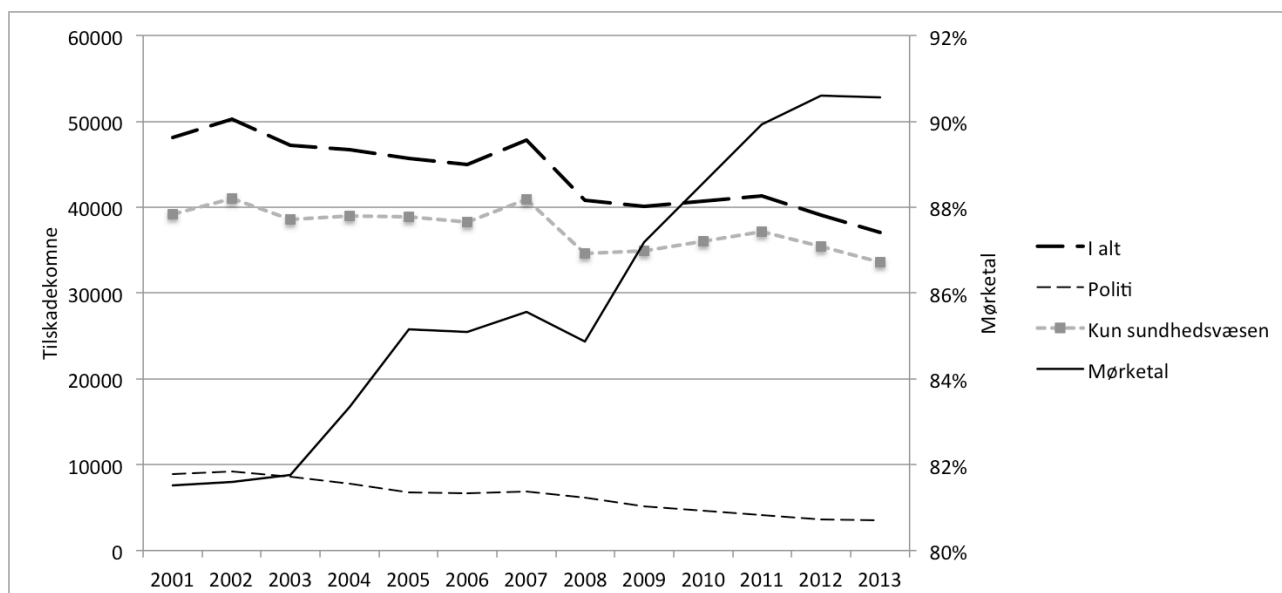
Tilsvarende har udviklingen i Danmark været særdeles positiv indtil de seneste år. Antallet af omkomne i trafikken er mere end halveret siden 2008 og ser ud til at have stabiliseret sig lidt under 200 per år (Danmarks Statistik 2015; Rådet for Sikker Trafik 2015).

Uanset den forbedrede trafiksikkerhed bør alle tilgængelige tiltag til forbedring af trafiksikkerheden fortsat inddrages. Her har udformningen af vores vejnet og forbedringer af dette været en central del af trafiksikkerhedsarbejdet i de fleste vestlige lande (Sørensen, 2006). En central del af trafiksikkerhedsarbejdet er derfor udpegning og udbedring af sorte pletter.

”En sort plet er et punkt på vejen eller en strækning af vejen, hvor vejudformningen eller trafikreguleringen adskiller sig fra vejens eller reguleringens generelle standard på den pågældende vej eller i det pågældende land, således at uheldsrisikoen forøges, uden at det kan erkendes eller forudses af trafikanten.”(Thorson 1970)

Sortpletarbejdet har generelt haft en god effekt på trafiksikkerheden – ca. 26% færre personskadeulykker (Elvik et al. 2009; SWOV 2007). De farligste sorte pletter er blevet forbedret med god effekt og fokus er efterfølgende drejet mod de tilbageblevne, mindre farlige sorte pletter, hvorved en mindre sikkerhedseffekt opnås, med mindre der foretages dyrere tiltag (SWOV 2007).

I de fleste lande baseres sortpletudpegningen på den officielle ulykkesstatistik, hvilket de fleste steder svarer til de politirapporterede trafikulykker. Officielle ulykkesstatistikker lider i forskellig grad af mørketalsproblematikken. Det er et generelt problem i det meste af verden og der er ikke umiddelbare løsninger på det (Elvik et al. 2009). Mørketallet er et mål for, hvor stor en andel af de faktiske ulykker, der ikke registreres i de officielle ulykkesstatistikker. Af ikke klarlagte grunde er dette problem særligt stort og voksende i Danmark. Således blev registreringsgraden for personskader forårsaget af trafikulykker reduceret fra 21% til 14% i perioden 1998 til 2007 og den fortsatte til omkring 10% i 2011 (Plovsing, Lange 2009; Agerholm, Andersen 2015; Andersen 2014). Den efterfølgende udvikling indikerer, at mørketallet har stabiliseret sig på godt 90% (Danmarks Statistik 2015). Se figur 1.



Figur 1. Udviklingen i politirapporterede personskader, personskader registreret på skadestuer og sygehuse samt mørketallet 2001-2013.

Det store mørketal er årsag til flere problematikker i trafikikkerhedsarbejdet, ikke mindst da mørketallet er skævt således at mørketallet er forskelligt trafikantgrupper imellem og uheldssituationer imellem (Agerholm, Andersen 2015). Dette betyder bl.a. at der er risiko for at de største sikkerhedsmæssige problemer overses. To mindre studier dokumenterer, at sorte pletter udpeget baseret på den officielle ulykkesstatistik afviger afgørende fra tilsvarende udpegninger baseret på skadestuedata hvilket tilskrives den skæve rapportering, der findes i det officielle register (Celis, Bunton 2009; Andersen, Sørensen 2004).

Der skal bemærkes, at der flere steder indenfor såvel forskning som hos sundhedsmyndighederne pågår arbejde med at sammenkoble bl.a. skadestuedata med præcise geografiske data. Dog har det, bortset fra på Fyn, ikke været muligt at anvende disse data til udpegnings af sorte pletter, endnu. Ud over at der kan være problemer med at udpege sande sorte pletter på grund af mørketallet i det officielle register, viser et studie af skadestuerregistrerede trafikulykker på Fyn at udpegnings på baggrund af skadestuedata er meget følsom overfor det anvendte kriterium for udpegnings. Udpegnings af sorte pletter afveg markant, afhængig af hvilken af tre udpegningskriterier der blev anvendt: 1: 90% fraktilen af kryds med personskader. 2: Kryds med mindst én omkommet eller indlagt patient. 3: Kryds, der inkluderer 90% fraktilen af personskader. Kun 1% af krydsene gik igen i alle tre metoder (Hansen, Lauritsen 2010). Dette problematiserer hele ideen bag udpegnings af sorte pletter på baggrund af ulykker.

Endvidere er hele ideen bag ulykkesbaseret sortpletudpegnings tilbageskuende – et vist antal personskader skal være sket, før en udpegnings kan foretages. Det er ikke noget nyt, men det forsinkes evt. forbedringer i en årrække. Selvom en 0-vision ikke er vedtaget i Danmark og måske heller ikke bliver det, så forsinkes den traditionelle metode til sortpletudpegnings alt andet lige målopfyldelsen omkring et givent lavt antal tilskadekomne. Det bør derfor overvejes, om det er muligt at formulere metoder, der kan erstatte eller anvendes supplerende til den eksisterende sortpletudpegnings.

Sammenfattende kan der fremhæves to udfordringer med at udpegnings af sorte pletter baseret på de officielle ulykkesstatistikker er en af de centrale dele af trafikikkerhedsarbejdet:

1. Stort og stigende mørketal, der gør udpegnings meget upræcis.
2. Metoden er tilbageskuende – der kan ikke gøres noget (evidensbaseret) før en række ulykker er registreret.

Denne problemstilling er gældende for Danmark, men meget tyder på, at den går igen internationalt trods manglende erkendelse af såvel mørketallets eksistens som dets faktiske størrelse. Mørketal og underrapportering i de officielle ulykkesregistre er mindre veldokumenteret, men under alle omstændigheder er der dokumenteret et meget stort mørketal i lande med en stor andel af cykeltrafik (Schepers et al. 2014).

Med udgangspunkt i ovenstående problemstillinger med den traditionelle sortpletudpegning og vigtigheden af fortsat forbedring af vej- og stinettet hen imod en mere tilgivende og sikker indretning beskriver denne artikel en anden tilgang til sortpletudpegningen. Artiklen præsenterer de resultater, der ligger for forskningen på dette område indtil videre.

Metode og data

Indledende metodeovervejelser

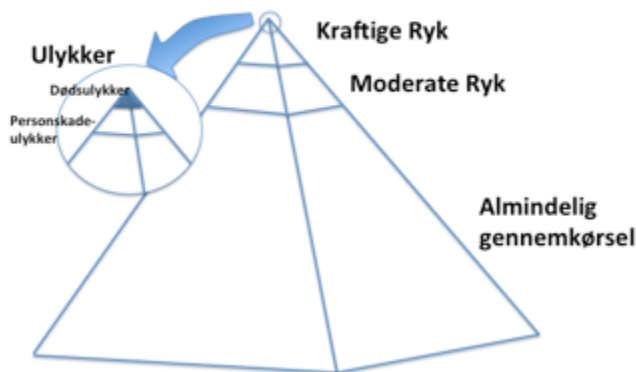
Den overordnede tilgang har været at udvikle en model til udpegning af potentielle sorte pletter baseret på data fra kørende biler (på engelsk *Floating Car Data* (FCD)). Der anvendes herefter benævnelsen *Potentiel Sort Plet* (PSP), for at skelne i forhold til traditionelt udpegede sorte pletter. Data er GPS-baseret FCD som bl.a. indeholder data om lokalitet, hastighed, tidspunkt og hvor kraftige opbremsninger, der er foretaget. Baseret på disse data skal modellen anvendes til at finde lokaliteter med koncentrationer af kraftige opbremsninger, som indikerer en PSP.

Modellen er baseret på samme tilgang som den Svenske Konfliktstudieteknik, der viser en sammenhæng mellem alvorlige konflikter (nær-ulykker) og antallet af ulykker på en given lokalitet (Hydén 1987, Svensson & Hydén 2006). Konfliktstudieteknikken er velegnet til hurtige analyser af f.eks. før-/efterundersøgelser og generel vurdering af sikkerheden i kryds, fordi det ikke er nødvendigt at afvente tilstrækkeligt mange ulykker, før en lokalitet kan evalueres. I stedet identificeres og analyseres konflikter på den givne lokalitet ud fra en række dages videooptagelser af trafikken. Trods den fortsat hurtige udvikling af billedanalysesoftware, er det fortsat temmeligt tidskrævende at foretage analyser i forbindelse med konfliktstudier, i det mange timers videomateriale skal gennemses manuelt (Laureshyn, A. 2005). Konfliktteknikken benyttes ikke til udpegning af sorte pletter, da det ville kræve en videoovervågning af det samlede trafikale system, samt en gennemgang af dette materiale med henblik på at identificere lokaliteter med store koncentrationer af konflikter. Baggrunden for denne artikel er at undersøge muligheden for at benytte en anden indikator på uheld i stedet for konflikter, nemlig kraftige opbremsninger.

Følgende to hypoteser er styrende for artiklens analyser af FCD:

1. At PSP kan udpeges baseret på koncentrationer af hårde opbremsninger registeret i FCD
2. At ryk (den afledte af decelerationen) giver en klarere udpegning end decelerationerne alene.

Ideen bag hypoteserne kan illustreres som for konfliktstudieteknikken. Jo mere sikkerhedsmæssigt problematisk en lokalitet er, des flere og større hårde decelerationer er der registreret for lokaliteten. Princippet for sammenhængen mellem ryk/decelerationer og ulykker fremgår af figur 2.



Figur 2: Den teoretiske sammenhæng mellem hårde opbremsninger (her som ryk) og ulykker. Efter inspiration fra Hydén (1987) og Svensson & Hydén (2006).

Konfliktindikatorer

Når en aktivitet på vej- og stinettet kræver en undvigemanøvre, kan en bilist grundlæggende reagere på tre måder: Bremse; styre udenom eller sætte farten op samt en kombination af at bremse og styre udenom eller accelerere og styre. Intuitivt er opbremsningen som afværgeforanstaltning den mest anvendte, hvilket også bakkes op af Hydéns analyser (1987). De viste, at nedbremsning var undvigemanøvren i 88% og 93% af henholdsvis ulykkerne og de alvorlige konflikter i bymæssige områder. van der Horst undersøgte 135 alvorlige konflikter og fandt at der blev foretaget nedbremsninger i 98,5% af dem (1984). Dog fandt Hantula (i Nygård 1999) "kun" en andel på 72,8% i en undersøgelse af 1.360 dødsulykker, her var andelen af undvigelser ved at styre og accelerere henholdsvis 2,6% og 24,6%. Den lavere andel af undvigelsestiltag i form af opbremsninger skyldes måske, at mange af dødsulykkerne foregik i det åbne land og der derfor var bedre plads til at undvige. Samlet viser tidligere undersøgelser, at opbremsninger er det mest anvendte undvigelsestiltag, hvorfor opbremsninger anvendes som konfliktindikator i dette studie.

Et andet spørgsmål er, med hvilken hyppighed alvorlige konflikter og dermed opbremsninger vil være. Generelt viser de undersøgte studier, at hyppigheden af konflikterne er lav. Svendsen et al. (2008) fandt 1 relevant *ryk* per 8:40 timers kørsel, mens Victor et al. (2010) registrerede en afstand på 4.900 km mellem alvorlige konflikter. Svendsen et al. undersøgte ligeledes sammenhængen mellem *decelerationer*, *ryk* og PSP. De fandt store forskelle i størrelsen af den enkelte førers kraftigste opbremsninger. Med det in mente fandt de en tydeligere sammenhæng mellem *ryk* og PSP end *decelerationer* og PSP. Nygård fandt en lavere afstand mellem alvorlige konflikter på ca. 1.170 km. Det bemærkes, at FCD her var indsamlet i bytrafik med tilhørende højere tæthed af hændelser i trafikken (Nygård 1999). Han sammenlignede højfrekvente GPS- og accelerationsdata med videoregistreringer af den tilsvarende kørsel, og han fandt ingen målbar sammenhæng mellem alvorlige konflikter og kraftige *decelerationer*, mens sammenhængen fandtes mellem kraftige *ryk* og alvorlige konflikter. Dette uddybes i Kulmala et al., der fremhæver *ryk* fremfor *decelerationen*, når alvorlige konflikter skal detekteres (1999). Mens Nygårds og Kulmalas studier var præget af et lavt antal førere og data fra en relativ kort kørt distance, var Svendsens påvirket af, at data var lavfrekvent og dermed med en betydelig usikkerhed indbygget. De peger dog alle på, at *ryk* er en bedre indikator for alvorlige konflikter og PSP end *decelerationer* er. Det er usikkert, med hvor stor gennemsnitlig indbyrdes afstand *decelerationer/ryk* i denne undersøgelse vil have, men en betydelig mængde data er nødvendig for at identificere PSP ud fra FCD.

Sammenhæng mellem decelerationer og ryk

Måling af opbremsninger, dvs. decelerationer kan grundlæggende gøres på to måder: 1: Hvor kraftig accelerationen er, samt hvor pludselig den sker. Hastigheden måles i km/t eller meter per sekund (m/s). Kraften af ændringer i hastighed eller retning måles som acceleration (måleenhed: meter per sekund² (m/s²)). Pludseligheden, altså hvor kraftig ændringen i acceleration er, kaldes rykket og opgøres i m/s³. Basalt set er accelerationen forskellen mellem to hastigheder indenfor et givent tidsinterval, mens rykket er forskellen mellem to accelerationer indenfor et givent tidsinterval – sammenhængen kan beskrives med formel 1 og 2.

$$\text{Acceleration: } \frac{\text{Hast}_2\left(\frac{m}{s}\right) - \text{Hast}_1\left(\frac{m}{s}\right)}{dt(s)} = \text{Acc}_1\left(\frac{m}{s^2}\right) \text{ og} \quad (1)$$

$$\text{Ryk: } \frac{\text{Acc}_2\left(\frac{m}{s^2}\right) - \text{Acc}_1\left(\frac{m}{s^2}\right)}{dt(s)} = \text{Ryk}_1\left(\frac{m}{s^3}\right), \text{ hvor} \quad (2)$$

Hast₁ er hastigheden til tiden t,

Hast₂ er hastigheden til tiden t₂,

Acc₁ er accelerationen (m/s²) til tiden t₁,

Acc₂ er accelerationen (m/s²) til tiden t₂ og

Ryk₁ er rykket (m/s³) til tiden t₂.

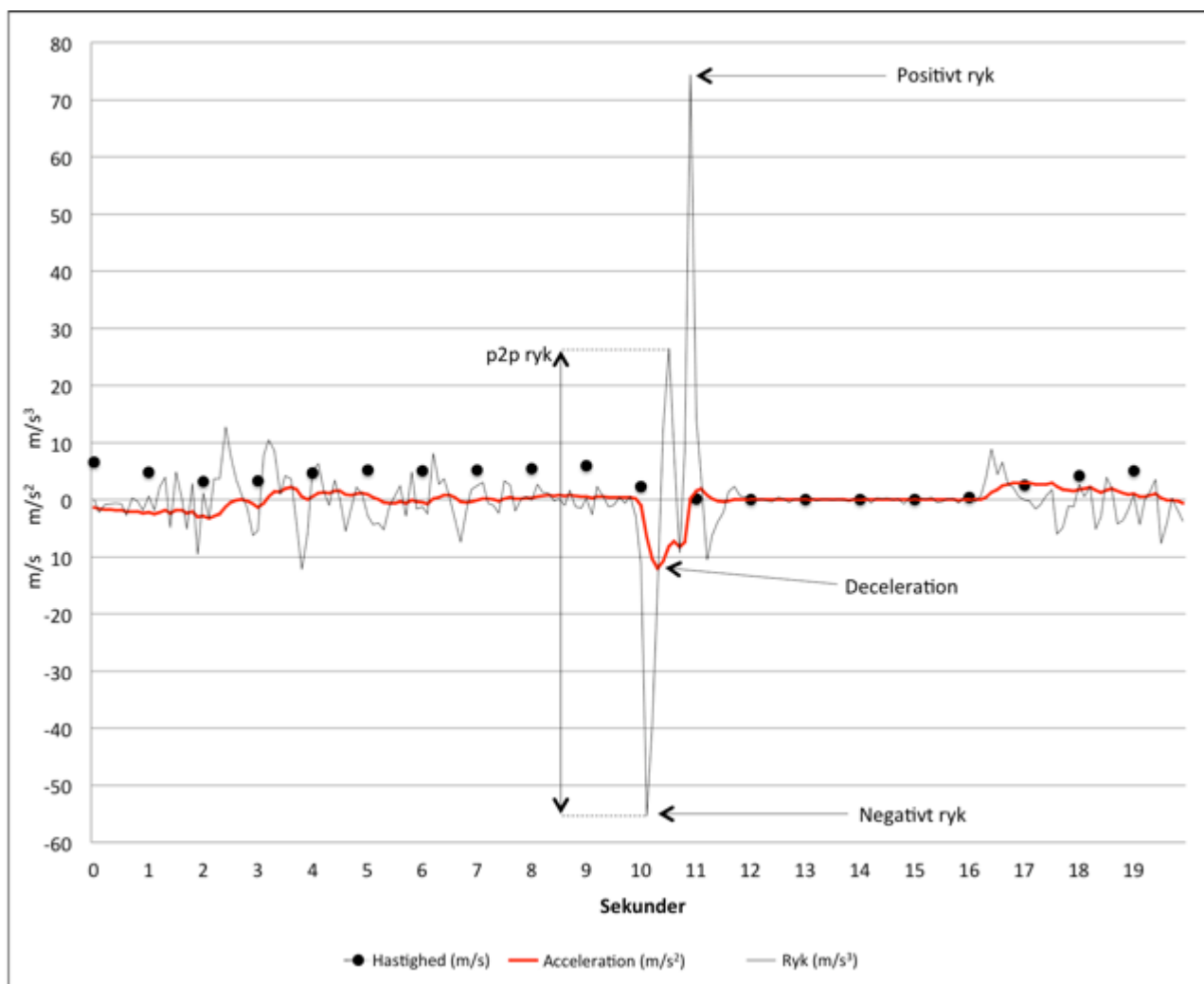
Af 1 og 2 fremgår det, at jo kortere tid ryk eller accelerationen af en given størrelse foregår over, des kraftigere bliver disse. I praksis registreres hastigheden ofte med 1 Hz eller lavere i FCD og er baseret på afstanden mellem positionerne.

Størrelsen på ryk/decelerationer, der antages knyttet op på en alvorlig konflikt, kan ikke umiddelbart fastlægges baseret på andre undersøgelser. Det skyldes dels, at frekvensen for registrering af decelerationer er forskellig i forskellige undersøgelser. Endvidere beregnes decelerationens størrelse på forskellige måder fra simple ændringer i GPS-hastigheden til sammenregning af meget højfrekvente accelerationsregistreringer. Det bemærkes desuden, at accelerationerne ofte registreres med accelerometre, der registrerer accelerationer med langt højere frekvens, inden denne summeres til en ønsket frekvens. Derfor kan der ikke altid ses en direkte sammenhæng mellem accelerationer og hastigheder i FCD.

Anvendte mulige parametre for alvorlige konflikter

Der anvendes en pragmatisk tilgang til analyserne. Dels kan der anlægges forskellige perspektiver på kravene til hvor store rykkene skal være før de betragtes som en indikator på en alvorlig konflikt, dels kan der være forskellige antagelser om hvor mange ryk, der skal registreres på den samme lokalitet før denne betragtes som en PSP.

I Analyserne anvender *decelerationer* samt to måder at bestemme ryk på. Ryk kan enten ses som største negative ryk (herefter benævnt *ryk*) (opstår når en pludselig opbremsning sættes i gang) eller som Peak-til-peak ryk (*p2p ryk*) (den største forskel mellem det mest negative ryk og det mest positive, under hensyntagen til tidsforskellen mellem disse). Et stort *p2p ryk* opstår, når bremsen først trædes hårdt ned og derpå slippes pludseligt, eller lige i det en bil holder stille som afslutningen på en hård opbremsning.). Sammenhængen mellem *p2p ryk*, største negative og positive *ryk* og *decelerationer* fremgår af figur 3.



Figur 3. Sammenhæng mellem hastighed, decelerationen, største negative og positive ryk samt p2p ryk.

Der er lavet ni sæt af analyser for at sikre at den bedste metode identificeres. På den måde er det gennemgået, i hvilket omfang det er tilstrækkeligt at anvende *decelerationer* (som generelt vil være de lettest tilgængelige data); *ryk* (som normalt kan beregnes relativt simpelt baseret på accelerationsdata; eller *p2p ryk*, der kræver en lidt mere kompliceret algoritme). Kombinationen i de ni sæt analyser er vist i tabel 1. For hver parameter for opbremsning er kombinationen af høj parameterværdi og et lavt antal registreringer som kriterium for identifikation af PSP analyseret. Ligeledes er kombinationen af moderat parameterværdi og et moderat antal registreringer analyseret. Den sidste kombination, der er analyseret for hver opbremsningsparameter er mindre parameterværdier kombineret med et højt antal registreringer på samme lokalitet. Det noteres, at markeringer på kort herefter markeres med sort, hvor der er tale om høj parameterværdi og lavt antal; rødt hvor det er moderat parameterværdi og moderat antal samt blåt, hvor der er mindre parameterværdier og et højere antal.

Tabel 1. De ni undersøgelsesdesign.

		Parameter for pludselige opbremsninger		
		<i>Deceleration</i>	<i>Ryk</i>	<i>p2p ryk</i>
Undersøgelsesdesign	Høj parameterværdi, lavt antal	X	X	X
	Moderat parameterværdi, moderat antal	X	X	X
	Mindre parameterværdi, højere antal	X	X	X

Data

FCD er indsamlet i det fornyligt afsluttede forskningsprojekt ITS Platform (Tøfting et al. 2014). Omkring 400 biler samlede FCD ind i gennemsnitligt 2 år, primært i Nordjylland. Der er ca. 14 mio. kørte km og 1,35 mio. kørte ture i de indsamlede FCD. En delmængde FCD indsamlet i perioden juli-september 2013 er anvendt i denne undersøgelse. Data er trukket ud baseret på specifikke forespørgsler omkring store ryk og decelerationer, og den nøjagtige mængde kørsel i de anvendte data kendes ikke. En omtrentlig værdi er 5.000 km/bil, 380 biler gav brugbare data. Dvs. ca. 1.900.000 km i alt.

Af de ca. 1.900.000 km er udtrukket som to uafhængige datasæt. Kriterierne for de to datasæt er som følger:

1. For hver bil er data om de 1.000 største *decelerationer* udtrukket.
2. For hver bil er data om de 1.000 største *p2p ryk* udtrukket.

Der er af ressourcemæssige årsager ikke foretaget udtræk af FCD baseret på *ryk*, hvilket stikprøvevist også har vist sig at være relativt identisk med udtrækkene baseret på *p2p ryk*, hvorfor *ryk* bestemmes ud fra *p2p* udtrækket. Hver af de to datasæt indeholder ca. 380.000 rækker.

Databehandling

For hver af de tre parametre for pludselige opbremsninger er der foretaget en række filtreringer af FCD, for dels at få sorteret irrelevante data fra, men også for at nå et dataomfang, der i praksis er håndterbart. Her har proceduren været følgende:

1. Frasortering af åbenlyst fejlbehæftede FCD

Vedr. enkelte af de biler, hvorfra FCD er indsamlet, har vist sig at enheden, der indsamlede data registrerede meget store og konstante *decelerationer/ryk* – især på veje med høje hastigheder. Det skyldes antageligt enten forkert montering af enheden, dårligt kalibrerede dæk på bilen eller en softwarefejl.

2. Afgrænsning til FCD indsamlet i Region Nordjylland

Da ideen bag denne metode kræver koncentrationer af *ryk/decelerationer*, afgrænses der fra data, som ikke er indsamlet i Region Nordjylland.

3. Frasortering af små *ryk/decelerationer*

På trods af at det kun er de 1.000 største *p2p ryk/ryk/decelerationer*, der er inkluderet i FCD, har det vist sig, at størstedelen af disse observationer har forholdsvis lave værdier. Baseret på granskning af summerede kurver for enkeltkøretøjer og for de samlede data vurderes det, at de 50 største værdier/køretøj bør medtages – det er snarere for mange end for få – også jf. andre undersøgelsers fund af interval mellem konflikter ifm. kørsel.

4. Frasortering af FCD fra motorveje og med lave hastigheder

FCD indsamlet på motorveje fjernes fra analyserne. Det gøres dels fordi der ikke ventes et større antal PSP på denne vejtype, men også fordi det især er på disse veje, at problemer med at registrere store og konstante *ryk* jf. pkt. 1, kan konstateres. Ligeledes udelades FCD, hvor hastigheden er ≤ 20 km/t. Det skyldes dels, at aktiviteter med den hastighed kun sjældent giver anledning til alvorlige ulykker, men også at mange kraftige *ryk* ved den hastighed skyldes bl.a. nedkørsel fra kantsten, udkørsel fra grus- til asfaltsveje samt smæk fra en bildør (Agerholm & Lahrmann 2012).

5. Frasortering af *p2p ryk/ryk/decelerationer* på og omkring fartbump

Agerholm & Lahrmanns (2012) erfaringer var ligeledes, at det blev en koncentration af markante *ryk* og til dels *decelerationer* omkring fartbump, der kan henføres til at den vertikale påvirkning ved passage af bumpene også påvirker bilen i kørselsretningen, selvom hastigheden ikke ændres i forbindelse med passagen. Derfor blev alle FCD, der var lokaliseret mindre end 25 m fra registrerede bump fjernet fra analysen.

6. Beregning af tætheder for de anvendte registreringer

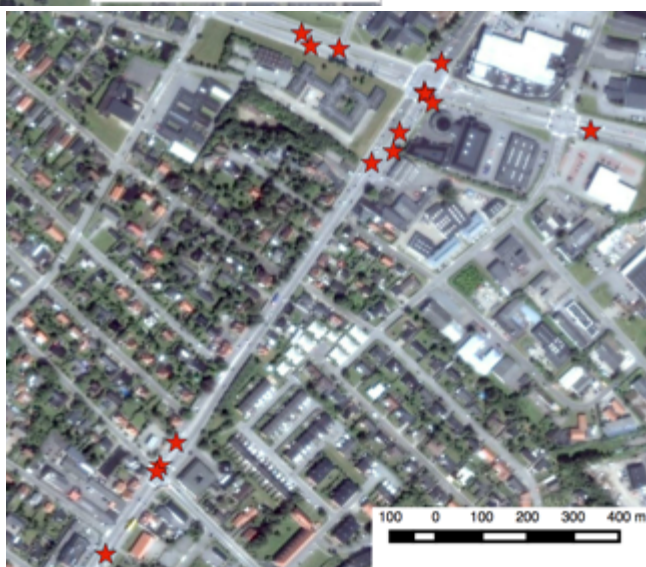
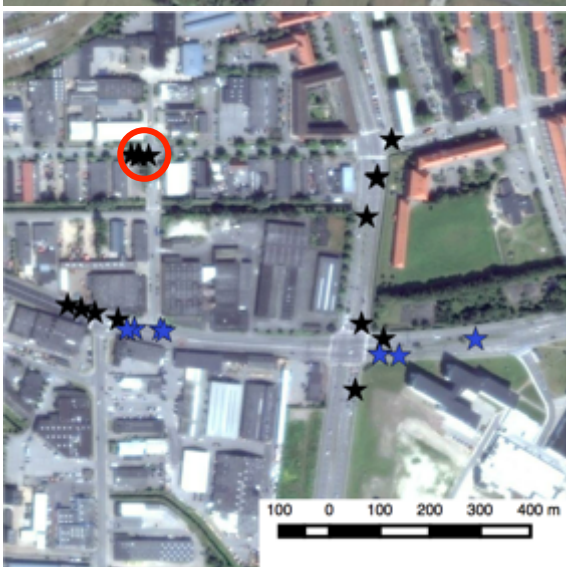
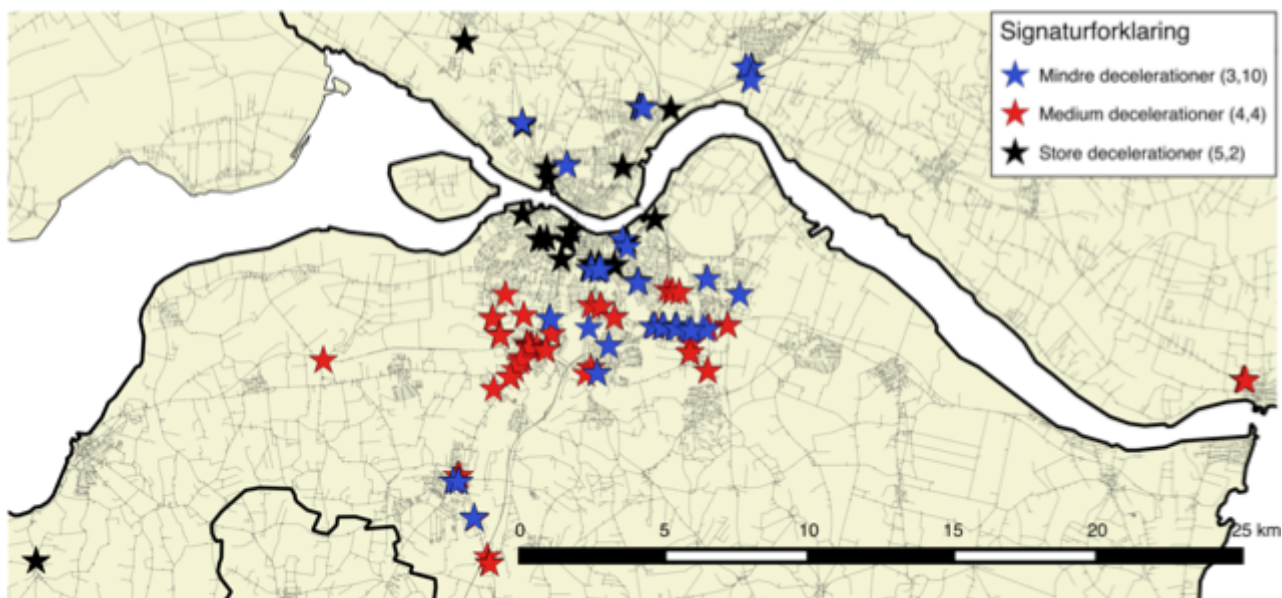
For FCD om hver af de tre parametre og størrelse på dem er der lavet en beregning af koncentrationerne. Den viser, hvor mange der ligger indenfor en afstand på 25 m. fra hinanden. Disse beregninger er lavet i regneark.

Med ovenstående filtrering af data er der nået et passende niveau af såvel antal som størrelsen af ryk/decelerationer, der muliggør, at analyserne kan gennemføres jf. beskrivelsen ovenfor.

Analyse

Decelerationer og PSP

Decelerationerne viser et mønster omkring de største veje i undersøgelsesområdet. En gennemgang af lokaliteter med koncentrationer af *decelerationer* afslører ikke PSP – i hvert fald ikke mere end en sammenhæng med et højt trafiktal. Tre udvalgte lokaliteter gennemgås nærmere, og kan betragtes for dækkende for fundene baseret på parameteren *decelerationer*. Med dækkende forstås det, at samtlige lokaliteter baseret på parameteren er blevet gennemgået for at identificere, om der kunne erkendes karakteristika, der kan forklare det høje antal registreringer – udover, som sagt, en stor trafikmængde. De tre lokaliteter viser spændvidden i fundene. Se figur 4.



Figur 4. De fundne områder baseret på decelerationer. Foroven: Lokaliseringen. I midten: Universitetsboulevarden. Tv. foroven: Østre Alle/Sønderbro. Th. foroven: Hobrovej/Ny Nibevej.

Omkring Universitetsboulevarden på østsiden af Den Nordjyske Motorvej, E45 er der konstateret en række koncentrationer af *decelerationer*. De findes i og nær de to rundkørsler samt umiddelbart øst for til og

frakørslerne til/fra motorvejen i nordlig retning. I området ved Østre Alle/Sønderbro i sydkanten af Aalborg Midtby findes der også en række *decelerationer* fordelt i og omkring en række kryds på de overordnede veje. Det kan konstateres, at accelerationerne er større her, men at de stadig umiddelbart relaterer sig til et stort trafikarbejde. En enkelt undtagelse er på en mindre vej i et industriområde (rød cirkel på figuren). En nærmere gennemgang af data viser, at der her er tale om data fra en fejlramt enhed, der genererer gentagne store *decelerationer* uanset ændringer i hastigheden, som beskrevet ovenfor. Tilsvarende er der registreret en række *decelerationer* på Hobrovej/Ny Nibevej. Her kan også genfindes en koncentration omkring større vejkryds og *decelerationerne* er hovedsageligt placeret i til- og frafartsbanerne ved krydsene. For geografisk placering af de udvalgte lokaliteter, se bilag 1.

Størrelsen på henholdsvis parameteren *decelerationer* og antal anvendte registreringer er defineret ud fra et ønske om at afspejle dels hvad koncentrationen af et lidt større antal *decelerationer* og en mindre numerisk værdi af *decelerationer*, henholdsvis et mindre antal moderate *decelerationer* samt et lavt antal numerisk store *decelerationer*. Værdierne er fastsat arbitrært, men så de gav mulighed for at analysere sammenhængene og deres betydning for udpegningen i det anvendte datasæt. Tilsvarende værdier er defineret for *ryk* og *p2p ryk*. For værdierne vedrørende *decelerationer* se tabel 2.

Tabel 2. Parameterværdier for *decelerationer* og antal.

	Størrelse	Antal
Højt parameterværdi, lavt antal	5 m/s ²	2
Moderat parameterværdi, moderat antal	4 m/s ²	4
Mindre parameterværdi, højere antal	3 m/s ²	10

Ryk og PSP

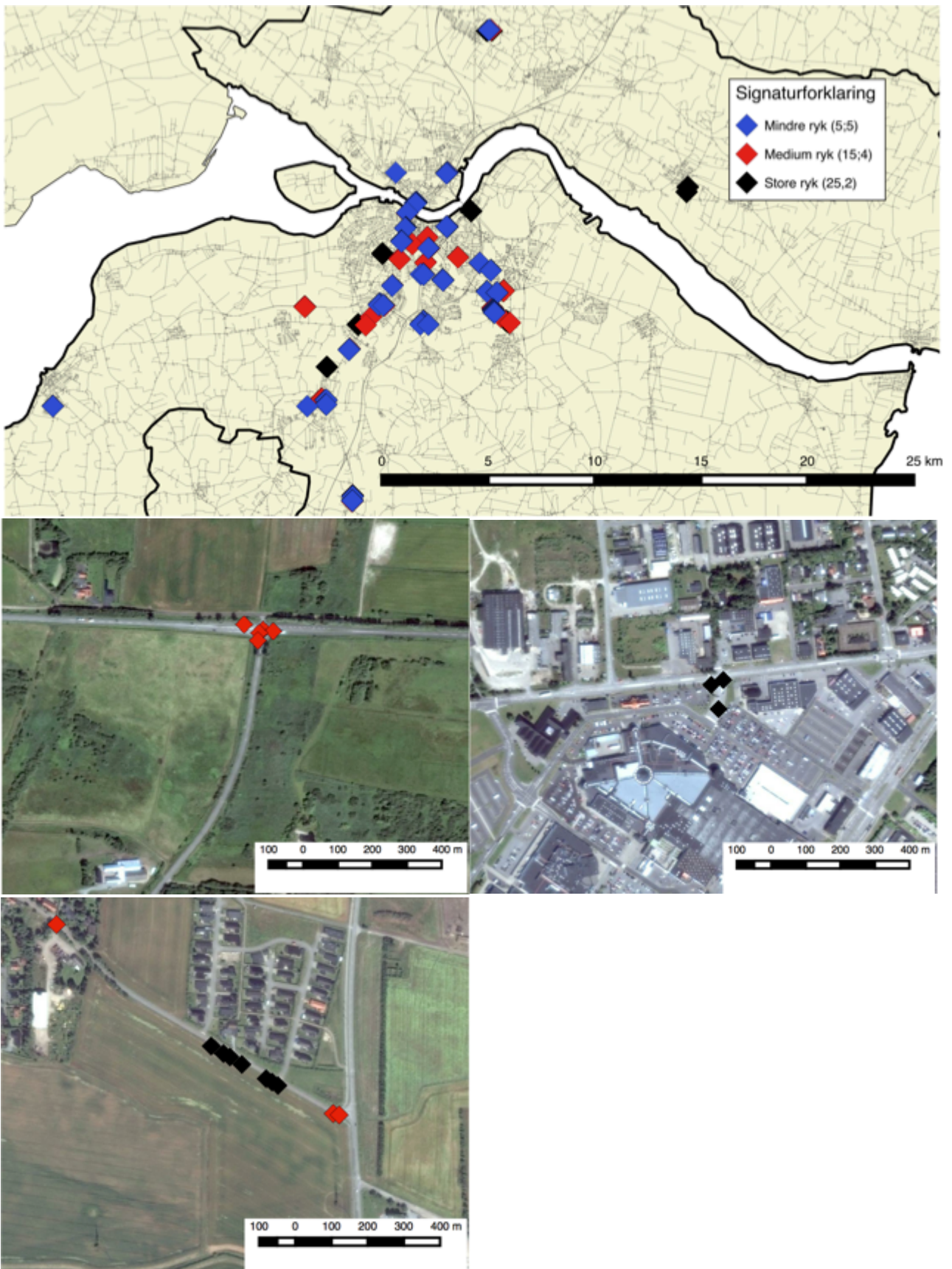
En gennemgang af lokaliteter med koncentrationer af *ryk* identificerer lokaliteter, der kan være PSP, men også en række lokaliteter, hvor vejunderlaget medfører store *ryk*, uden at det med rimelighed kan forbindes med pludselige opbremsninger. De største *ryk*, der er registreret i undersøgelsesområdet fordeler sig geografisk markant anderledes end *decelerationerne* og kan ikke umiddelbart sammenkædes med store trafikmængder. Tre udvalgte lokaliteter gennemgås nærmere, og kan betragtes for dækkende for fundene baseret på parameteren *ryk* jf. samme betragtning som for *decelerationer*. Se figur 5.

I krydset Ny Nibevej/Kærvedgårdvej er der registreret en række *ryk* med forholdsvis lave hastigheder. Ny Nibevej er en motortrafikvej med en 90 km/t hastighedsgrænse. Den er, pga. af tidligere registrering af et større antal ulykker i krydsene nedskiltet til 80 km/t i de betydende kryds. Hastighedsregistreringer på strækningen foretaget af Aalborg Universitet (Aalborg Universitet 2015) tyder på, at hastigheden reduceres nær krydsene, men antagelig fortsat ligger i overkanten af den skilte maksimale hastighed (Aalborg Universitet 2015). Det indikerer dermed, at koncentrationer af store *ryk* kan være forbundet med PSP. I krydset Nibevej/Halvkjærvej er der også en række kraftige *ryk*. Krydset er én af flere tilfartsveje til aflastningscenteret City Syd. Der er ofte tale om et betydeligt antal køretøjer og en noget blandet trafikultur (egne observationer), hvorfor *ryk* her kan indikere en PSP.

Sønder Tranders Bygade er brostensbelagt og giver derfor markante *ryk* på en stor del af strækningen. Det vurderes, at disse registreringer ikke har noget med PSP at gøre. En del andre registrerede lokaliteter kan ligeledes forklares ud fra ujævnheder i vejnettet. For værdierne vedrørende *ryk* se tabel 3.

Tabel 3. Parameterværdier for *ryk* og antal.

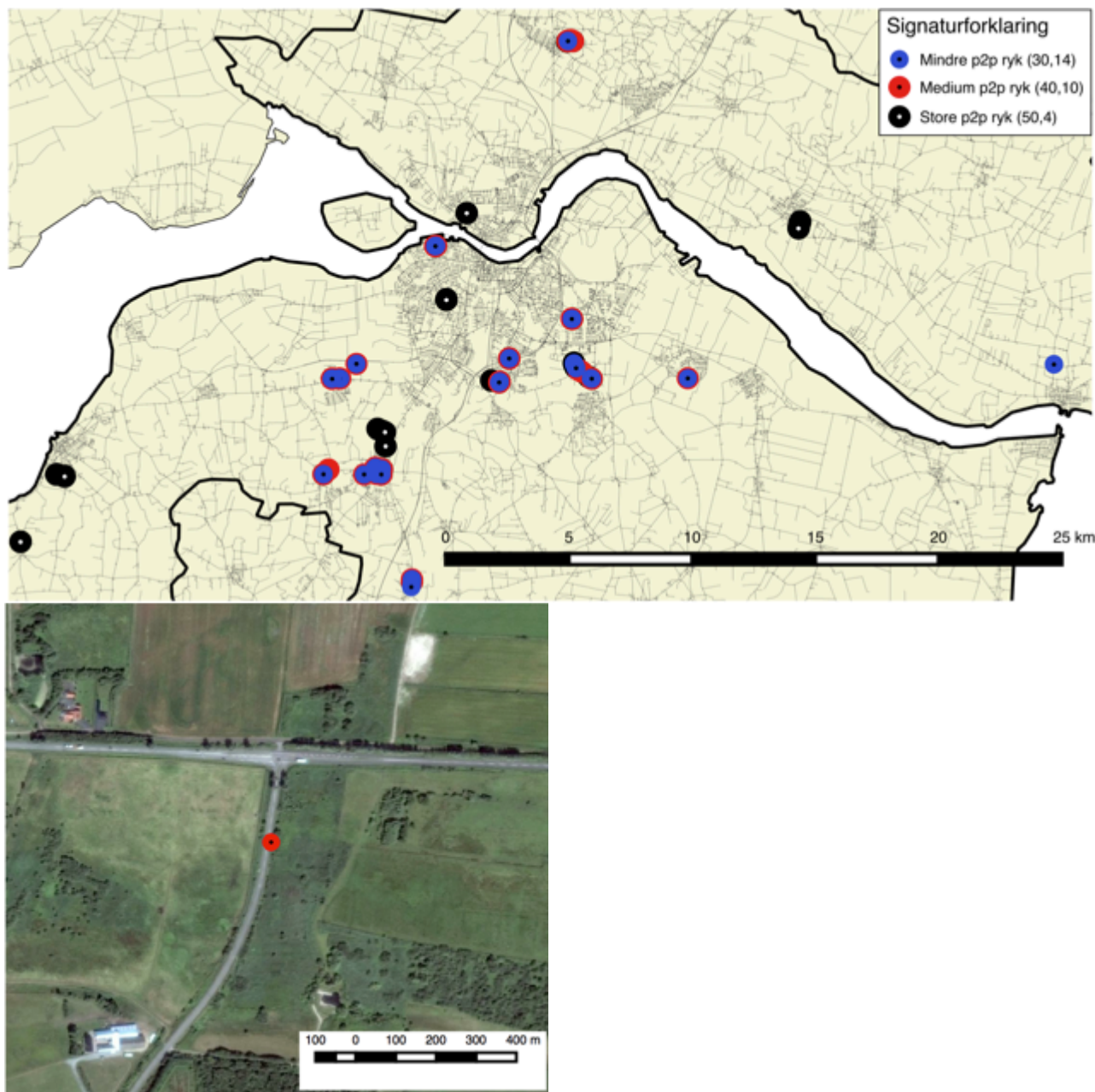
	Størrelse	Antal
Højt parameterværdi, lavt antal	25 m/s ³	2
Moderat parameterværdi, moderat antal	15 m/s ³	4
Mindre parameterværdi, højere antal	5 m/s ³	5



Figur 5. De fundne områder baseret på ryk. Tv. foroven: Lokaliseringen. Tv. i midten: Ny Nibevej/Kærvedgårdvej. Th. i midten: Nibevej/Halvkjærvej. Forneden: Sønder Tranders Bygade.

P2p ryk og PSP

En gennemgang af lokaliteter med koncentrationer af *p2p ryk* identificerer enkelte lokaliteter, der kan være PSP. Der identificeres dog også en større række lokaliteter, hvor vejunderlaget medfører store *p2p ryk*, uden at det med rimelighed kan forbindes med pludselige opbremsninger. De største *p2p ryk* har en del overlap med *ryk*, men ikke med *decelerationer*, der er fundet i analyserne. I endnu højere grad end *ryk* er *p2p ryk* registreret, hvor der er ujævnheder i vejnettet, som f.eks. grusveje, huller i vejene, brolægning samt bump/hævede flader, der ikke blev registreret i første omgang.



Figur 6. Det fundne område baseret på *p2p ryk*. Foroven: Lokaliseringen. Forneden: Kærvedgårdvej.

Baseret på de anvendte data kan der dog identificeres én lokalitet, hvor *p2p ryk* rimeligvis viser en PSP: På Kærvedgårdvej nær krydset med Ny Nibevej. *Rykkene* er dog lokaliseret 60-70 m fra selve krydset og på Kærvedgårdvej. Det ser ud til, at *p2p ryk* kan vise PSP, men også at de er meget påvirkelige af vejbelægningen. Se figur 6. For værdierne vedrørende *p2p ryk* se tabel 4.

Tabel 4. Parameterværdier for $p2p$ ryk og antal.

	Størrelse	Antal
Højt parameterværdi, lavt antal	50 m/s ³	4
Moderat parameterværdi, moderat antal	40 m/s ³	10
Mindre parameterværdi, højere antal	30 m/s ³	14

Foreløbige resultater, det videre arbejde samt perspektiver

Foreløbige resultater

Det har vist sig, at være en udfordring at udpege PSP baseret på FCD. Dels har datakvaliteten ikke i alle tilfælde været tilstrækkelig høj. Endvidere har det vist sig, at *ryk* og i særdeleshed $p2p$ *ryk* er meget påvirkelige af vejens overflade. Selv mindre ujævnheder som brolægning og passage af broer giver markante udslag i de to parametre, hvor *decelerationer* ikke giver de samme udslag. Baseret på denne undersøgelse, er det tvivlsomt, om analyser direkte på *decelerationer* kan anvendes til identifikation af PSP. *Ryk* synes at kunne anvendes til identifikationen, omend antallet i denne analyse er for lavt til at sige det med sikkerhed. Til gengæld er det usikkert, om der opnås mere entydige resultater af at vælge $p2p$ *ryk* fremfor *ryk*. Baseret på figur 3, bør $p2p$ *ryk* give det bedste resultat, men artiklens analyser viser, at $p2p$ *ryk* er ekstremt følsomme overfor vejens belægning og evt. ujævnheder, hvilket påvirker den praktiske anvendelighed af disse data.

Sammenfattende viser artiklen, at det ikke sandsynligt, at *decelerationer* er anvendelige til udpegningsarbejdet – simpelthen fordi de antagelig ikke er tydelige nok indikatorer for uventede opbremsninger. Dette bakkes også op fra litteraturen (Nygård 1999, Svendsen 2008). Det er muligt at identificere PSP med $p2p$ *ryk*, men da de er meget følsomme overfor ujævnheder i vejoverfladen bliver datamængden stor og den efterfølgende datasortering omfattende, hvilket bevirker at en udpegnings på baggrund af $p2p$ *ryk* næppe er praktisk håndterbar. Resultaterne tyder på, at *ryk* giver mulighed for at udpege PSP. Samtidig er *ryk* mindre følsomme overfor vejens beskaffenhed end $p2p$ *ryk*. Det er derfor plausibelt, at *ryk* er en anvendelig parameter til at basere udpegnings på.

Det videre arbejde

Fremgangsmåden for det videre arbejde med at anvende FCD til identifikation af PSP forventes at blive følgende to hovedretninger:

A: Fokus på enkeltobservationer, deres værdier og tætheden:

- Udtræk de 1.000 største *ryk* pr. køretøj for én seksmåneders periode, hvor det sikres, at alle *ryk* relateret til kendte bump og hævede flader ikke indgår i disse data.
- Foretage tæthedsanalyser.
- Identificere lokaliteter med høje koncentrationer af *ryk*.
- Minutiøs gennemgang af disse lokaliteter på kort og/eller Google Street View.
- Dette gentages med FCD fra en anden seksmåneders periode. En rimelig grad af genfindelse af lokaliteter udpeget pga. ovenstående fremgangsmåde for de to tidsperioder indikerer, at hypotesen kan verificeres.

B: Fokus på kæder af observationer omkring markante *decelerationer/ryk/p2p ryk*:

- Udtræk baseret på overskridelse af tærskelværdier fundet i litteraturen for *decelerationer* og *ryk* for en seksmåneders periode.
- Kontrollere for ændring i GPS-hastighed og for markante *decelerationer/ryk* i korte datakæder (f.eks. 1 sek. før og efter en markant *deceleration/ryk/p2p ryk*).
- Identificere lokaliteter med høje koncentrationer af *ryk*.
- Minutiøs gennemgang af disse lokaliteter på kort og/eller Google Street View.
- Dette gentages med FCD fra en anden seksmåneders periode som for hovedretning A.

Perspektiver

Potentialet i at udpege PSP og evt. sortpletudpegning baseret på forskellige datatyper er stort. Mængden af data, der indsamles er kraftigt voksende i takt med at telefoner, navigationsanlæg, computere køretøjer og mange andre enheder i stadigt højere grad indsamler data – også kendt som *Internet of Things* (IoT). Store firmaer som Google, Apple, Microsoft, TomTom og bilindustrien anvender allerede denne type sensordata til en række formål indenfor transportområdet, især med fokus på fremkommelighed og energiforbrug, samt for en del bilproducenters vedkommende relateret til automatisk tilkaldelse af ambulancer mv. ifm. ulykker. Sidstnævnte funktion er ligeledes under udvikling til generel udbredelse i samtlige køretøjer i EU om få år (Europakommissionen 2015). Trods den meget store mængde data, der i løbet af kort tid bliver indsamlet, så er det antageligt ikke muligt at få adgang til disse data; de fleste firmaer udvikler deres egne proprietære system, og opnår ikke fuld fordel af de store tilgængelige datamængder.

En anden vinkel på ønsket om at udpege PSP baseret på FCD er, at en meget stor del af trafikulykkerne med personskade er cyklistulykker uden en bilist som modpart, og uden stedfæstelse (Agerholm & Andersen 2015; Danmark Statistik 2015). Rimeligvis kan der også udtrages særlige bevægemønstre, når en cyklist involveres i en ulykke /alvorlig konflikt. Et supplerende værktøj kunne være at også cyklistdata blev anvendt, hvorved en langt højere andel af de faktiske sorte pletter kan identificeres. Derfor udvikles som en del af forskningsprojektet INDEV (InDeV 2015) en algoritme, der kan detektere, når cyklister og fodgængere involveres i en ulykke/et fald.

Tak til

Forfatterne vil gerne rette en tak til Det Frie Forskningsråd | Teknologi og Produktion for deres støtte til dette arbejde. Ligeledes skal der lyde en tak til personerne bag ITS Platform, der velvilligt har stillet data til rådighed. Endelig skal der lyde en tak til kollegaer og fagfæller i ind- og udland, som velvilligt har diskuteret forskellige aspekter af udpegningsproblematikken i almindelighed samt mørketalsproblematikken i særdeleshed.

Litteratur

- Adinaite, D.; Allsop, R; Jost, G. 2015; *Ranking EU Progress on Road Safety – 9th Road Safety Performance Index Report*. European Traffic Safety Council, Bruxelles.
- Agerholm, N.; Andersen, C. S. 2015; *Accident risk and factors regarding non-motorised road users: a central road safety challenge with deficient data*. Latin American Journal of Management for Sustainable Development; Vol. 2, nr. 2. ss. 102-111.
- Agerholm, N.; Lahrmann, H. 2012; *Identification of Hazardous Road Locations on the basis of Floating Car Data: Method and first results*. 25th ICTCT Workshop. Hasselt, Belgien
- Andersen, C. S. 2014; *Udpegning af risikolokaliteter på det tosporede vejnet i åbent land baseret på data om vejens karakteristika: Revideret udgave*. River Publishers, Aalborg. ss 1-220.
- Andersen, C. S.; Sørensen, M. 2004; *De forkerte sorte pletter - Sammenligning af normal sortpletudpegning og udpegning på baggrund af uheldsregistreringer fra skadestuen*, Dansk Vejtidskrift, vol. 81, nr. 10, ss. 20-24.
- Celis, P.; Bunton, T. 2009; *Udpeger vi de rigtige sorte pletter?* Trafik & Veje - Dansk Vejtidskrift, vol. 86, nr. 10, ss. 42-44.
- Danmark Statistik 2015; *Danmarks Statistik*. Hjemmeside for Danmarks Statistik. Tilgængelig på <http://dst.dk/da/>. Besøgt 7/7 2015.
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T. & Sørensen, M. 2009; *The handbook of road safety measure, 2nd edn*. Transportøkonomisk Institutt, Oslo.

eSafety Support 2010; *eSafetySupport.org Learn about eSafety Systems* [Hjemmeside for eSafety Support], [Online]. Tilgængelig på: <http://www.esafetysupport.org/en/welcome.htm>. Set 2/3 2010].

Europakommissionen 2012; *EU - Road safety - Statistics - accidents data* [Europakommissionens hjemmeside, [Online]. Tilgængelig på: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/index_en.htm. Set 11/12 2012].

Europakommissionen 2015; *eCall in all new cars from April 2018* [Europakommissionens hjemmeside, [Online]. Tilgængelig på: <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/ecall-time-saved-lives-saved>. Set 21/9 2015].

Hansen, D.; Lauritsen, J. M. 2010; *Identification of Black Spots for Traffic Injury in Road Intersections Dependence of Injury Definition*. Odense Universitetshospital, Odense.

Hydén, C. 1987; *The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique*. Department of Traffic Planning and Engineering, Lund Universitet, Lund, Sverige.

InDeV 2015; *In-depth Understanding of Accident Causation for Vulnerable Road Users*; Tilgængelig på: <http://www.indev-project.eu/>. Set 14/9 2015].

Kulmala, R.; Louma, J.; Nygård, M. 1999; *Impact of RDS-TMC receiver use on speed and other driver behavior*. 12th ICTCT workshop; Kaiserslautern, Tyskland.

Laureshyn, A. 2005; *Automated video analysis and behavioural studies based on individual speed profiles*. 18. ICTCT workshop, Lund Universitet, Lund, Sverige.

Lyckegaard, A.; Hels, T.; Rich, J.; Prato, C. G.; Kristensen, N. B. 2012; *Udviklingen i bilers passive sikkerhed - skadesgrad for førere af person- og varebiler*. Trafikdage på Aalborg Universitet. ss. 1-15.

Nielsen, K. T. 2014; *Hastighedsvariation og trafiksikkerhed – En undersøgelse af motorveje og veje i åbent land*. Kandidatspeciale fra Aalborg Universitet.

Nygård, M. 1999. *A Method for Analysing Traffic Safety with Help of Speed Profiles*, Tampere University of Technology, Tampere, Finland.

Peltola, H.; Anttila, V. 2007; *Can risky driving be measured?*. 6th European congress and exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Aalborg.

Plovsing, J.; Lange, A. 2009; *Færdselsuheld 2008*. Danmarks Statistik, København.

Rådet for Sikker Trafik 2015; *Fakta og statistik om ulykker*. Tilgængelig på: <http://www.sikkertrafik.dk/raad-og-viden/i-bil/doedstal.aspx>. Besøgt 7/7 2015.

Schepers, P.; Agerholm, N.; Amoros, E.; Benington, R.; Bjørnskau, T.; Dhondt, S.; de Geus, B.; Hagemester, C.; Loo, B. P. Y.; Niska, A. 2014; *An international review of the frequency of single-bicycle crashes (SBCs) and their relation to bicycle modal share*. Injury Prevention, Nr. 358.

Svendsen, M. S.; Tradisauskas, N.; Lahrmann, H. 2008; *Udpegning af potentielle sorte pletter via floating car data*. Trafikdage på Aalborg Universitet.

Svensson, Å.; Hyden, C. 2006; *Estimating the severity of safety related behaviour*. Accident Analysis and Prevention, vol. 38, nr. 2, ss. 379-385.

SWOV 2007; *The high risk location approach - SWOV Fact sheet*. 1st edn, SWOV, Leidschendam, Holland.

Thorson, O. 1970; *Metoder til udpegning af sorte pletter på vejnettet og til prioritering af uheldsbekæmpende foranstaltninger*. Rådet for TrafiksikkerhedsForskning, København.

Tøfting, S.; Lahrmann, H.; Agerholm, N.; Jørgensen, B.; Johannsen, L. V. 2014; *ITS Platformen: Udvikling af intelligent trafik*. Trafik & Veje, Vol. 94, Nr. 1, ss.12-15.

van der Horst, A. R. A. 1984; *The ICTCT Calibration Study at Malmo: A quantitative analysis of video recordings*. TNO Institute of Perception, Soesterberg, Holland.

Victor, T.; Bårgman, J.; Hjalmdahl, M.; Kircher, K.; Svanberg, E.; Hurtig, S.; Gellerman, H.; Moeschlin, F. 2010; *Sweden-Michigan Naturalistic Field Operational Test (SeMiFOT) Phase 1: Final Report*. SAFER Vehicle and Traffic Safety Centre at Chalmers, Gøteborg, Sverige.

Aalborg Universitet 2015; *DAISY*. Tilgængelig på: <http://daisy.aau.dk/its>. Set 14/9 2015].

Bilag 1: Placering af udvalgte analyselokaliteter

