

Thesis 357

Undersökning av de subjektiva parametrar som avgör konflikters
allvarlighet i trafik

En studie på konfliktteknik och trafiksäkerhetsindikatorer

Calle Andreasson

Trafik och Väg

Institutionen för Teknik och Samhälle

Lunds Tekniska Högskola

Lunds universitet



Copyright © Calle Andreasson

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5324)/1-77/2020

ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet

Lund 2020

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5324)/1-
77/2020

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 357

ISSN 1653-1922

Author: Calle Andreasson

Title: Undersökning av de subjektiva parametrar
som avgör konflikters allvarlighet i trafik

English title: The subjective factors that decide the severity
of traffic conflicts

Language Svenska

Year: 2020

Keywords: Trafiksäkerhet;Olycksdata;Konfliktteknik;Indikator;
Traffic safety; Accident data; Traffic conflict; Indicator;

Citation: Andreasson Calle, Undersökning av de subjektiva
parametrar som avgör konflikters allvarlighet i trafik. Lund,
Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och
samhälle. Trafik och väg 2020. Thesis 357.

Abstract:

Studier har visat att det kan göras bra bedömningar av trafiksäkerhetstillstånd och dess bidragande faktorer genom att studera konflikterna i trafiken istället för olyckorna. Genom att undersöka hur konflikterna i en trafikplats ser ut kan man få mer data och få den mycket snabbare än om man undersöker olycksdata. Genom att använda nya verktyg till datorer som djupinlärning kan man även lättare ta fram dessa konflikter från filmad trafik. Nästa steg är eventuellt att låta data och program göra analysen, men det är inte helt säkert vilka parametrar som ligger till grund för vad som gör en konflikt mer eller mindre farlig. Denna studie väljer att studera parametrarna som ligger bakom allvarligheten i en konflikt.

Genom att tillfråga experter inom området och hur de bedömer trafiksäkerhet presenterad för dem i videoform ges en bild av dessa parametrar. För att få ett test av dessa parametrar används analys på dessa konflikter med avseende på särskilt några utvalt intressanta indikatorer.

Slutsatsen är att dessa indikatorer fungerar väl men de har ändå vissa svagheter, subjektiv analys behövs i vissa fall och större studier behöver göras.

Trafik och väg

Institutionen för Teknik och samhälle

Lunds Tekniska Högskola, LTH

Lunds Universitet

Box 118, 221 00 LUND

Transport and Roads

Department of Technology and Society

Faculty of Engineering, LTH

Lund University

Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	3
Summary	5
1 Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	13
1.3 Avgränsning	14
1.4 Rapportens disposition	14
2 Teori, metod och material	15
2.1 Centrala teorier och begrepp inom området:	15
2.2 Empiri	16
2.3 Delfi-enkät	17
3 Litteraturstudie	24
3.1 Historia olycksdata	24
3.2 Konfliktteknik	24
3.3 Säkerhetspyramiden	26
3.4 Uppskattade indikatorer	28
3.4.1 Time-To-Collision	29
3.4.2 Time-to-Accident	31
3.4.3 T2	31
3.4.4 Post-Encroachment Time	33
3.4.5 Retardation	34
3.4.6 Delta-V	34
3.4.7 Subjektiva allvarlighetsgraderingar	37
3.5 Integrering av flera indikatorer till ett index	38
3.6 Validering av indikatorer	41
3.7 Undersökning med Delfimetoden	42

4	Resultat av Delfi-studie och analys	45
5	Diskussion och slutsatser	59
5.1	Resultatdiskussion	59
5.2	Metoddiskussion	62
5.3	Slutsatser	63
6	Referenser	66

Förord

Detta är ett avslutande examensarbete vid min utbildning till väg- och vatteningenjör på Lunds Tekniska Högskola. Arbetet genomfördes under år 2020.

Jag tackar ödmjukast till handledare, examinator och familj för deras tålamod, kompetens och välvilja.

Varberg, december 2020

Sammanfattning

Studier på olyckor för att bedöma säkerheten på enskilda trafikplatser och i trafiksituationer har varit metoden man använt under större delen av 1900-talet. Nu har forskningen och tekniken blivit mogen och börjat använda studier på konflikter istället för på olyckor. Men det finns många frågor om hur man ska använda videodata och andra verktyg för att bedöma konflikter. För att bedöma hur allvarlig en konflikt är behöver man indikatorer som är bra på att avgöra hur stor risk det är för att en olycka sker men även hur allvarlig olyckan är om den skulle inträffa.

Detta har lett fram till olika indikatorer som används enskilt eller tillsammans för att bestämma allvarligheten i trafikkonflikter. Detta examensarbete gör en litteraturstudie för att ge en tydlig bakgrund och en röd tråd fram till dagens forskning. Sedan görs en analys på filmade konflikter, för vänstersväng i fyrvägs korsning med Delfi-metoden, en undersökningsmetod där man tillfrågar experter i flera steg. En analys görs med hjälp av data från videoinspelning av trafikkonflikter och av resultaten från Delfi-studien.

Resultatet visar dels fördelarna och nackdelarna med de olika indikatorerna, dels några faktorer som bedömare använder i sina bedömningar och resultatet tyder på att subjektiva bedömningar kanske bör arbetas in i videoanalysverktyg.

Summary

During most of the 20th century studies were then carried out on accidents to assess safety in traffic areas and in traffic situations. Now the research and technology has matured and have started using studies on conflicts instead of accidents. But there are many questions about how to use video and other tools to asses conflicts. To asses how serious a conflict is, you need indicators that are good at assessing how great the risk is of an accident, but also how serious the accident is if it were to occur.

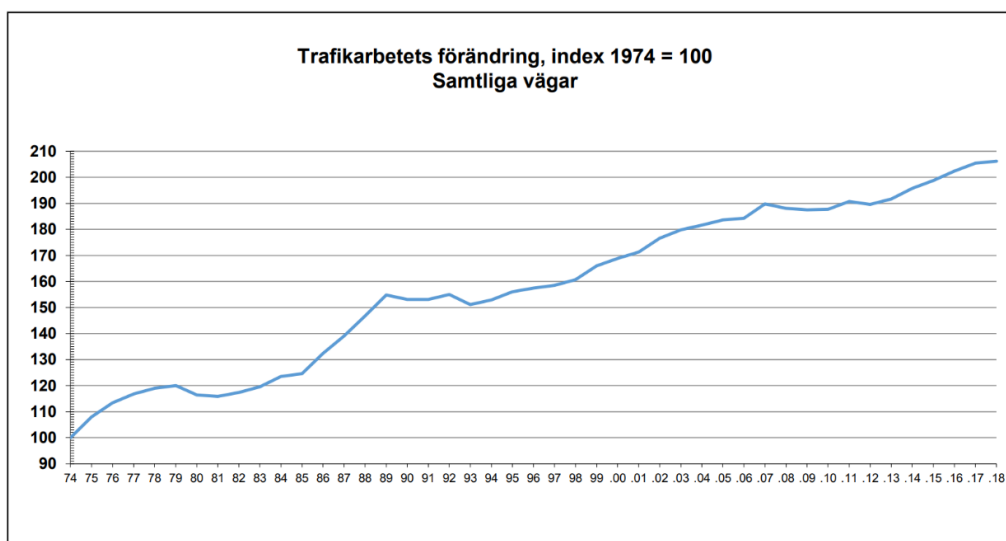
This has led to various indicators being used individually or together to determine the severity of traffic conflicts. This thesis does a literature study to provide a clear background and a common thread forward to today's research. Then a survey is carried out on filmed traffic conflicts using the Delphi-method, anonymously in multiple steps. Then an analysis is made on the results from the study and on the filmed trajectorie-data.

The results show both the advantages and disadvantages of the various indicators, as well as some factors that analysts use in their assessments and indicate that subjective assessments perhaps should be worked into video analysis of traffic conflicts.

1 Inledning

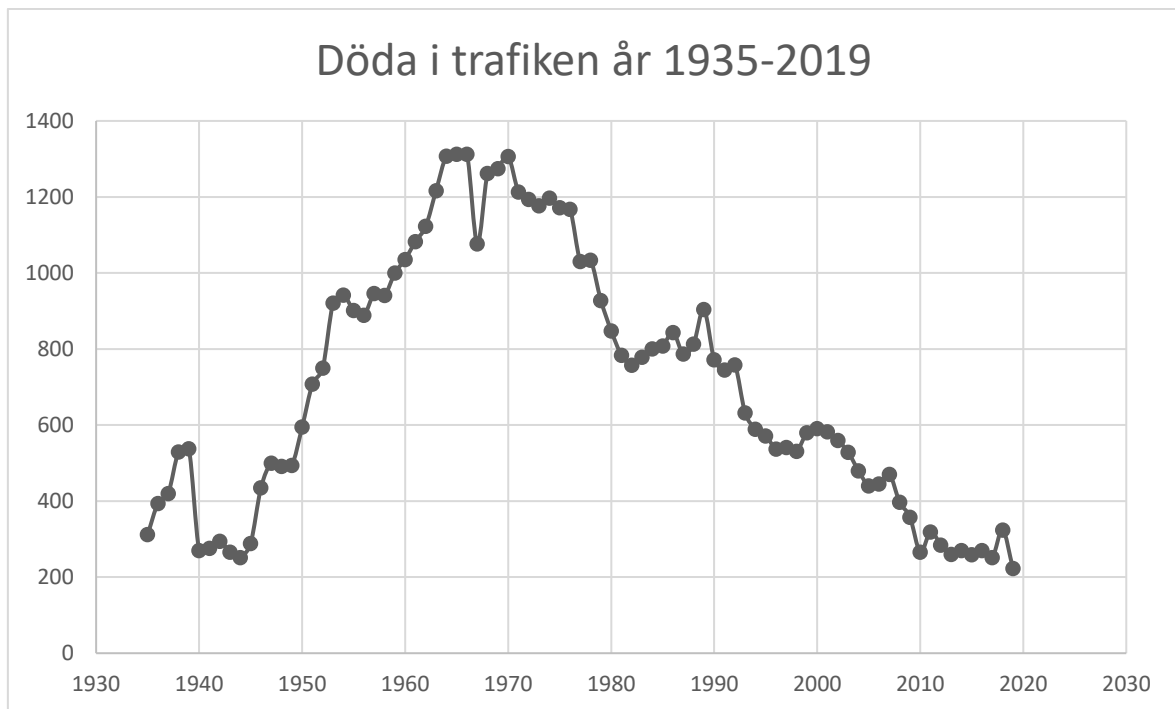
1.1 Bakgrund

Det stora problemet med fordonstrafik, som forskningen i stort sett försökt lösa sedan trafikens uppkomst på 1900-talet*, är säkerheten. Trafikflödet är möjligtvis grundfunktionen som förbättrar rörlighet, ekonomi och levnadsstandard, men även ur ett rent ekonomiskt perspektiv är säkerheten viktig. Trafikverket höjde 2018 värdet för ett statistiskt liv från 24 till 40 miljoner kronor (ORU, 2018) **. Det viktiga trafikarbetet måste kunna ske tryggt och säkert för att ge förare bra sätt att arbeta och en bra levnadsstandard. Och trafikarbetet ökar och ser ut att göra så i fortsättningen, se figur 1 (Trafikverket, 2019). Alltså är säkerhetsforskningen lika viktig som någonsin för att rädda fler liv och nå uppsatta trafiksäkerhetsmål.



Figur 1. Trafikarbetets ökning från 1974 till 2018, drygt en dubblering av trafikarbetet (Trafikverket, 2019).

*Första riktiga fordonstrafiken kan sägas uppkomma på tidigt 1900-tal eftersom det först var då man började massproducera bilar. Den första att göra detta var Ransom Olds 1901, men det var Henry Ford 1913 som riktigt fick fart på bilproduktionen med det första rörliga monteringsbandet. Första bilarna gjordes på 1800-talet och ett antal olika sorters motorer skapades och avlöste varandra (NE, 2020).



Figur 2. Döda i trafiken gick upp på 1900-talet med trafikarbetet, men är nu lägre än till och med krigsåren under andra världskriget på 40-talet då trafiken minskade mycket (data från Transportstyrelsen (2018) samt Trafikverket (2020a)).

Trafiken är komplicerad, trafikrummet är evigt föränderligt och unika situationer kommer uppstå varje dag. Vägar byggs om, trafikanter byts ut och beteenden förändras. Till och med vårt eget sinne ändras och påverkas av allt som händer runt om oss och i våra liv. Att lyckas resa flera mil varje dag i det farligaste transportsystemet-bilvägen, säkert, är något av ett modernt under. Ett under som vägutformaren tillsammans med trafikanten och fordonsproducenten skapat tillsammans. Arbetet har lett till minskade dödsfall trots det ökade trafikarbetet, se figur 2.

**VSL "värdet av ett statistiskt liv" är en värdering där nationalekonomer bland annat frågat skattebetalare vad de är villiga att betala extra för att rädda ett liv i trafiken och används av Trafikverket vid utformningsfrågor exempelvis. Ex: "Ska vi bygga en bro eller inte?". Om bron beräknas rädda *ett* liv under dess livslängd med kostnad 20 miljoner, ja då talar det för att man vill bygga den (ORU, 2018).

För att lösa säkerhetsproblemet måste forskare förstå vad det är som leder till osäkerhet, olyckor och dödsfall. För att göra det måste man mäta säkerheten, titta på konkreta fall och testa hypoteser. Efter det måste de resonera sig fram till lösningar på de många problemen. Förra seklet användes nästan uteslutande data från dödsolyckor i fordonstrafiken för att försöka förstå problem med exempelvis utformning av trafikplatser (Laureshyn, & Várhelyi, 2018).

Problemet är att data från dödsolyckor ofta är dålig med få till antalet sådana olyckor, många av dem rapporteras till olika myndigheter som är olika bra eller dåliga på att ge en tydlig bild av händelseförlopp och annan viktig information. Det tar ofta många år, om det någonsin går, att samla in tillräckligt med data för att ge statistiskt pålitlig information (Laureshyn m.fl., 2016).

Detta ledde till ett behov för trafikteknik med fokus på konflikter. Idag kan denna teknik användas bättre med hjälp av kameror och datorprogram som hanterar och sällar filmdata.

1.1.1 Viktig källa

Eftersom Laureshyn m.fl. (2016) gjort en djupgående litteraturstudie med sammanställning av de studier som finns för att göra studier på området bättre fokuserade på rätt saker och bättre jämförbara, har det arbetet varit den enskilt största källan till detta arbete. Därför rekommenderas intressenter att läsa detta dels breda, dels djupgående, arbete för en mycket bättre inblick i detta forskningsområde samt detta arbete. Arbetets namn, se även källor längst bak:

”Review of current study methods for VRU safety, InDeV: In-Depth understanding of accident causation for Vulnerable road users ”

Att förlita sig på en källa i ett arbete som detta är ofta inte sett som optimalt men eftersom denna källa drar så mycket från andra källor är det ändå en avvägning

som gjordes i arbetet att det är rimligt. Det viktigaste är att källan är pålitlig och har den information som söks.

1.1.2 Historik - forskning inom trafikkonflikter

Trafikteknik med fokus på konflikter började först komma till liv i slutet av 60-talet genom ett lag av forskare på General Motors. Men själva idén hade formats ungefär ett decennium tidigare. Efter att metoden snabbt visat på framgång blev den populär och 1977 bildades ICTCT (International Cooperation in traffic Conflict Techniques). Detta blev ett viktigt forum för forskare inom denna inriktning av trafiksäkerhet, ett forum som används än idag (Laureshyn, A. & Várhelyi, A., 2018).

ICTCTs första och ofta fortfarande gällande definition av trafikkonflikter var:

“A traffic conflict is an observable situation in which two or more road users approach each other in space and time to such an extent that there is a risk of collision if their movements remain unchanged” (Amundsen & Hyden., 1977).

På svenska:

“En trafikkonflikt är en observerbar situation där två eller fler trafikanter närmar sig varandra i tid och rum i sådan omfattning att det finns risk för kollision om deras rörelse förblir oförändrad”

Mot slutet av 90-talet blev användningen av trafikkonfliktmetoder mindre vanligt. Eftersom man använde sig av människor för att samla in data var det en långsam och kostsam process. Idag kan man använda avancerade automatiserade system för att göra videoanalyser vilket drastiskt kan sänka kostnaderna och sänka tidsramarna för analys (Laureshyn, A. & Várhelyi, A., 2018).

Särskilt västvärlden får det svårare och svårare att minska antalet allvarliga olyckor i trafiken, det räcker inte längre att förlita sig på olycksdata för att exempelvis nå nollvision som finns i Sverige. I ett område med många fler olyckor och mer trafik, i

exempelvis Sydostasien, kan olycksdata kanske vara en tillräcklig början för att hitta förbättringar som behöver tillämpas i trafiksystemet.

Idag använder sig fortfarande trafikexperter av människors subjektiva bedömningar för konflikters allvarlighetsgrader. Om man går mot mer autonoma bedömningar med hjälp av mjukvara kan man använda sig av mer komplett data, flera faktorer snabbare och billigare. Mer komplett analys av data, snabbare och billigare, kan visa på otaliga förbättringsåtgärder i trafiksystem och därigenom rädda otaliga människors liv.

1.1.3 Kort om autonoma fordon och trafikforskningens framtid

Automatiserade fordon är på allas läppar dessa dagar och med en helt automatiserad fordonsflotta där fordon som styrs av artificiell intelligens potentiellt har högre säkerhet än fordon med personförare hade kanske trafiksäkerhetens roll i projekteringsfasen av vägsystem minskat drastiskt. Men med ett enkelt tankeexperiment: att det skulle komma autonoma fordon till marknaden 2025, skulle detta ändå inte betyda att vägarna nu var säkra från mänskliga fel. Det skulle ta ett antal år innan alla bilar som såldes var autonoma, säg till 2035 i scenariot. Livstiden på bilar som inte är autonoma skulle förmodligen ligga på minst 15 år till, alltså skulle det ta fram till år 2050 innan hela fordonsflottan hade möjlighet att bli autonom. Om inte lagar införde ett tvång på autonoma fordon (för att de ansågs säkrare) skulle vanliga fordon vara kvar på vägarna ännu längre. Fram tills dess kan ändå otaliga människors liv räddas med konfliktteknik. Även efter ett sådant scenario skulle givetvis trafikteknik vara användbart. Men inte på samma sätt då de autonoma fordonen skulle behöva vara bra på att lösa problem även i dåligt utformade trafiksystem. Om de autonoma fordonen gör allt det "tunga lyftandet" behöver trafiksystemet inte göra lika mycket för att hålla trafikanterna säkra.

Andra utmaningar och möjligheter i utformning av trafiksystemen skulle komma med autonoma fordon, exempelvis minskat behov av parkeringsplatser. Detta ger

forskning inom trafik en lång livstid även om de eventuellt helt banbrytande autonoma fordonen kommer in på marknaden de närmsta åren. Det är också inget som säger med absolut säkerhet att självkörande fordon utvecklas helt och någonsin kommer ta över fordonsflottan. Dessutom kan implementering av nya lagar och publik opinion göra att självkörande bilar ligger ännu längre in i framtiden eller motsätts helt.

1.1.4 Nollvisionen

1997 blev det beslutat i riksdagen att nollvisionen är grunden för trafiksäkerhetsarbetet i Sverige. Den innebär att på sikt ska ingen dödas eller allvarligt skadas inom vägtransportssystemet.

Det är systemutformarna, alltså ofta trafikplanerarna, som har största ansvaret för hela systemets säkerhet. Trafikanterna har också ett ansvar att visa hänsyn och följa regler. Men om trafikanterna inte lyckas ta sin del av ansvaret är det ändå systemutformarna som måste vidta ytterligare åtgärder för att motverka att människor dödas eller allvarligt skadas i trafiken (Trafikverket, 2020b)

Som etappmål valde i februari 2020 regeringen målet att antalet omkomna i trafiken ska halveras till år 2030, allvarligt skadade ska minska med minst 25%. Utgångsvärden är medelvärden år 2017 till och med 2019. I absoluta tal är medelvärdet från dessa år 133 döda och 3100 allvarligt skadade. Detta konkreta mål sätter en fortsatt vikt på snabb och pålitlig trafiksäkerhetsbedömning av trafikplatser (Trafikverket, 2020b).

1.2 Syfte

Genom att arbeta fram de viktiga faktorerna i trafikkonflikter som påverkar allvarligheten kan de som forskar på området få ytterligare information att använda sig av. Förhoppningen är att det kan användas till hjälp när man tittar på sätt att ta fram automatiserade data från video på trafik, eller hjälpa forskare ta fram bättre trafikmodeller. En studie från idag, som denna, ger också en möjlighet att jämföra vissa resultat med äldre studier och antingen verifiera deras resultat eller göra nya motstridiga upptäckter. Detta är forskningens flöde där ny forskning alltid vill bygga på tidigare forskning och uppdatera och förbättra.

Det saknas kunskap inom trafikforskningen om vilka faktorer det är som gör att man subjektivt kan bedöma faran i en trafikkonflikt bättre än vad modeller kan (Kruysse, 1991). Det skulle kunna vara att man subjektivt tar in massan på fordon, hastighet, TTC och hur bra trafikanterna ser varandra mm. Genom fortsättning på tidigare forskning kan detta arbete ge en insyn i problemet med subjektiv och objektiv analys i trafikkonflikter. I längden är syftet bättre trafikkonfliktforskning och genom detta färre liv förlorade i trafiken.

Arbetet syftar till att ge de som behöver eller vill ha kunskapen om hur man bedömer trafikkonflikter den.

Videoanalys har konstaterats ha stora möjligheter att hjälpa trafikforskningen så att man exempelvis billigt och enkelt kan bedöma säkerhet vid trafiksituationer och trafikplatser. För att försöka förstå vilka faktorer som är viktiga i en farlig trafiksituation samt hur bra subjektivt människor är på att bedöma faran så valdes det att göra en Delfi-studie. Även om ett fåtal större studier med subjektiva allvarlighetsgraderingar gjorts innan kan kanske en Delfistudie, som dessutom väljer att titta på de nyare indikatorerna som forskare valt att rekommendera eller åtminstone valt att uppmuntra till nya studier att undersöka, komma med något nytt eller användbart.

1.3 Avgränsning

Arbetet undersöker konflikter som är relativt vanliga där gott om data finns tillgänglig. Konfliktyperna är fordon mot fordon. Ett annat arbete på samma institution görs med något liknande frågeställningar som detta arbete men behandlar oskyddade trafikanter.

Arbetet undersöker de subjektiva faktorer som i förstudien till arbetet (inklusive diskussion och forskning) valdes som viktigast för en trafikkonflikt. Några av de delar som valdes bort listas här:

- Fordons utseende med avseende till ålder och slitning. Mindre viktigt enligt diskussion med handledare.
- Validering kommer inte göras eftersom det inte finns nog med tid och eftersom det inte anses som huvudpoängen med arbetet.
- Storleken på studien måste vara relativt liten då det inte läggs monetära resurser på den samt att stor del av tiden kanske går till Litteraturstudien.

1.4 Rapportens disposition

Rapporten börjar efter inledning med en metodgenomgång av litteratursökningen och Delfi-studien. Sedan ligger en litteraturstudie där den forskning som stor del av arbetet utgår från beskrivs. Efter detta kommer resultat från Delfistudien och analysen. Avslutningsvis ligger diskussion av resultat och metod samt slutsatser med rekommendationer för framtida forskning. Längst bak ligger källhänvisningar.

2 Teori, metod och material

2.1 Centrala teorier och begrepp inom området:

Trafikant: Person eller fordon i trafiksystemet.

Oskyddad trafikant: Cyklister och gående eller andra i trafiken utan skydd från sitt fordon, inkluderat motorcyklister och mopedister.

Trafikarbete: Ett mått på trafikens belastning på vägnätet ofta uttryckt i fordonskilometer.

Trafikkonflikt: En situation i trafiken mellan två trafikanter, som kännetecknas vid allvarlig konflikt av att man ofrivilligt sätts i en farlig trafiksituation.

Trafiksäkerhetsindikator: En indikator för att hjälpa bedöma risken för att olyckor sker i trafiken.

Uppskattad (trafiksäkerhets)indikator: Indikator för att hjälpa bedöma allvarligheten i en trafikkonflikt, som beräknas från ingående data om ex. hastighet och riktning på trafikanter.

Delfimetoden: En metod för att samla in åsikter som bland annat använder flera steg och sker anonymt.

Subjektiva allvarlighetsgraderingar av trafikkonflikter: Bedömningar av allvarligheten i trafikkonflikt av bedömare för hand.

Självkörande fordon: Fordon som sägs i framtiden med hjälp av teknik kunna läsa av området runt bilen och köra utan förare som styr.

TTC: Time to collision är tiden till kollision ett ögonblick under en konflikt i trafiken. Från hastighet och avstånd räknas denna trafiksäkerhetsindikator fram. Vanligaste uppskattade indikatorn är minsta TTC under ett ögonblick i en konflikt, TTC_{min} .

2.2 Empiri

2.2.1 Ansats

Ansatsen i arbetet är kvantitativ det beskrivs vad som vill förstås och sedan försöks det förstå detta genom att undersöka samband ex. mellan variabler. Efter teorisamling ställs hypoteser upp om vilka variabler som kan vara korrelerade. Sedan görs en kvantitativ datainsamling i form av Delfi-enkät och trajektoriedata. Sedan görs en dataanalys och försök att svara på hypoteser. Detta arbete presenteras muntligt och i rapport.

2.2.2 Litteratursökning

Litteratursökning skedde med råd från handledare och inkluderade ett fåtal rapporter, exempelvis om Delfimetoden. En större källa som beskrevs i kapitel 1.1.1. användes som bas för att hitta andra källor och som källa självt, den rekommenderades från start av handledare. Eftersom det var en omfattande studie på studier på området, och relativt nygjord (2016), var den bra att använda som bas för studier på området. Handledare är Aliaksei Lareshyn.

Annan sökning som gjordes var genom förstasidan på Google Scholar, och genom förstasidan på Google om Scholar inte gav bra resultat. Dessa sökfraser användes för att hitta relevanta studier:

- Subjektiva allvarlighetsgraderingar (3 träffar i Scholar)
- Subjective evaluation on traffic conflicts (136 000 träffar i Scholar)
- Delta-V traffic conflicts (1100 träffar i Scholar)
- Indirekt indikator konfliktteknik (5280 träffar i Scholar)
- Surrogate safety indicator (106 000 träffar i Scholar)
- Den svenska konflikttekniken (73 träffar i Scholar)

-
- Deceleration traffic conflicts (26 900 träffar i Scholar)
 - Delphi method traffic conflicts (17 900 träffar i Scholar)

De ca 3–5 artiklar som verkar vara bra källor och verkar ha informationen som är mest i linje med arbetet har sedan lästs abstract på (urval 1). Av dessa har sedan 1-2 studier som kontrollerats att de svarar på uppsatsens syfte gjorts djupare studier av (urval 2).

Motiv till att exkludera ur urval ett och två är exempelvis att fokus på studien är något en annan studie redan gått igenom, att fokus ligger på en annan del av trafikforskningen eller ett helt annat forskningsfält. De kan också vara mer specialiserade på ett område som inte är av betydelse eller som inte finns plats/tid att gå in på i arbetet.

Mindre sökningar på exempelvis följande har med gjorts:

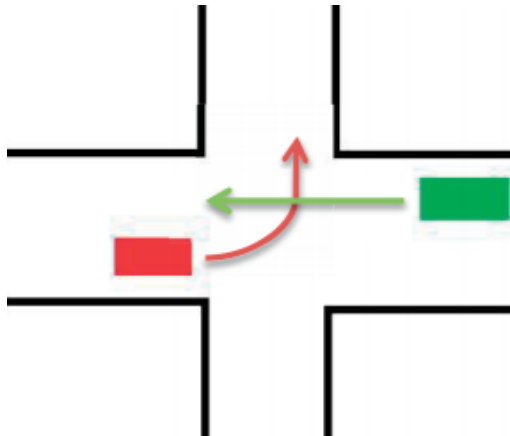
- STRADA
- ICTCT
- SSAM Surrogate Safety Assesment Model
- Dödstal trafik

2.3 Delfi-enkät

2.3.1 Material och förberedelser

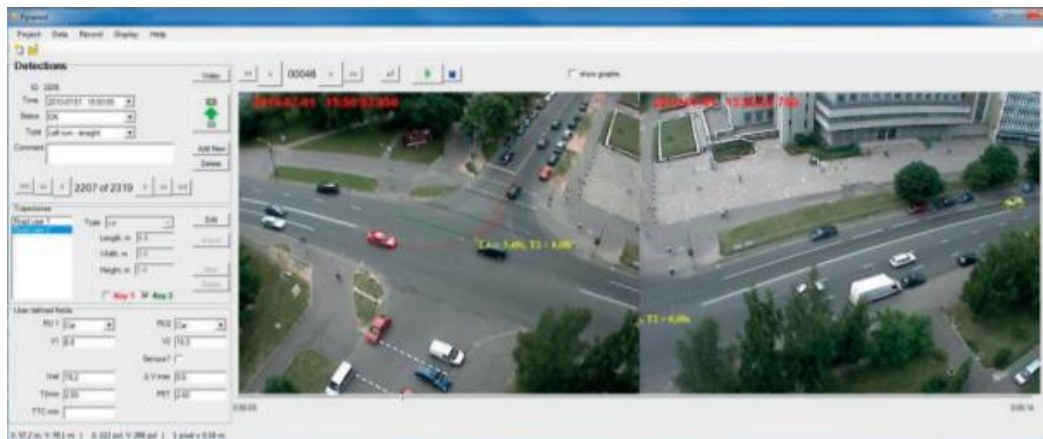
Underlaget i analysen är videoinspelningar från Minsk under en dag. Det är två kameror som gör att man kan se situationer i korsningen från två olika vinklar. De 16 situationerna är vänstersväng med mötande fordon, en situation som ofta leder till olyckor enligt NHTSA (2010), se litteraturstudien. Det är trafikljus i korsningen, gångtrafikanter korsar med fordonstrafiken i längdriktning. Många situationer börjar med att vänstersvängande fordon accelererar ganska långsamt in i svängen och att sedan kommer rakt framkörande fordon i hög hastighet och måste göra

undvikande manöver, enligt figur 3.



Figur 3 Schematisk bild, rött fordon svänger vänster i korsningen, grönt kör rakt fram.

Data från situationerna togs fram med hjälp av T-analyst. Ett semi-automatiskt verktyg utvecklat på Institutionen för Trafik och Samhälle på LTH. Det analyserar videomaterial och tar fram bland annat fordons riktning och hastighet. Man väljer vilka situationer man vill studera och verktyget analyserar fordonen genom att studera dem bildruta för bildruta och ger utdata i tabellform och grafer. Figur 4 visar hur det kan se ut i programmet.



Figur 4 T-Analyst, korsning i Minsk (Karlsson, 2014).

För Delfi-studien användes ett urplock av dessa situationer som ansågs variera i allvarlighetsgrad från *ingen fara*, till *liten allvarlighet/fara*, till *betydande allvarlighet/fara*, till *stor allvarlighet/fara*. Situationen som var helt ofarlig inkluderades mest för att ge ett grundvärde att jämföra med i Delfistudien. Den väldigt avvikande situationen med stort regelbrott togs med för att se hur väl

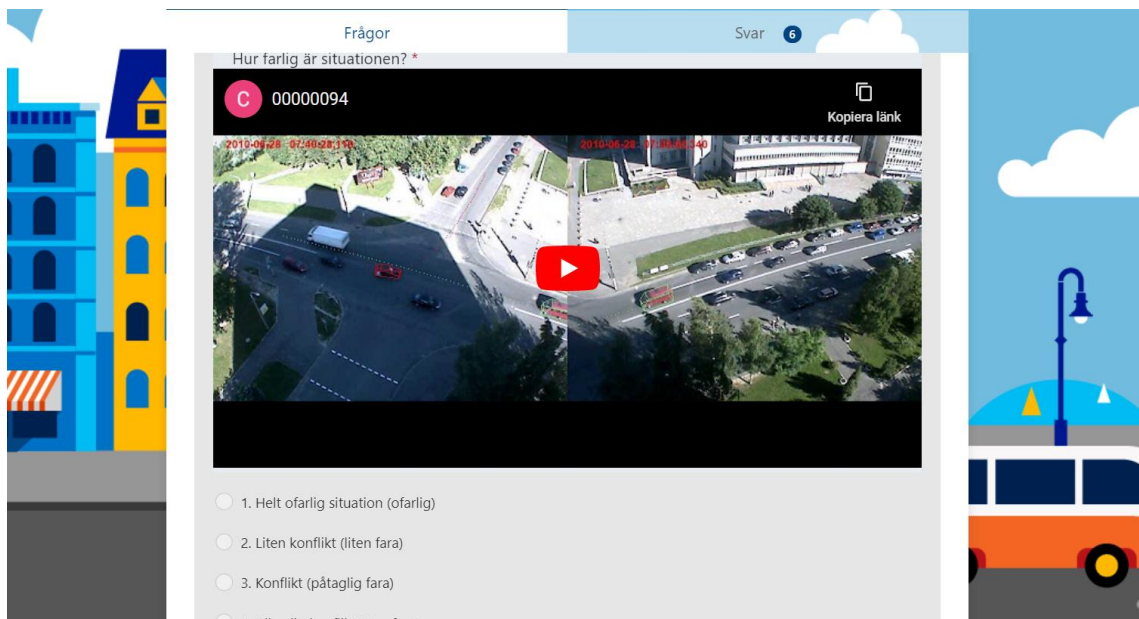
objektiva indikatorer kan ge bedömning på fara i en sådan situation och vad mänskliga bedömare tycker om faran i samma situation.

Eftersom varje situation ofta tar några minuter att se och göra en bedömning på i studien samt att studien upprepas och för att denna studie inte betalar pengar till de medverkande valdes att använda 16st situationer.

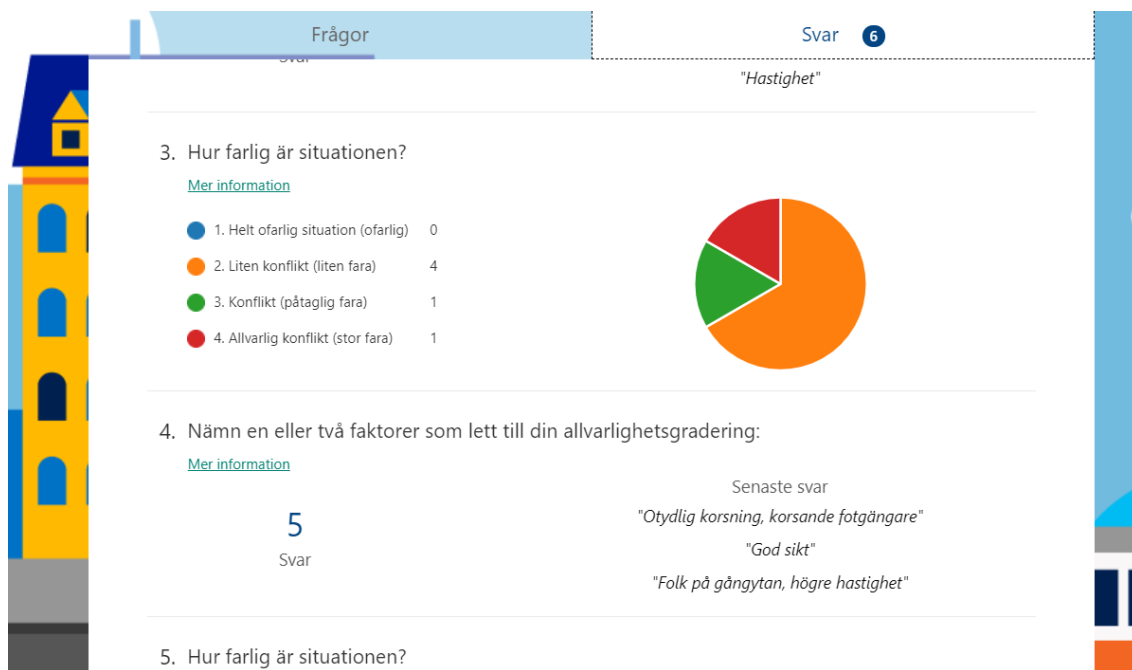
Som hjälp för att utföra Delfistudien samlades frivilliga deltagares kontaktuppgifter in från studerande vid Trafik och Väg på LTH, samt någon aktiv inom området.

Totalt var det 7st medverkande. Delfistudien brukar användas med experter som medverkande, studerande på området antogs kunna räknas som experter i vår (min och handledares) bedömning.

Studien utfördes med hjälp av Microsofts undersökningsverktyg Forms, se figur 5 och 6. Data från T-analyst och Delfistudien analyserades främst i Microsoft Excel.



Figur 5 Bild från svarsformuläret Microsoft Forms, video med konflikt och svarsalternativ.



Figur 6 Exempel på svar på situation, allvarlighetsgradering och faktorer, svaren fås även i mer detalj i Excelfil.

2.3.2 Delfi-studien gjordes genom att följa dessa steg:

1. Ta fram videofilmer på konflikter, lagom många för att besvaras flera omgångar och i olika allvarlighetsgrader för bra analys, med den valda situationen vänstersväng i korsning.
2. Samla in frivilliga att medverka i studien från studerande på Trafik och Väg på Lunds tekniska högskola samt någon som var personlig kontakt från tidigare studier vid samma program på LTH.
3. Göra en enkät i Microsoft Forms där de uppladdade videorna (uppladdade privat på Youtube.com) på konflikter kunde besvaras med en gradering på
 - 1-ofarlig
 - 2-liten fara
 - 3-påtaglig fara
 - 4-stor fara

De kunde också fylla i fritt vilka faktorer som låg bakom deras bedömning men detta var inte obligatoriskt, vilket graderingen var.

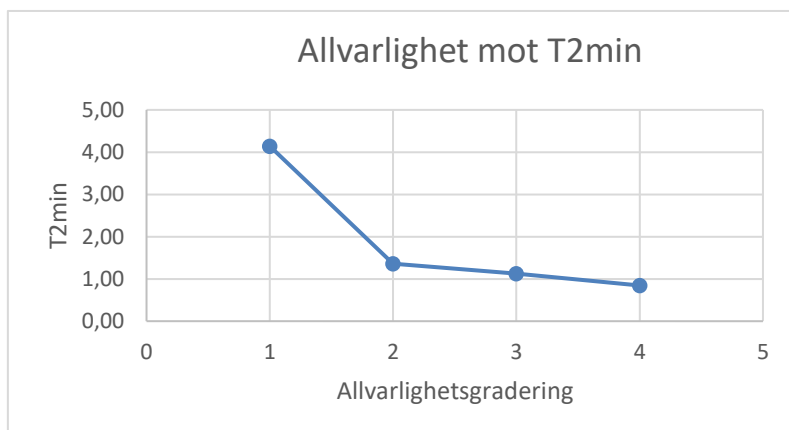
-
4. Enkäten skickades ut med anvisningar anonymt och besvarades, man kunde kontinuerligt se svar komma in via Microsoft Forms.
 5. När alla svarat sammanställdes svaren och sammanställningen skickades ut med samma enkät och situationer, denna gång kunde de se sina tidigare svar och de andras svar.
 6. När alla svaren samlats in togs det beslutet att lägga studien på is eftersom svaren visat på konvergens samt att tid för medverkande och projektet inte skulle gå för långt. De kunde nu analyseras för att se konvergens mellan omgångarna och mot indikatorer på data från det filmade underlaget.

2.3.3 Val under analys-arbetets gång

För att mäta konvergensen var tanken att använda Kendall's W men efter test insågs det att det inte passar in på denna sorts graderingar. Det är gjort för formulär där de besvarande gör rankningar i listform mellan objekt, istället för bedömning med fåtal graderingar som i detta fall. Exempelvis kan man använda konvergensmätningen när en grupp rankar de bäst vinerna på en lista med 10 viner och sedan kan rankningarna jämföras mellan omgångarna. Istället användes standardavvikelse på situationernas graderingar i omgång 1 och 2 för att se hur den ändrats.

Eftersom antal situationer är ganska få är datasamlingen efter samtal med handledare för litet att göra en multipel regressionsanalys eller på annat statistiskt säkert sätt se några samband mellan en eller flera indikatorer och allvarlighetsgraderingarna. Det som kunde göras var flera visuella jämförelser av svaren i Delfistudien mot enskilda indikatorer med linjär regressionsanalys. För att visualisera eventuella samband mellan graderingar i Delfi och indikatorer testades olika sätt. Exempelvis användning av mediangraderingen i Delfi mot

medelgraderingen av indikatorerna för den graderingen, se figur 7.



Figur 7 Test, medel T2min för mediangradering i Delfi.

Men resultatet med så här få situationer blev ottydligt och en bättre visualisering var att plotta ut situationerna med deras värden för indikatorer och medelgradering av Delfisvaren, se resultat. Detta verkar följa så som Delfi-metoden bör användas enligt Yousuf (2007), se litteraturstudien. Delta-V testades mot allvarlighetsgraderingarna men visade sig ha väldigt lite korrelation till graderingarna om någon alls. En viktig anledning är att Delta-V i sig inte tar hänsyn till inbromsningar. Inbromsningar föranleder en kollision nästan varje gång i verkligheten och bör vara något bedömare räknar med subjektivt.

Därför valdes att testa Delta-V4, även kallat förlängt Delta-V, där man räknar in en inbromsning på 4m/s^2 från ögonblicket en undvikande manöver startar, vilket motsvarar en ganska mjuk inbromsning i normal trafik. Man kan även titta på upp mot 8m/s^2 inbromsning vilket motsvarar ett konservativt maxvärde för inbromsning (Ceunynck m.fl., 2016). Men problemet med att räkna med maxvärdet 8m/s^2 är att du får ett urval av väldigt få situationer, som är väldigt allvarliga. De flesta situationer sållas bort och du får lite data att arbeta med. I de flesta situationer hade bilar hunnit stanna helt om man räknar med maxvärdet. Det är även svårt att veta exakt hur mycket någon bromsar i en situation för personer har väldigt olika reaktioner och inbromsningsbeteende (Ceunynck m.fl., 2016).

En typsituation, samt två situationer som tydligt sticker ut från de andra situationerna i hur de utspelar sig, valdes att studeras närmare. Det undersöktes ifall de objektiva faktorerna, som hastighet, förklarar de subjektiva allvarlighetsgraderingarna i dessa speciella situationer eller vad annat som kan ligga bakom graderingarna.

3 Litteraturstudie

3.1 Historia olycksdata

Traditionellt har säkerhetsanalyser på vägar och trafikanläggningar gjorts med data från tidigare olyckor. Detta innebär att man var tvungen att vänta på att olyckor skulle ske för att man skulle få in tillräckliga data för att kunna göra en analys av varför olyckorna skett.

I Sverige har vi använt oss av olycksdata från STRADA (Swedish Traffic Accident Data Acquisition) som i sin tur baseras på uppgifter från två källor, polis och sjukvård. 1996 gav regeringen dåvarande Vägverket i uppdrag att utveckla trafikskadestatistik till ett system att användas i trafiksäkerhetsarbetet, detta system blev STRADA. Med hjälp av datorprogram rapporterar polisen trafikolyckor med personskada rikstäckande sedan 2003. Akutsjukhus lägger upp uppgifter om alla som sökt vård för skada i vägtrafikmiljö och är rikstäckande sedan 2016 (Transportstyrelsen, 2020). Sverige är i denna aspekt bättre på att rapportera olyckor än många andra länder. Tyvärr rapporteras inte alla skador/dödsfall in och det kan bli problem med att rapportera in dubbelt. Andra länder förlitar sig ofta på endast sjukvårdsstatistik eller polisstatistik som i exempelvis stora delar av USA (Highways.dot.gov, 2020).

3.2 Konfliktteknik

Den moderna konflikttekniken startade på slutet av 60-talet med forskare som praktiskt applicerade den på General Motors i USA (Laureshyn m.fl., 2016). Försöken var lyckade och forskningsmetoden spreds snabbt. Först till en forskningsgrupp på TRRL i Storbritannien och sedan till ett på Lunds universitet i Sverige. 1977 grundas i Oslo ICTCT, International Co-operation in Traffic Conflict Techniques, idag International Co-operation on Theories and Concepts in Traffic

Safety. Internationella kalibreringsstudier organiserades framöver i Frankrike, Sverige och Österrike (ICTCT, 2020).

Vid slutet av 80 talet var konflikttekniken vanlig bland forskare och började användas operativt av till exempel Vägverket i Sverige. På 90-talet blev användandet av konfliktteknikerna mindre. Anledningen var att det kostade mycket pengar att samla in data eftersom allt arbete var tvunget att göras av människor, helst med expertis inom området eller med kortare utbildning. Men efter att säkerheten på vägarna i västländer ökat har data från olyckor därför minskat, detta tillsammans med ny teknik har gjort att intresset för konflikttekniker återigen har ökat (Laureshyn m.fl., 2016).

Subjektiv bedömning av trafikkonflikter har konstaterats att det verkar baseras på ett internt koncept för fara (Kruysse, 1991). Kruysse beskriver att alla människor kan göra bra bedömningar av fara om de får se från början av trafikkonflikten med trafikanternas banor som sedan möts.

Vidare säger Kruysse & Wijlhuizen (1992) att experter och icke-experter har samma möjligheter att bedöma konflikter eftersom de baseras på ett redan befintligt inre koncept. Om experter hade varit bättre på att bedöma fara hade det kanske berott på att de kunde förstå de olika delarna i en konflikt bättre. Men eftersom experter inte verkar kunna det borde det finnas ett system inbyggt i vår biologi som ger denna förmåga.

Konflikttekniken är användbar eftersom det är dyrt, svårt och tar lång tid att samla in tillräckligt med olycksdata för att kunna göra en bra riskbedömning av en trafikantläggning. I en vanlig svensk trafikantläggning i en småstad sker många konflikter varje dag men olyckor sker sällan. Tidigare forskning har visat att konfliktteknik är mycket bra på att ge en nulägesbeskrivning av risksituationen i tätortstrafik (Svensson, 1992). Att titta bara på exponering är inte en bra idé om man vill ha bra diagnoser och effektstudier, men kan användas för en enkel skattning av olycksrisken i ett system om man gör det för prioriteringssyfte enligt

Svensson (1992). Det finns ett visst belägg för att korsningar med mindre konflikter har större antal olyckor per konflikter enligt Svensson (1992).

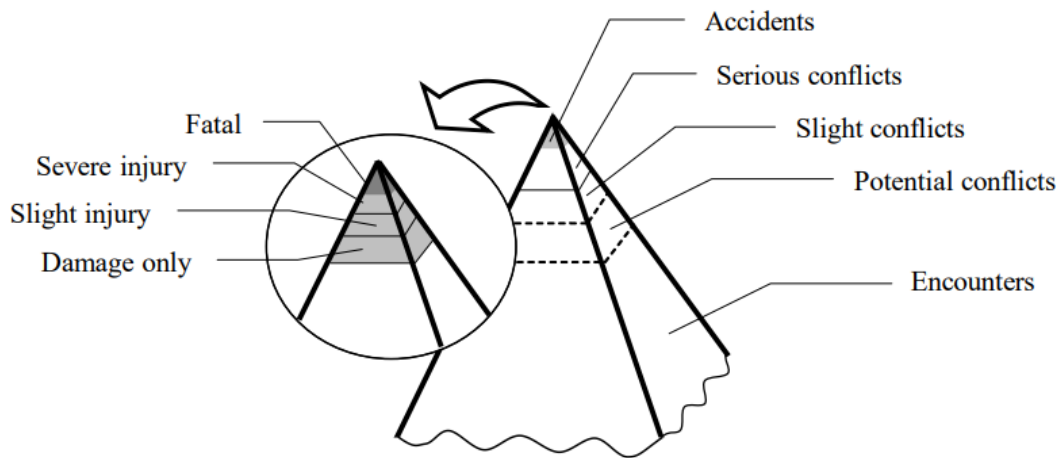
Konfliktteknikens ökade popularitet är ett faktum på grund av att man med hjälp av nya verktyg kan ta fram de situationer som är konflikter från video. Detta blir genast mycket svårare om konflikterna är mellan otydliga figurer, mellan gående och andra gående och om det redan är väldigt mycket trafik och trafiken kör aggressivt. Det är lättare att programmera så att konflikter tas ut om det väldigt sällan är figurer som är nära varandra i en korsning. Men i många länder är trafiken mer kaotisk och då behöver man använda mer sofistikerade metoder för att få ut denna data. Forskning som pågår nu och är värd att titta närmare på använder begreppet "Evasive action-based indicators" (Tageldin, 2016).

3.3 Säkerhetspyramiden

Säkerhetspyramiden är ett koncept som introducerades av Hydén (1987). Den visar hur trafik kan ses som en uppdelning av ett stort antal helt säkra passager och en viss proportionerlig andel farliga situationer och olyckor. Detta koncept formar också "basen" som den fortsatta konfliktforskningen står på.

Basen i själva pyramiden representerar de helt ofarliga passagera, som när två bilar möts på en väg med två körfält helt utan problem. Över dessa kommer de potentiella konflikterna, över dessa kommer små konflikter, allvarliga konflikter och till sist olyckor. Som figur 8 visualiserar är antal olyckor ofta en minimal del av totalt antal passager och konflikter. Ibland saknas det helt data på olyckor för en särskild trafikplats.

Även olyckorna kan sen delas upp när man tittar närmare på toppen av pyramiden, där materiell skada är längst ned och dödsfall högst upp. Det är framförallt dödsfallen som det satsas mycket resurser och hårt jobb på för att få ner dessa till noll. Detta är mycket tack vare den nollvision som antagits om dödsfall i trafiken.



Figur 8. Säkerhetspyramiden (Hydén, 1987)

3.3.1 Vänstersvägande fordon

Enligt NHTSA (2010) sker olyckor ofta vid korsningar eftersom det är där två eller flera fordon möts och interagerar. Många av dessa olyckor sker vid vänstersvägar, ca. två tredjedelar av olyckor i korsningar. Många av olyckorna sker på grund av mänskliga fel som missbedömningar av andras handlingar, missbedömning av hastigheter eller avstånd. Även aggressivt beteende, oförmåga att koncentrera sig och olagliga manövrar är vanligt speciellt vid vänstersväg med trafikljus. Dålig sikt och att missbedöma hastigheten av fordon i filen man korsar är vanliga orsaker till olycka.

3.3.2 Indirekta metoder för säkerhetsmätning

Istället för olycksdata talar exempelvis European Transport Safety Council, ETSC (2001) om att använda indirekta indikatorer som är kopplade till trafiksäkerhet men som inte kräver olycksdata.

En viktig sådan indikator är hastighet, högre hastighet gör att en trafikant har mindre tid att reagera. Och en olycka med höga hastigheter blir allvarigare. En sänkning av hastighet med 1km/h ger en minskning med risken för en allvarlig

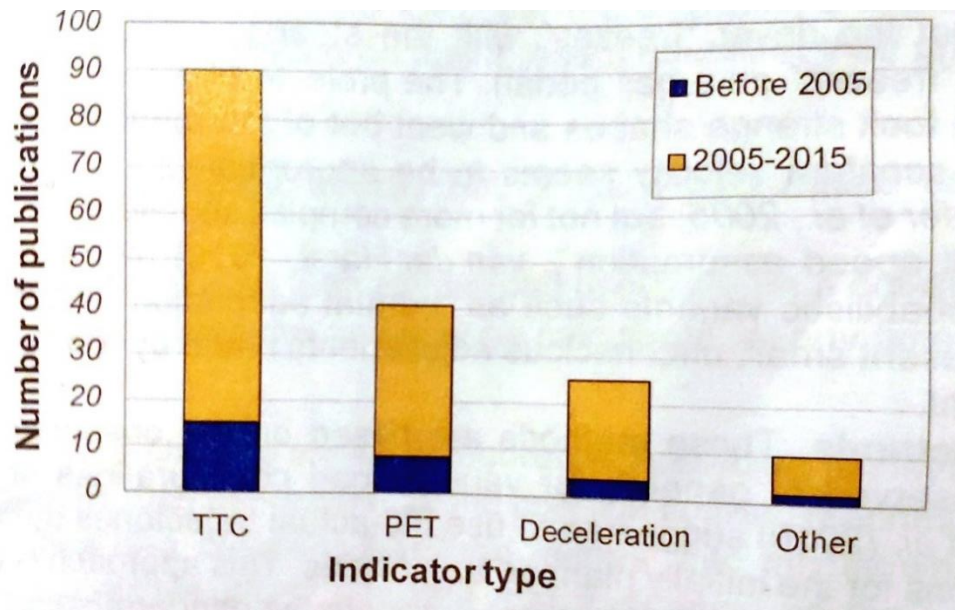
olycka med ca 5% (ETSC, 2001). Alkohol i trafiken är en annan viktig faktor för trafiksäkerhet, även vid små intag ökar risken för olycka avsevärt och olycksrisken är flera multiplar högre vid intag av alkohol. Andra indikatorer som ETSC nämner är bilbälte, barnstol och airbags som kan minska konsekvenserna av en olycka från 50 till 90 procent.

Att mäta dessa indirekta indikatorer kan ge en indikation på nationellt eller regionalt plan var säkerhetsbristerna finns och varför det sker så många dödsolyckor som det gör.

3.4 Uppskattade indikatorer

Uppskattade indikatorer använder observerade attribut ex. från två trafikanters banor, som hastighet, position och riktning, och gör några antaganden för att beräkna ett allvarlighetsvärde på konflikten. Det är mycket användbart med filmade trafikdata. Men det finns olika fördelar och nackdelar med olika indikatorer som forskningen tagit fram.

Enligt Lareshyn m.fl. (2016) kan man dela in ca 94% av indikatorerna i tre stora grupper, TTC, PET och hastighetsminskning/retardation (fram till 2015). Den vanligaste är TTC följt av PET och sen retardation. I deras övergripande studie av studiemetoder på oskyddade trafikanter gick de igenom alla studier de hittade på området fram till 2015 (Genom att söka på nyckelfraser i ett antal forskningsdatabaser samt genom Trafik och Vägs bibliotek på LTH, (på språken engelska, svenska och holländska) och delade in de i grupperna enligt figur 9.

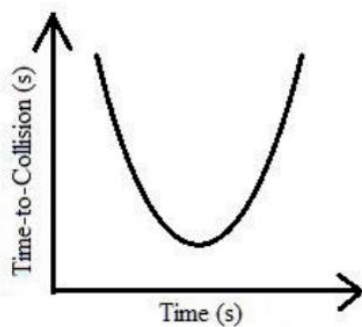


Figur 9 Antal publikationer i de olika indaktorgrupperna (Laureshyn m.fl., 2016)

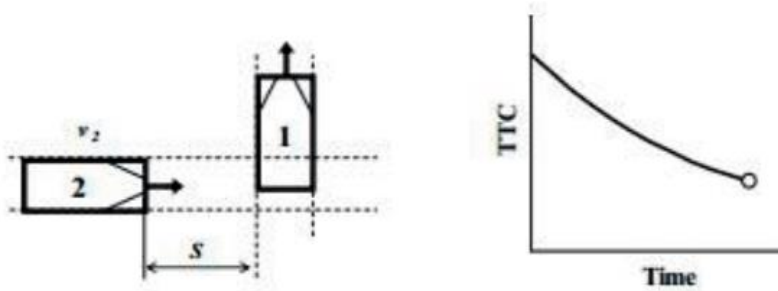
Till TTC-familjen räknas indikatorerna TTC_{min} , TA och T2 vilka förklaras nedanför.

3.4.1 Time-To-Collision, $TTC_{(min)}$ som allvarlighetsindikator av trafikkonflikt.

TTC introducerades av Hayward (1972) och är definierat som "Tiden det tar för två fordon att krocka om de fortsätter med deras nuvarande hastighet och riktning". Man kan se en konflikt från varje sekund där fordonen har banor som möts, då kan TTC börja med ex. 3.0 sekunder för att sedan minska till 1.6 sekunder innan bilarna viker/de/accelererar av kollisionsbanan. Då får du ett TTC_{min} värde på 1.6 sekunder och kan jämföra detta mellan konflikter och få en allvarlighetsgradering, se figur 10. TTC_{min} är den enskilt vanligaste uppskattade indikatorn (Laureshyn m.fl., 2016).



Figur 10 TTC, kurva där lägsta punkt ger TTC_{min} (Laureshyn m.fl. 2016).



Figur 11 TTC, kurva där lägsta punkt ger TTC_{min} men där kurvan avbryts utan att TTC ökar mot slutet (Laureshyn m.fl. 2016).

Viktiga egenskaper TTC har är (Laureshyn, 2016):

- TTC kan inte mätas direkt utan är beräknat med avseende på hur man tror rörelsen är i framtiden.
- Det kan beräknas bara så länge trafikanterna är på kollisionskurs.
- TTC är en kontinuerlig indikator och kan beräknas för vilket ögonblick som helst under en kollisionskurs.

En fördel är att det är ett enkelt sätt att få fram allvarlighetsgraderingar på konflikter. Konflikten med lägst TTC_{min} borde ungefär vara den allvarligaste konflikten.

Trots att den är användbar finns nackdelar med TTC. Till exempel kan två konflikter ha samma TTC men den ena konflikten kan ha tyngre fordon, tyngre fordon kan inte styra/bromsa lika snabbt och vid en olycka leder tyngre fordon till större skador och fler dödsfall (Laureshyn m.fl., 2016). Två olika konflikter med samma TTC kan också ha olika hastighet på fordonen, avstånden är högre, men om en olycka sker skulle det leda till mer skador. TTC räknar inte med skillnaden i allvarlighet om olyckan skulle uppstå.

TTC kan avbrytas när riktningar eller hastigheter precis gör att trajektorier missar varandra, se exempel i figur 11.

3.4.2 Time-to-Accident (TA) som allvarlighetsindikator av trafikkonflikt

Hyden introducerade Time-to-Accident år 1987, vilket är definierat som tiden kvar till kollision från ögonblicket den första undvikande manövern görs av en av trafikanterna. Det är alltså TTC från ögonblicket manövern görs.

Ett problem med TA är hur man ska bestämma exakt när en undvikande manöver startar. Med människor som avgör är det okej, men så fort man ska göra det till att en algoritm avgör i ett automatiskt system stöter man på problem. Exempelvis kan en bil accelerera först för att komma igenom en korsning och sen fortsätta accelerera men nu för att undvika en kollision. Vi kan som mänskliga observatorer tänka in oss i förarens situation och avgöra när denna ser att en kollision kommer hända och därför väljer att fortsätta accelerera för att hinna undan. En algoritm har mycket svårt att göra en bra bedömning i ett sådant fall och flera andra fall, det finns många svåra och unika fall. Den ganska tvetydiga definitionen av när en undvikande manöver startar gör att många anser att TTC är en mer objektiv indikator än TA. TA möter också liknande problem som TTC vad gäller olika fordons tyngd och vad som händer när fordon faktiskt krockar. Tyngre fordon ger allvarligare olyckor och har svårare att väja med samma TA som lätta fordon i samma situation, vilket inte beaktas med TA. Oskyddade trafikanter hade också varit några som fått mycket större skador vid kollision då de inte har något skyddande skal som tar upp rörelseenergin (Laureshyn m.fl., 2016).

3.4.3 T2 som indikator

T2 tar enligt Laureshyn m.fl. (2016) TTC konceptet något längre och skulle kunna vara användbart både som självständig indikator och som komplement eller ersättning till andra indikatorer. T2 refererar/betyder förväntade Tiden för den 2a trafikanten till den *potentiella* kollisionspunkten, se figur 12. T2 ha samma värde som TTC om det är direkt kollisionskurs på trafikanterna men kommer även ge värde när kollisionskursen tillfälligt bryts och det bara finns en potentiell

kollisionsplats där inget fordon kört igenom. Därför får du en kontinuerlig kurva om du plottar värdena, vilket ger en tydligare bild av hela konflikt-interaktionen i många situationer när hastigheten/riktningen ändras tillfälligt och TTC-kurvan hade brutits.

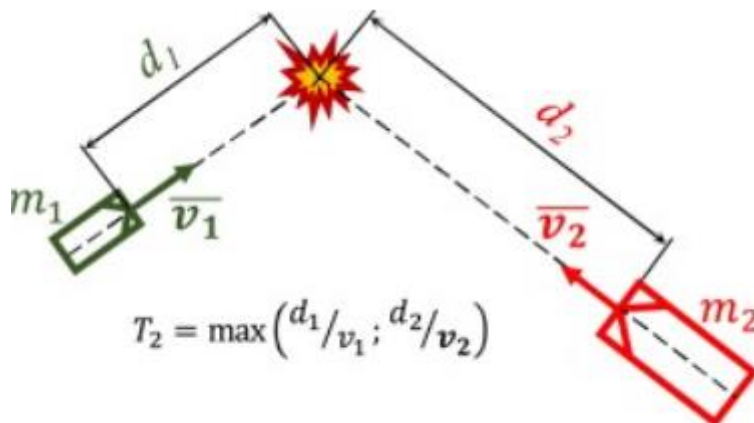
När den första trafikanten åkt förbi/igenom den potentiella kollisionspunkten ger T2 inget meningsfullt värde då kollision inte längre är möjligt.

Det minimala T2 under en konflikt, $T_{2\min}$ bör vara smidigt att använda som allvarlighetsmått eftersom (Laureshyn m.fl., 2016):

Ett: Situationer med stor tidsmarginal aldrig ger låga T2 värden och dessa bör inte vara farliga.

Två: Situationer med små marginaler i tid eller utrymme kommer ha låga värden och anses farliga, små skillnader i hastighet eller riktning hade kunnat leda till kollision.

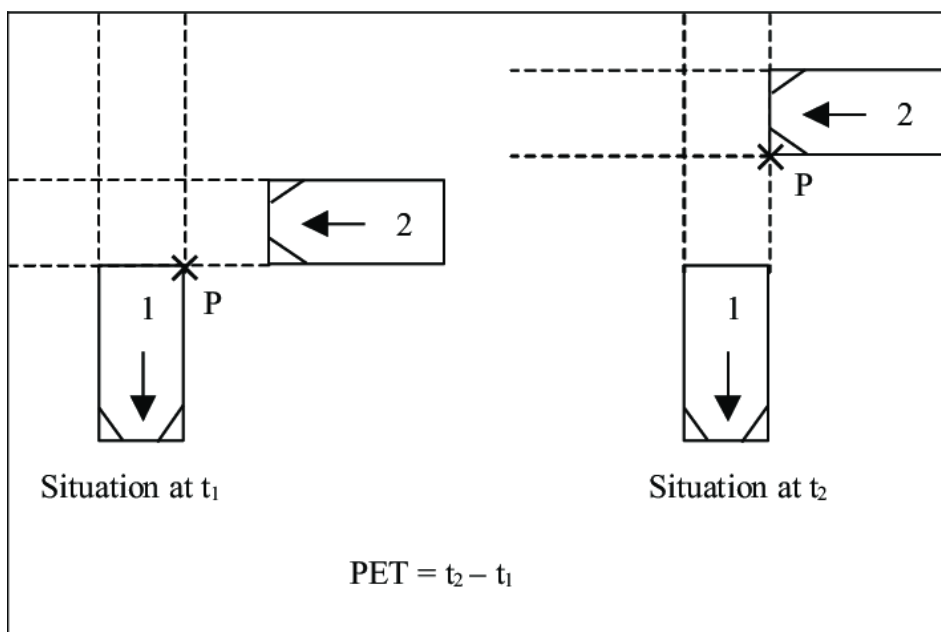
Tre: Vid kollisionskurs är T2 samma som TTC_{\min} , samt vid det sista värdet på T2 fås ett värde väldigt nära PET värdet, som beskrivs senare. Detta skulle ge en smidig övergång mellan indikatorer för kollisionskurs till indikatorer utan kollisionskurs.



Figur 12 Förenklad förklaring av T2 som koncept, Laureshyn m.fl. (2016b)

3.4.4 Post-Encroachment Time (PET) som allvarlighetsindikator av trafikkonflikt

PET, är ett mått som definierar hur nära två trafikanter varit på att kollidera. Man räknar ut det genom att ta tiden från ögonblicket det första fordonet åker ut från andra fordonets bana och till ögonblicket det andra fordonet åker in i första fordonets bana. (Laureshyn m.fl., 2016) Se exemplet figur 13. Den ger alltså först ett värde när fordon 1 lämnar kollisionszonen och andra fordonet åker in i zonen.



Figur 13. PET fordon 1 och 2 (Researchgate, 2020)

Efter TTC är PET den mest använda allvarlighetsindikatorn av trafikkonflikter. PET kräver ingen direkt kollisionskurs utan man kan få ett värde ändå. Från början introducerades indikatorn av Allen m.fl. (1978) som ett försök att lösa problemet med att TTC och TA ger ett oändligt stort tal då i en farlig situation kollisionskurserna missas med bara en bråkdel av en sekund. Dessutom påpekades det i samma dokument att en kollision oftast är en samling av flera händelser och att det krävs mer än en enskild konfliktindikator för att bedöma situationen tillräckligt bra, och PET var en av de introducerade indikatorerna. Den har större användning i USA, där den har sitt ursprung.

Cooper (1984) beskrev två studier som validerade att PET hörde ihop med antal olyckor. Han visade att PET generellt var bättre på att visa framtida olyckor än både tidigare olycksdata och trafikvolymdata.

3.4.5 Retardation/fartminskning

Den vanligaste undvikande manövern som görs av en trafikant är att minska farten (Hydén, 1987). Eftersom den är så vanlig kan den användas brett som indikator inom många trafiksituationer även när det inte finns en kollisionskurs (Laureshyn m.fl. 2016).

Flera retardationsindikatorer har föreslagits, DR, Deceleration Rate är magnituden ett fordon retarderar vid ögonblicket det börjar sin avvikande manöver.

Max D, Maximum Deceleration, är maxretardationen som är under något ögonblick i konfliktsituationen.

Problem med retardationsindikatorer är bland annat att vissa trafikanter misslyckas med att retardera i en situation och att beteende kring kraftiga inbromsningar skiljer sig kraftigt mellan trafikanter. En kraftig inbromsning för en trafikant kan te sig relativt normalt för en annan.

3.4.6 Delta-V som en mätmetod för allvarlighetsgraden av en trafikkonflikt.

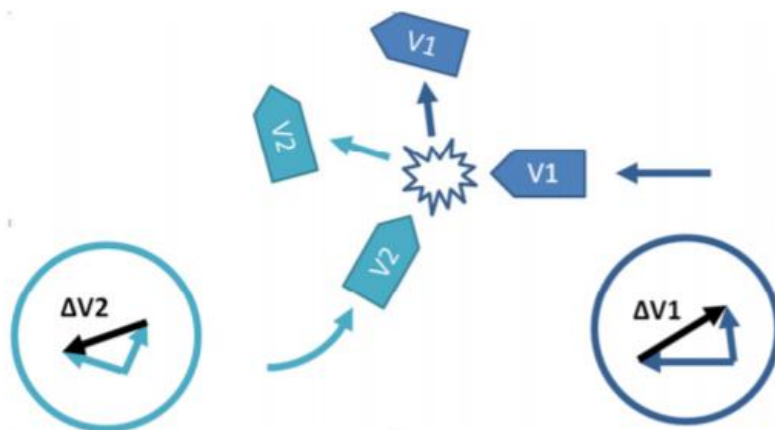
Delta-V, som oftast har sin användning inom fysiken, är skillnaden i hastighet i ett objekt före och efter en stöt eller kollision. Denna metod visade sig på 70-talet vara användbar inom trafikkollisioner. Fördelen med en ansats som Delta-V-metoden var att den mer sofistikerat kunde ge allvarlighetsgraden på olyckor. Den andra metoden som användes var mestadels bestämning för hand, en process som inte var lika tydlig (Shelby, 2011b).

Förenklat är ekvationen för Delta-V som följer. Fordon 1 med massan m_1 färdas med hastighet v_1 före kollision och möter fordon 2 som i detta exempel, figur 14,

rör sig med hastighet v_2 och massan m_2 . Skillnaden i hastighet för varje fordon före och efter kollisionen blir då Δv (delta-v). För att markera hastighet efter kollision läggs ett tilde ovanpå ($\tilde{}$).

$$\Delta v_1 = \tilde{v}_1 - v_1$$

$$\Delta v_2 = \tilde{v}_2 - v_2$$



Figur 14 Delta-V vektorerna vid kollision (Shelby, 2011b)

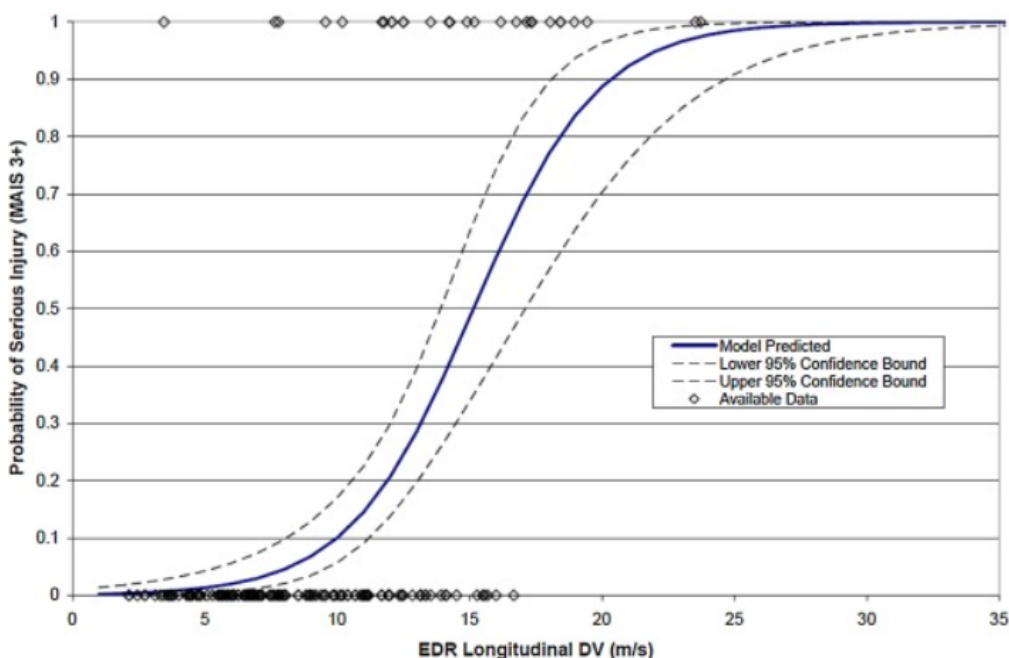
För att ta fram potentiellt Delta-V utan att en kollision har skett får du räkna på ingående hastigheter samt göra antagande på massa och hur pass elastisk kollisionen blir. En elastisk kollision är som när biljardkolor stöter i varandra och all rörelseenergi förblir rörelseenergi. En helt oelastisk kollision är vad som händer när två lerklumpar stöter i varandra och kroppen tar upp energin. Koefficienten för oelastisk kollision är 0.0 och motsatt 1.0 för helt elastisk, i praktiken hamnar du i fordonskollisioner mellan 0.1 för höga hastigheter och 0.4 för låga hastigheter. Detta på grund av att bilen krossas sönder mer och tar upp mer energi vid högre hastigheter. För att förenkla kan man räkna på helt oelastisk kollision men det ger ett ca 10 till 30 procent för litet Delta-V (Shelby, 2011b).

Fram till senaste decenniet har metoden bara använts med olyckor och olycksdata men nyligen har man börjat använda den till konfliktbedömningar. Runt 2010 blev den inkorporerad i konfliktanalysalgoritmerna i Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) (Shelby 2011 b). Fördelen med Delta-V är att den kan räkna fram ett värde

på ungefär hur illa kollisioner skulle bli i form av ekonomiska kostnader eller personskador. Det den saknar är förmågan att på egen hand kan få fram korrekt *när* en konflikt sker. Men den kan användas på data från ex. TTC eller TA för att ta fram hur allvarliga deras konflikter är genom att anta risk för kollision beroende på kritiska läget (minsta TTC eller TA) och ta data från det läget. Lägre TTC betyder större risk för kollision, större Delta-V betyder större risk för allvarliga skador. Det är viktigt inte bara hur många konflikter som sker på ett område utan också hur allvarliga konflikterna är (Shelby, 2011b).

Den är speciellt bra att ha använda för konflikter mellan olika trafikslag eftersom olika trafikslag har olika vikt som då leder till olika allvarliga kollisioner. Exempelvis mellan lastbil och bil eller mellan fordon och oskyddade trafikanter (Laureshyn m.fl., 2016).

Gabauer och Gabler (2006) bland andra har visat att förhållandet till allvarliga skador följer en logaritmisk regressionskurva enligt figur 10 (Laureshyn m.fl., 2016 b).



Figur 15 Illustration som visar förhållandet mellan Delta-V och sannolikheten för en allvarlig skada (Ceunynck m.fl., 2016).

3.4.7 *Subjektiva allvarlighetsgraderingar*

Många av existerande trafikkonfliktmetoder använder både objektiva data och subjektiva graderingar som ska visa hur allvarlig en konflikt är (Laureshyn m.fl., 2016). Det verkar som att det är svårt att komma bort från användningen av personliga bedömningar trots den uppenbara nackdelen att subjektiva bedömningar eventuellt inte är pålitliga på samma sätt som objektiva data.

Det verkar som att människor har ett internt sätt att bedöma fara i en konflikt. Exempelvis har man sett liknande bedömningsförmåga när man jämfört bedömningar från experter och lekmän. Individuella observatörer ger också oftast samma bedömningar om du visar samma konflikt idag och en tid senare. Särskilt i de allvarligaste situationerna verkar samhörigheten mellan observatörer i fält vara hög (Laureshyn m.fl., 2016).

Försök har gjorts att ta reda på de objektiva faktorerna som avgör om en bedömare säger att situationen är farlig. Shinar (1984) bad observatörer att skriva vilka objektiva faktorer som utgjorde grunden för deras allvarlighetsgraderingar. Korrelationen mellan allvarlighetsgraderingarna och de objektiva faktorerna/objektiva graderingarna som valdes som bas var mycket liten. Alltså var observatörerna dåliga på att förstå de objektiva faktorerna som låg till grund för deras subjektiva bedömningar av faran.

Samma sak skedde när Kruyssen och Wijheizen gjorde undersökning och bad observatörerna förklara den objektiva grunden till deras bedömningar. Korrelationen var för dålig för att ge några tydliga resultat även om de subjektiva bedömningarna från olika observatörer stämde överens (Laureshyn m.fl., 2016).

Relationen mellan subjektiva allvarlighetsgraderingar och de objektiva faktorerna är svår att separera eftersom de flesta validerande studier på konfliktbedömningar gjorts med båda i kombination. Med den strikt objektiva delen av svenska konflikttekniken visade Svensson (1992) hur förutsedda värden hade lägre variation

för konflikter baserade på subjektiva bedömningar, även tydligare var resultatet när oskyddade trafikanter var inblandade.

Med förbättringen av videoanalysverktyg har det blivit ännu tydligare att de subjektiva bedömningarna hade en viktig roll i konfliktbedömningstekniken. Observatörer tenderar att exempelvis sätta högre graderingar i konflikter med oskyddade trafikanter genom att ändra på värden som hastighet och avstånd (utan att objektiva data stöder det) (Laureshyn m.fl., 2016). Många observationer där trafikanternas banor aldrig överhuvudtaget möts görs ofta om omedvetet av observatörer så att om det är nära nog kan det bli höga graderingar. De avvikande manövrarna som ögat verkar kunna plocka upp i realtid på plats är mycket svårare för ett videoverktyg, med data från hastighetsförändringar, att plocka upp.

3.5 Integrering av flera indikatorer till ett index

Fördelen med att kombinera flera indikatorer till ett index är att det potentiellt kan beskriva ett händelseförlopp bättre och ge en bättre bild av de verkliga händelserna genom hela trafiksituationen. Problemet är att enkelheten med att bara använda enskilda indikatorer eventuellt förstörs och därmed hade man istället eventuellt kunnat använda mer komplicerade enskilda indikatorer redan från början. De är heller inte generellt utformade för filmade data. De integrerade system som används idag är ex. svenska konflikttekniken baserad på TA och konfliktastighet och DOCTOR baserad på TTC_{min} och PET (Laureshyn m.fl., 2016).

3.5.1 Den svenska konflikttekniken

Den utarbetades först 1976 och har sedan länge utvecklats på Lunds Tekniska Högskola. Den har använts i Sverige och andra länder med stora fordonsflöden men även i utvecklingsländer med mer blandad och ostrukturerad trafik, anledningen att den fungerar väl i båda lägena är att den är relativt enkel och billig att använda (Laureshyn m.fl. 2016).

De följande sakerna karakteriserar enligt Laureshyn m.fl. (2016) den svenska konflikttekniken:

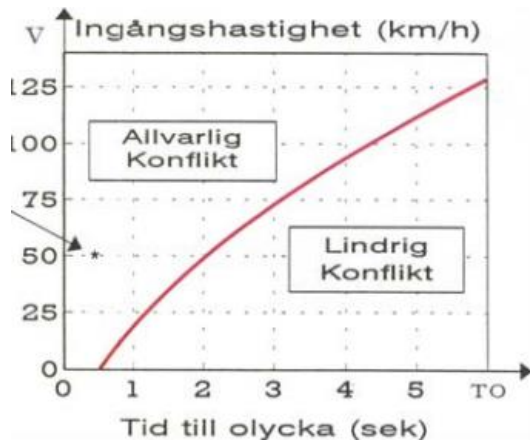
- Att det finns en kollisionkurs
- Att det finns en avvikande manöver för att undvika olycka
- Antagandet att interaktionerna mellan trafikanter är kontinuerliga säkerhetsrelaterade händelser. Vilket leder till att man borde kunna se händelser som olika nivåer i en säkerhetshierarki exempelvis säkerhetspyramiden.

När metoden utvecklats har det upptäckts att det var viktigt att titta på de allvarliga konflikterna eftersom interaktionerna i dessa närmare följer interaktionerna som föranleder en olycka (Laureshyn m.fl., 2016).

Första versionerna var något enklare och ser kanske därför fortfarande mycket användning. Baserat på filmade konflikter såg Hydén (1977) att nästan inga trafikanter medvilligt satte sig i en situation där Time to Accident, TA var under 1.5s. Därför valde han att sätta TA för allvarliga konflikter till $TA < 1.5s$.

Hydén tog från början fram konfliktkategorier som delades upp i 12 celler men sammanfogades sedan till fyra celler för att få statistiskt pålitliga resultat med de begränsade data han hade att arbeta med då. Denna metod använde sig inte av konfliktshastigheten annat än för att räkna ut TA.

De metoder som utvecklats från denna använder ofta konfliktshastigheten samt TA för att ge en graf/matris som nedan, ofta med flera allvarlighetsgraderingar på konflikterna. $TA < 1.5s$ ersattes för att fungera bättre utanför urbana platser med hastighetsberonde kurva, se figur 11, baserad på max inbromsning (på något fuktig asfalt). En säkerhetsmarginal på 0.5s är medräknad (Laureshyn m.fl., 2016).



Figur 16 Graf med konflikthastighet och TA som inparametrar för att få ut om konflikten är allvarlig. Punkten i grafen visar TA=0.5s och Hastighet 50km/h vilket ger allvarlig konflikt (tft.lth.se., hämtad 2020).

3.5.2 DOCTOR

- the Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Research

Utvecklad i Nederländerna definierar denna metod en kritisk situation som då en trafikant har för lite plats att manövrera, för att tillåta en normal reaktion. Om någon av trafikanterna måste göra en manöver för att undvika kollision räknas det som en konflikt. Även när två trafikanter möts väldigt nära utan att någon gör denna manöver räknas det som en konflikt eftersom en liten manöver eller felmarginal skulle leda till olycka. Konflikter rankas från 1 till 5 och 5 är olycka. Den tar i beaktning risken för att en olycka sker samt allvarligheten om olyckan hade skett (Laureshyn m.fl., 2016).

En observatör avgör hur allvarlig olyckan hade varit ifall den inträffade, exempelvis om det är hög hastighet på en bil som är i konflikt med cyklist skulle allvarligheten vara hög. TTC_{min} och PET värden ger hur stor sannolikheten är för olycka att ske. Sedan tar du dessa värden med allvarlighetsgraderingen och får en siffra (1-5) från tabell som du kan jämföra med andra konflikter och data från andra korsningar, samt validera mot olycksdata (Laureshyn m.fl., 2016).

Problem med att avgöra exakt när en trafikant har för lite plats att manövrera gör metoden förmodligen svår använd i videoanalys.

3.6 Validering av indikatorer

För att mäta säkerhet behövs olycksdata eller konfliktdata och en indikator att mäta. För att validera behövs mycket data och sedan helst kontinuerlig validering över tid. Avsaknaden på stora databaser med insamlade data har länge varit ett problem. Med hjälp av videoinspelningar har detta problem minskat.

Det ska nämnas enligt Laureshyn m.fl. (2016) att validering är något man försöker uppnå men sällan kan uppnå till 100 procent. Det är inte ett "ja" eller "nej" utan fråga om en grad. Om en valideringsgrad räknas som tillräcklig beror då på hur man argumenterar, diskuterar och går med på, snarare än en särskild nivå.

Produktvalidering hanterar hur väl en indirekt trafiksäkerhetsindikator lyckas uppskatta det förväntade antalet olyckor. Enligt Hauer och Gårder(1986), som undersökte TCT är det inte en indikator man ska tro kan se framtiden, "det borde vara klart att presterandet av TCT inte borde bedömas avseende sin förmåga att förutse *framtida* olyckor. Antal olyckor som kommer ske i framtiden kan inte bli förutsett bättre än ett tärningskast." (översatt citat). Så Laureshyn m.fl. (2016) motiverar att en säkerhetsindikator borde jämföras med andra metoder ex. olycksdata eller exponering(trafikvolym) och jämförelser borde vara mellan uppskattningars varianser.

Det saknas fortfarande bra validering av många indikatorer. Exempelvis är valideringsprojekt av TTC trots den utbredda användningen av TTC som indikator väldigt få. Den enda studien som validerar TTC med helt automatiserade mätningar av TTC, är Sacchi m.fl. (2013). Kombinationen med TTC och subjektiva åsikter med mänskliga observatorer är standardutförandet vilket kan påverka pålitligheten (Laureshyn m.fl., 2016).

3.7 Undersökning med Delfimetoden

Delfimetoden är en metod som från början användes för att göra olika sorters prognoser i USA:s militär. Utvecklat av forskningsinstitutet Rand Corporation och namngett efter oraklet i Delfi har det sedan dess använts inom många olika forskningsfält (Helmer & Dalkey, 1999)

Metoden används för att på ett bra sätt få användning av åsikter när fakta inte räcker till eller är tillgänglig. Genom att kombinera och på ett genomtänkt sätt använda åsikter från en grupp experter som fått arbeta igenom Delfi-omgångar flera gånger får man gemensamma åsikter eller svar som reflekterar kollektivet av experter (Helmer & Dalkey, 1999).

Rent praktiskt skickar man ut frågeformulär anonymt och enskilt till experterna. Därefter svarar de och lämnar in till forskaren som sammanställer deras svar på ett tydligt sätt. Sen gör man en ny omgång där man skickar ut formulär med frågor och även sammanställningen av experternas svar. Nu får experterna ändra åsikt efter att ha sett vad de andra experterna svarat, det är fortfarande anonymt men de vet att de andra som är med i studien också är experter och således kan komma med giltiga perspektiv.

Efter ett antal omgångar är förhoppningen att svaren konvergerar på det "rätta" svaren eller så kommer svaren sluta ändras mellan omgångarna och studien behöver inte fortsätta. För många omgångar slösar experternas tid och ökar risken för bortfall i studien. För få omgångar gör det svårt att få bra svar och att kontrollera hur bra resultaten från studien blivit (Helmer & Dalkey, 1999).

Tre viktiga faktorer i Delfimetoden är enligt Yousuf (2007):

- Anonymiteten, genom att använda frågeformulär eller annan anonym kommunikation undviker man påverkan från interpersonella relationer, eventuell problematik i vanlig gruppdynamik och risken att svaren påverkas av andra och andras ställning. Man minimerar psykologiska fenomen som "the bandwagon effect" och "the halo effect".

-
- Kontrollerad feedback, ger interaktion mellan experter med stora reduktioner i onödiga konflikter mellan panelmedlemmarna. Interaktionen fokuserar på resultaten från frågeformuläret över tid med flera chanser för att ändra/förbättra åsikt istället för normen med ett gemensamt gruppbeslut som ofta sker på kort tid.
 - Statistiskt gruppsvar, gruppsvaret är definierat som det statistiska medelvärdet av de slutliga åsikterna av de enskilda panelmedlemmarna. Vilket gör att alla åsikter är reflekterade i det slutliga svaret.

Att medlemmarna i Delfi-studien inte behöver vara fysiskt i samma rum kan också vara en fördel då experter inte behöver resa för att ses. Experternas "expertis" bör vara väl beskriven för de andra delaktiga i studien så att de kan bedöma relevansen och pålitligheten av de andras svar (Cafiso m.fl., 2013).

Minst antal delaktiga i studien är olika beroende på den specifika studien men generellt behövs inte många då Delfi inte i grunden står och faller på statistiska grunder utan mer på gruppdynamik för att få konsensus bland experter. Men desto seriösare och mer påkostad studie desto fler experter kan vara rimligt att ha med. Ett tiotal rekommenderas av Zunder och Islam (2011).

En vanlig kritik mot metoden är avsaknaden av statistisk support för medlemmarnas resultat. I denna studie ämnas mäta hur väl medlemmarnas åsikter stämmer överens med Kendalls överensstämmelsekoefficient, Kendalls W . Med den kan man bestämma om konsensus bland svarsmedlemmarna nåtts, om konsensus ökar och den relativa styrkan av konsensus (Cafiso m.fl., 2013).

Kendall's koefficient (W) mäter konsensus mellan flera parter (m) som bedömer ett visst antal (n) objekt. Givet ett visst antal r_{ij} rankningar till objekt i av bedömaren j kan W bestämmas efter att först summan av de kvadrerade avvikelserna, S , beräknas:

$$S = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2$$

Där R_i värden är summorna för rankningarna man fått av objekten:

$$R_j = \sum_{i=1}^m r_{ij}$$

Och deras medelvärde \bar{R} :

$$\bar{R} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (n + 1)$$

Kendall's W är definierat som följer:

$$W = \left(\frac{12 \cdot s}{m^2 \cdot (n^3 - n) \cdot m \cdot \sum_{j=1}^m \bar{T}_j} \right)$$

T_j är en korrektionsfaktor för oavgjorda rankningar där t_i är antal oavgjorda rankningar i grupp nr i , och g_j är antal oavgjorda grupper.

$$T_j = \sum_{i=1}^{g_j} (t_i^3 - t_i)$$

4 Resultat av Delfi-studie och analys

4.1.1 T-analyst

Data som gavs i tabellform från verktyget T-analyst och som mycket av de andra analyserna grundar på tillsammans med Delfi-resultaten.

Situation nmr	TTCmin	T2min	PET	DeltaV	DeltaV4	RoadUser1	RoadUser2
1	4,10	0,87	0,80	4,57	0,41	car	minivan
2	3,82	1,68	1,70	2,68	0,22	car	minivan
3		2,52	2,33	6,72	0,17	car	car
4	6,00	0,98	1,00	11,40	0,05	truck	car
5	0,00	7,23		0,04	2,55	truck	car
6		4,14	4,07	7,87		car	car
7	2,35	1,07	1,00	5,11	0,19	car	car
8	3,69	1,11	0,90	6,25	0,13	truck	minivan
9		0,82	0,73	8,59	4,18	car	car
10	1,80	1,34	1,00	2,13		car	car
11		0,89	0,93	8,84	0,08	car	car
12	2,86	0,36	0,33	6,87	3,29	car	car
13		1,93	1,87	5,51	0,20	truck	truck
14	2,16	0,70	0,67	4,00	0,18	car	car
15	2,31	1,21	1,07	4,49	0,03	car	minivan
16		1,84	1,67	10,63	0,28	car	car

Det gavs även dessa data som inte visas här:

- Delta-V för varje fordon i konflikten fås i T-analyst, i tabellen har visats de största av Delta-V värdena eftersom det är detta som borde vara mest relevant när man räknar på effekter av en kollision.
- DeltaV8 fick också för några enstaka situationer men det saknades värde på de flesta situationer.

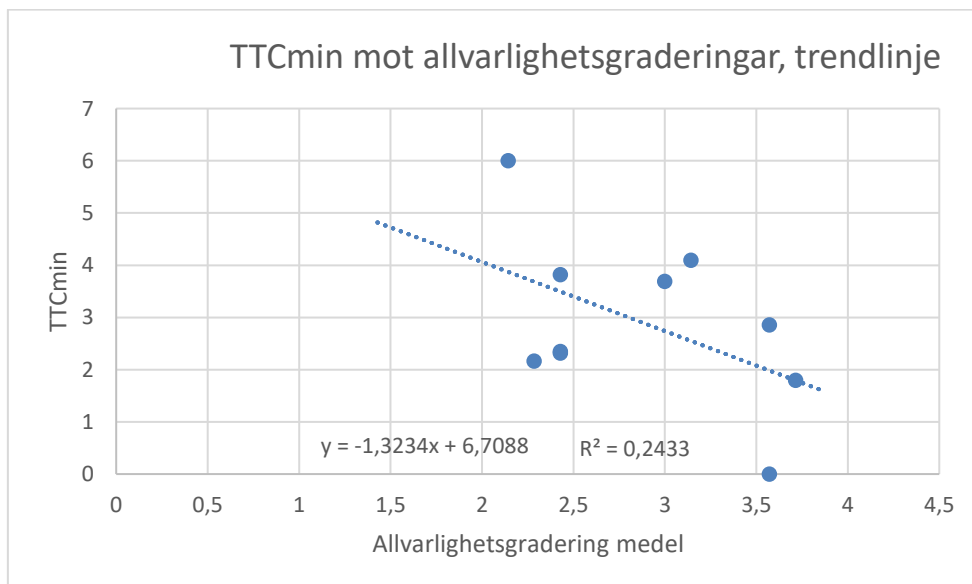
De tomma rutorna indikerar att T-analyst inte gett data för indikatorn.

T-analyst verkar ha gett data i alla fall där den borde det, att TTC_{min} inte ger data i alla situationer har att göra med begränsningarna med TTC som beskrivits innan, att situationerna helt enkelt inte haft kollisionskurs.

De grönmarkerade situationerna 1,5 och 16 i tabellen beskrivs i mer detalj längre fram.

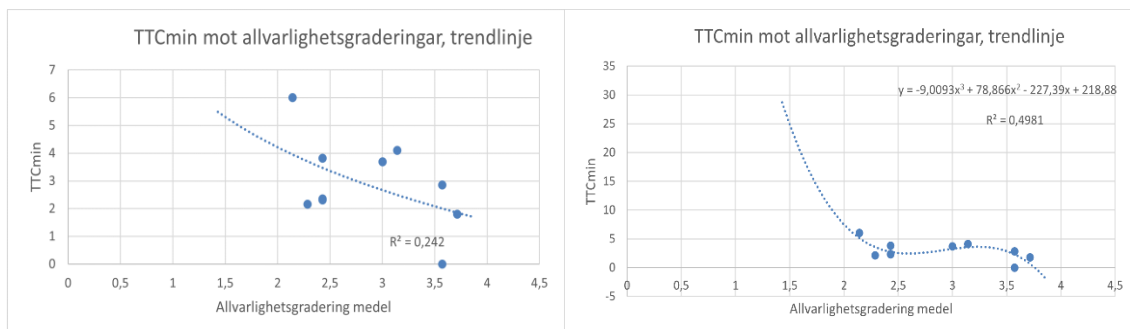
4.1.2 Resultat TTC_{min}

När man tar fram TTC_{min} på situationerna ser man direkt att 6 situationer inte ger något värde eftersom fordonen ej har direkta trajektorier som möts, dvs. i 37,5% av situationerna.



Figur 17

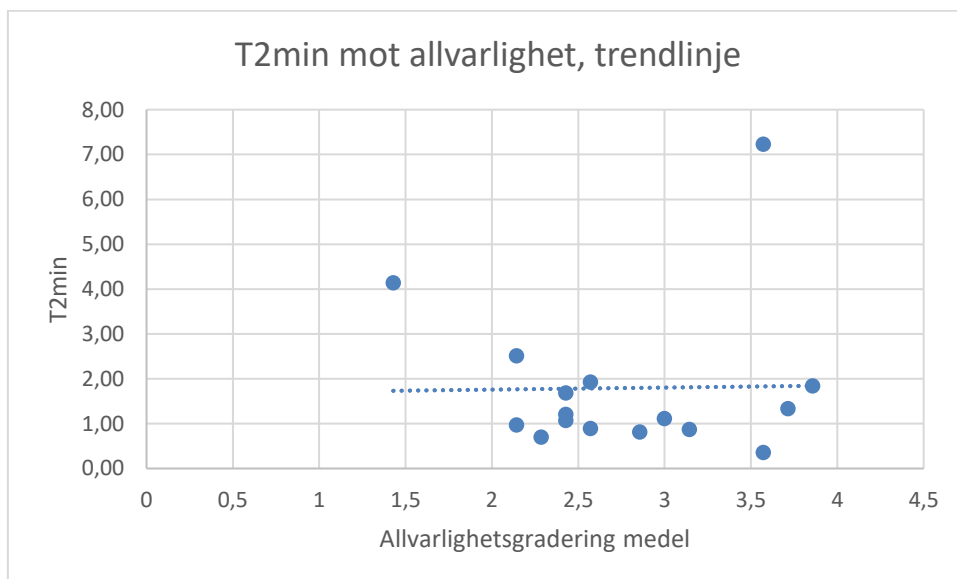
Om man förlitar sig på de data som är kvar ser man att det verkar vara en korrelation mellan högre allvarlighetsgraderingar och lägre TTC_{min} men inte speciellt precist, enligt figur 17. Trendlinjens ekvation visas i diagrammet, R^2 värdet på 0,24 visar på att linjen inte särskilt väl approximerar där punkterna ligger. Den varierar mellan 0 och 1 där 1 betyder att punkterna ligger helt på linjen.



Figur 18a, b Trendlinje som logaritmisk funktion till vänster och tredjegradspolynom till höger. Den funktion till trendlinje som approximerar bäst av de som testades var tredjegradspolynomet i figur 18b med R^2 värde 0,49. Men eftersom det är så lite data som går in i figuren är det väldigt svårt att säga att funktionen skulle vara nära det verkliga förhållandet mellan TTC_{min} och allvarlighetsgraderingar.

4.1.3 Resultat $T2_{min}$

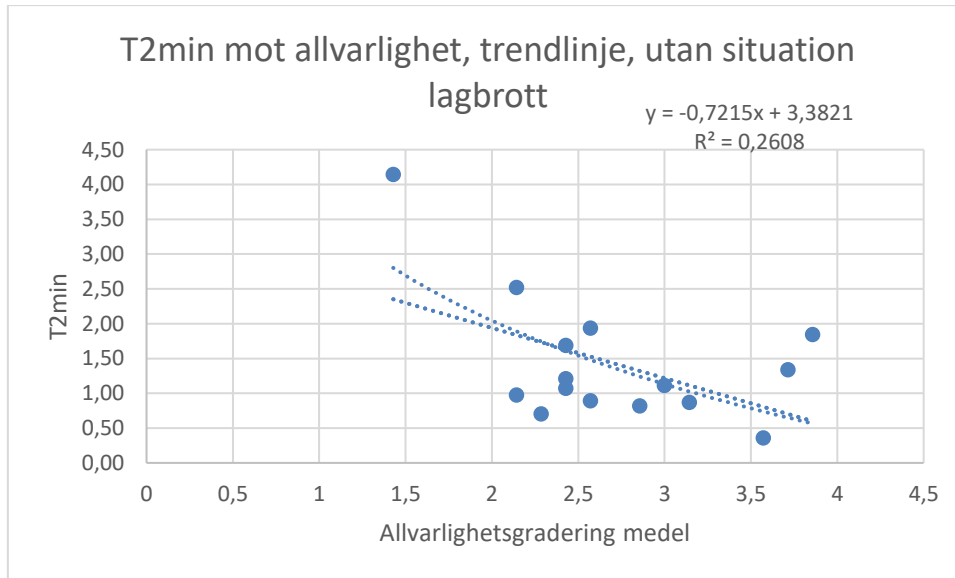
Alla situationer får ett värde med $T2$, men det är vissa som sticker ut och inte verkar ge ett värde som överhuvudtaget hör ihop med graderingarna. Dessa speciella situationer studeras närmare senare i resultatdelen.



Figur 19

När man tittar dessa data i figur 20 ser man ingen korrelation mellan $T2$ -värdet och allvarlighetsgraderingarna. Om man bara tar bort den mycket speciella situation

som har ett stillastående fordon ser det väldigt annorlunda ut. Och eftersom situation mest togs med för att det skulle vara intressant att studera den kan man säga att det påverkade utfallet. Om man tar bort den blir resultatet kanske mer jämförbart med TTC_{min} och PET resultatet. Sådär skulle resultatet bli utan den:

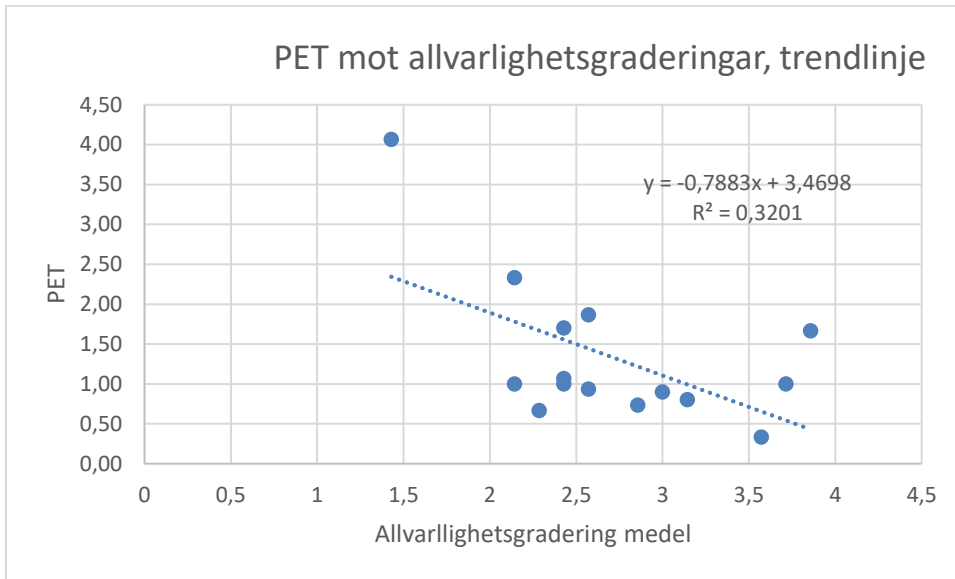


Figur 20 Linjär och logaritmisk trendlinje i diagrammet.

I figur 20 kan man se en svag korrelation, funktionen för den linjära trendlinjen kan ses i figuren, med kvadratiska R värdet på 0,26.

4.1.4 Resultat PET

PET gav ett värde för alla situationer förutom den situation som togs bort i sista diagrammet på delen Resultat $T2_{min}$, figur 20.

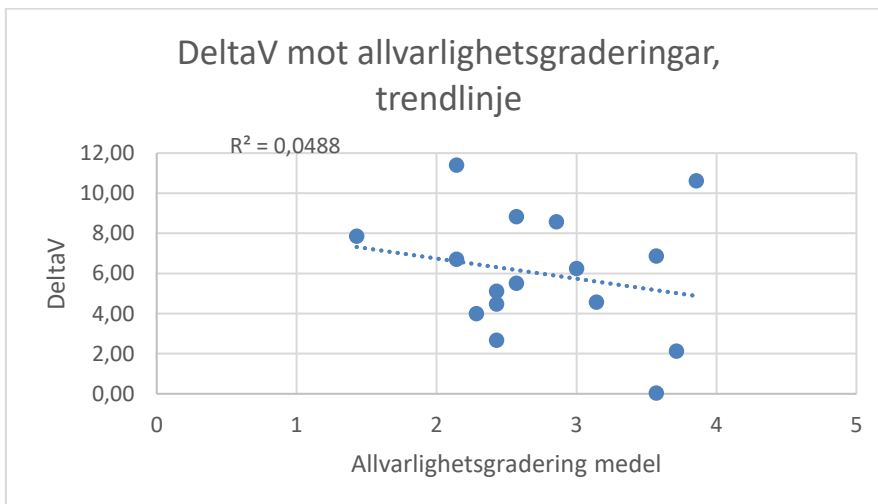


Figur 21

Datapunkter, korrelation och trendlinje verkar följa T2 nära och det är återigen en svag korrelation enligt figur 21. R^2 för linjära ekvationen för trendlinjen är 0.32.

4.1.5 Resultat Delta-V

Delta-V gav ett värde i alla situationer.



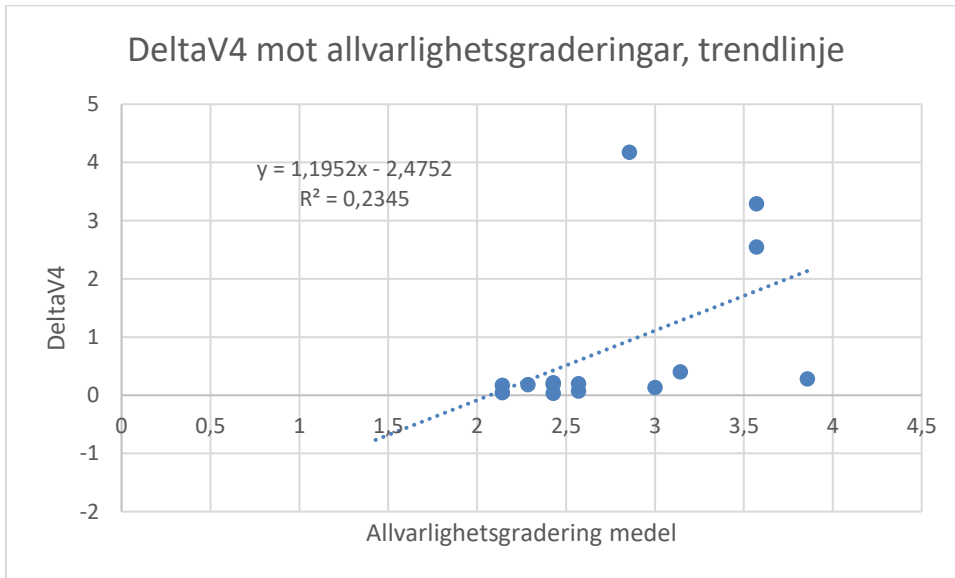
Figur 22

Det är ingen direkt korrelation som man kan se mellan Delta-V och Delfi-resultaten enligt figur 22. Dessutom är det snarare motsatsen i figuren då man kunde gissa att

högre delta-V skulle betyda högre allvarlighetsgraderingar, nu lutar det om något åt motsatt håll.

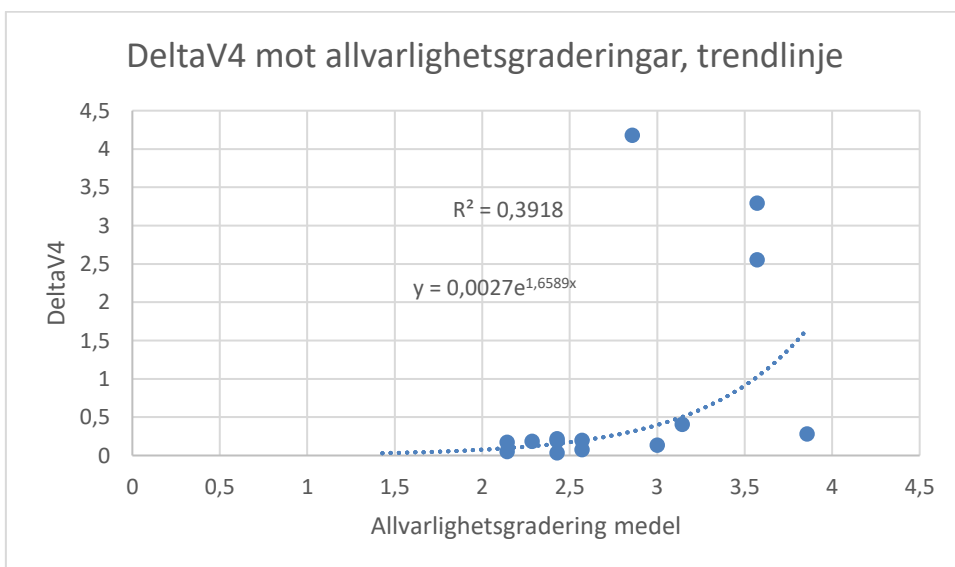
4.1.6 Resultat Delta-V4

Delta-V4 gav ett värde i alla situationer förutom två.



Figur 23

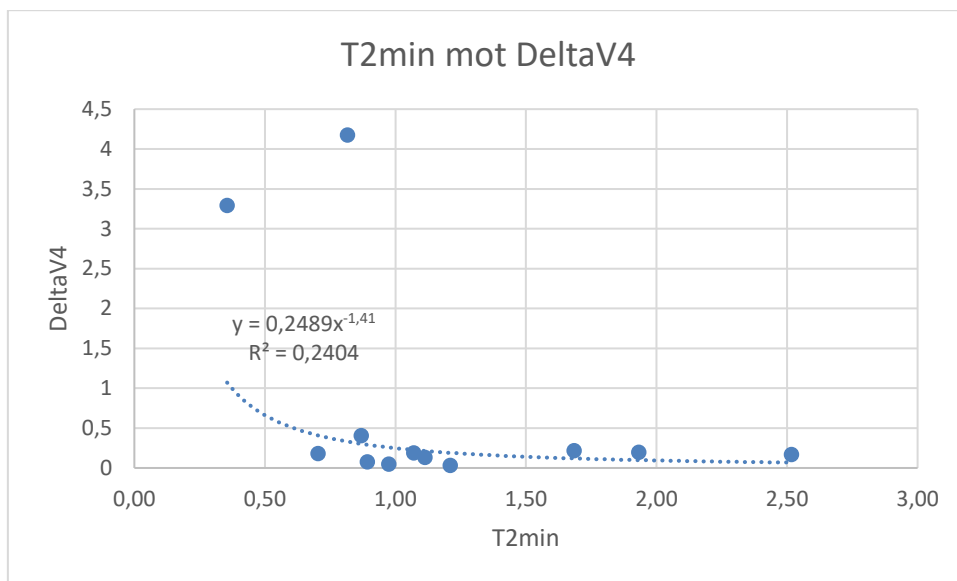
I figur 23 man en påtaglig korrelation även om vissa punkter avviker mycket från trendlinjen, R^2 ligger för linjära trendlinjen på 0,23.



Figur 24

Den exponentiella trendkurvan i figur 24, ser ut att passa bättre än den linjära i figur 23, med ett R^2 värde på 0,39.

Det undersöktes om $T2_{\min}$ tillsammans med Delta-V hade kunnat utgöra grunden för ett nytt sätt att bedöma trafikkonflikter. Bland annat gjordes en trendlinje med situationernas förlängda Delta-V4 och $T2_{\min}$, se figur 25.



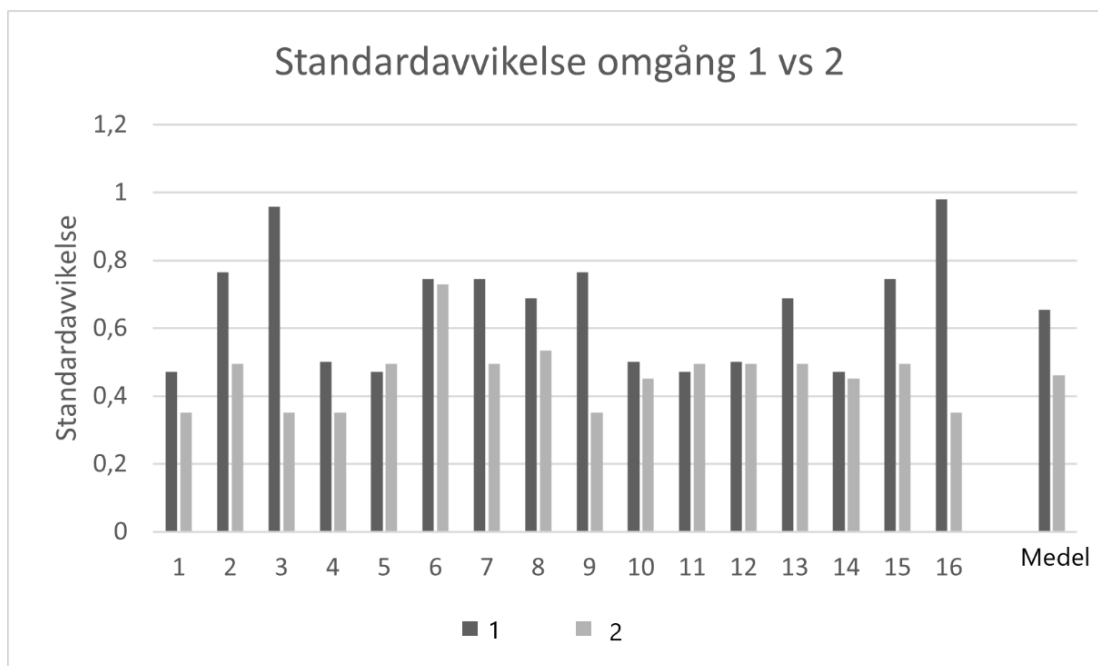
Figur 25 $T2_{\min}$ mot Delta-V4

Den visar på att Delta-V4 och $T2_{\min}$ har lite korrelation, där lägre värden på $T2_{\min}$ hänger ihop med högre värden på Delta-V4. Dock har detta kanske mest att göra med hur Delta-V4 uträknas i T-analyst.

4.1.7 Resultat Standardavvikelse.

Låg standardavvikelse innebär att de som svarat på situationernas allvarlighet haft bra överensstämmelse över situationens allvarlighet. Standardavvikelsen minskade i 14 av de 16 situationerna och från medel 0,65 till 0,46, se figur 26. En tydlig minskning och det visar på att det finns mer överensstämmelse om graderingarna i omgång två.

Speciellt minskade de situationer med störst standardavvikelse i första omgången



Figur 26. De mörka staplarna representerar standardavvikelsen för varje situation för graderingarna i första omgången gentemot graderingarna i de ljusa staplarna som representerar andra omgången. Den sista stapeln visar medelvärdet av standardavvikelse första och andra omgången.

mycket till andra omgången som man ser i figuren nedan. Om man tar de fyra situationer med störst standardavvikelse i omgång 1 och jämför med omgång 2 ser man att de minskat från ett medel av 0,87 till 0,39. Detta visar kanske på att de situationsbedömningar som är mest oense förbättras mest på att ha den näst kommande Delfi-omgången. Och om man då har en undersökning där de besvarande är väldigt oense på flera frågor kan man förmodligen tjäna betydligt på att skicka ut undersökningen igen om man vill ha mer konkreta svar. Om man däremot anser att man redan har bra överensstämmelse är det eventuellt överflödigt och ett slöseri av resurser. Varje stapel i figuren nedan visar standardavvikelsen för en situation i Delfi-svaren.

4.1.8 Undersökning situationer

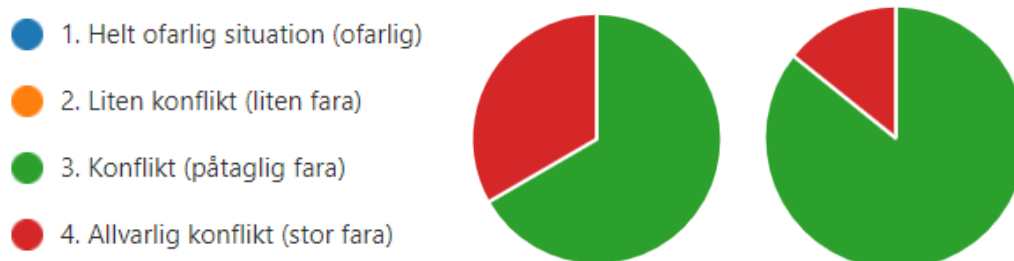
4.1.8.1 Situation 1, typisk.

En situation som bedömdes vara typisk för det filmade dataunderlaget och därför valdes att studeras närmare som en utgångspunkt. Rödmarkerad bil svänger vänster med låg hastighet, grönmarkerat fordon har hög hastighet och kör förbi röd med liten väjande manöver och relativt små marginal i fortsatt hög hastighet. Det är trängsel med olika sorters trafikanter i korsningen, se figur 27.



Figur 27 situation med hög hastighet

De svarande på Delfi ansåg att situationen var påtagligt farlig enligt figur 28.



Figur 28 Efter Delfi omgång 1 var det fler som ansåg att konflikten var allvarlighetsgrad 3, men det är fortfarande uppdelat mellan gradering 3 och 4. Första tårtdiagrammet är hur de röstade omgång 1, andra gäller omgång 2.

De besvarande nämnde fritt olika anledningar till att situationen var farlig, svaren kan delas upp i kategorierna mänskligt fel, hastighet, och omgivning. Det var sex som lämnade anledningar till sin röstning, av dem nämnde två hastighet, två

mänskligt fel (fel av vänstersvägande bilen), och tre omgivning ex. trängsel, otydlig vägmarkering.

TTC_{min} var 4,10 vilket ger indikationen att det inte är en allvarlig konflikt. De subjektiva bedömningarna verkar ha tagit in något som TTC_{min} missat. Det verkar som att TTC_{min} har mätts annorlunda än exempelvis $T2_{min}$ i situationen, konfliktarean som $T2$ mäter gör att $T2$ värdet blir lägre än TTC värdet.

$T2_{min}$ för situationen var 0,75s vilket kan ställas mot exempelvis TTC_{min} tröskeln för allvarlig situation som brukar ligga mellan 1,5s och 3s enligt Laureshyn m.fl. (2016) och man ser genom att bara titta på $T2_{min}$, som följer TTC_{min} värdet vid kollisionkurs, att förmodligen är det en allvarlig situation. Alltså stämmer $T2_{min}$ överens bra med vad som förväntades från de subjektiva bedömningarna. I typsituationen verkar storlek på $T2_{min}$ visa på den tydliga allvarligheten i situationen.

PET var 0,80 vilket skulle kunna motiveras ungefär som med $T2_{min}$ att detta värde under 1,5s visar på allvarlig situation. Fast än PET är inte lika sammanhängande med TTC så verkar indikatorn fungera väl i situationen kanske för att den räknar med en konfliktarea istället för direkt kollisionkurs.

Delta-V för situationen var 4,57. Skillnaden i hastighet före och efter en eventuell kollision hade alltså varit betydande, 4,57 m/s sekund eller ca. 16,5 km/h. Även Delta-V verkar fungera ok på att bedöma allvarligheten i denna situation.

Delta-V4 ligger på 0,41, vilket motsvarar lite över medianen i dataunderlaget, lite under medel, men det är svårt att göra några bra antagande utifrån detta.

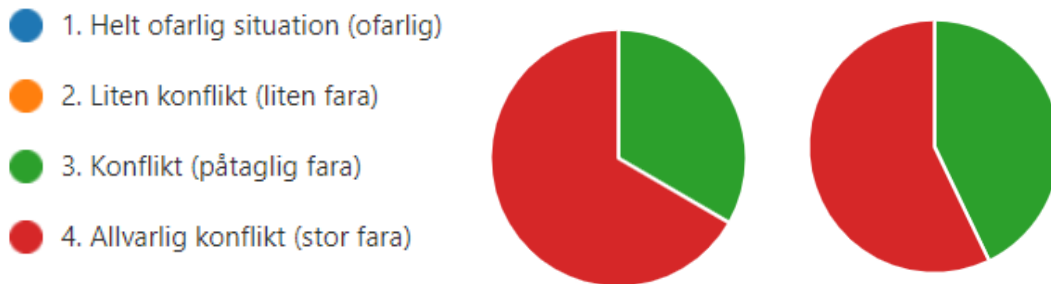
4.1.8.2 Situation 5, stillastående fordon.

Grön står stilla i vänstersvängen och backar även lite för att släppa fram rött fordon som verkar köra förbi med väldigt små marginaler, långsamt, se figur 29. Denna situation valdes att studera närmare eftersom en situation där stillastående fordon är nära att krocka ger indikator-värden som ser ut att fungera väldigt olika mellan indikatorerna och kan visa mer om hur de fungerar i detta udda fall.



Figur 29 situation med stillastående fordon fast i korsning

De flesta svarande i Delfi ansåg att situationen var allvarlig men efter att fått underlag på vad de andra svarat var det färre som ansåg att den var gradering fyra, fler valde gradering tre enligt figur 30. Anledningar till att de ändrat sig kan bero på, inte bara vad de andra svarat i graderingar och text, utan också att man fått "ett andra första intryck".



Figur 30 Graderingar för situationen omgång 1 och 2

Det var sex som lämnade anledningar till sin röstning, av dem nämnde två hastigheten/TTC, två mänskligt fel och fyra omgivning ex. dålig sikt och avsaknad av tydlig vägmarkering.

TTC_{min} var 0,00 vilket ger indikationen att det är kollision eller mycket nära. Här är det T-analyst som med filmade data inte lyckats avgöra att avståndet förmodligen var någon decimeter mellan fordonen när de passerade varandra.

PET saknas för situationen, T-analyst verkar inte veta vad den ska göra med konfliktzonen.

T_{2min} var beräknat till 7,23s. Detta är ett värde som borde påvisa en ofarlig situation. T_{2min} borde som tidigare nämnts vara under 1,5 till 3 sekunder för att situationen skulle klassas som en konflikt, särskilt en allvarlig sådan. Men en situation som denna där båda bilar är väldigt långsamma trots den besvärliga situationen de befinner sig i, ger kanske inte ett T_{2min} som är bra för att bedöma allvarligheten i konflikten. Det kan också bero på att tekniskt sett är det gröna fordonet det andra fordonet in i konfliktpunkten, och det fordonet kör först en liten stund efter att rödmarkerade fordonen kört förbi in i konfliktzonen.

Om man kombinerar T2 med Delta-V så är även Delta-V baserat på hastigheter och kommer därför inte visa att situationen är allvarlig. Denna situation, kanske bara en outlier, talar ändå för att det fortfarande är användbart att subjektivt bedöma konflikter innan bättre objektiva bedömningsalternativ finns tillgängliga. När man ser på situationen är det enkelt att förstå varför de objektiva faktorerna är dåliga på att förklara allvarlighetsgraderingen för denna situation.

Särskilt borde det vara lätt att missa situationer som objektivet borde vara mycket ofarliga. Motsatsen där de objektiva värdena är väldigt "allvarliga" borde i de flesta fall vara farliga, för alla dessa fall har stora hastighetskillnader med små avstånd, vilket borde vara nästan omöjligt att få fram utan att situationen i sig är farlig.

Kanske kunde man ha en korrektionsfaktor för denna snedvridning åt det ofarliga hållet. Men så länge dataunderlaget är stort nog och man räknar med en säkerhetsmarginal borde problemet ändå vara förhållandevis litet ifall man vill använda objektiva faktorer endast istället för subjektiva eller en kombination när man bedömer allvarligheten i situationer.

Delta-V för situationen var 0,04, mycket litet och visar på hur ofarlig situationen verkar om man bara ser faktorer baserat på objektiva data av hastigheter och trajektorier.

Delta-V4 var 2,55, anledningen att det är större än Delta-V verkar ha att göra med att T2 som var stort delvis används för att beräkna förlängt Delta-V, men inte vanliga Delta-V, i T-analys.

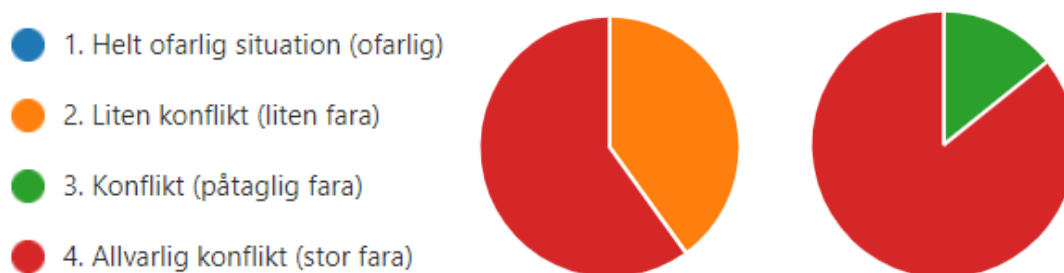
4.1.8.3 Situation 16, regelbrott.

Båda fordon har hög hastighet, grön bryter mot lagen och kör över helstreckad linje in i körfält för fordon i motsatt riktning, för att ta vänstersvängen före rödmarkerat fordon och den vita skåpbilen. Se figur 31 för två skärmbilder av situationen. Denna situation valdes att studeras närmare eftersom situation där fordon bryter mot lagen ger Delfisvar och indikator-värden som ser ut att fungera väldigt annorlunda mot andra situationer och kan visa mer om hur subjektiv analys och objektiva indikatorer fungerar.



Figur 31 konflikt där grönmarkerad bil kör över helstreckad linje i fel riktning

En majoritet svarande i Delfi ansåg att situationen var allvarlig, efter att fått underlag på vad de andra svarat var det fler som ansåg att den var gradering fyra, flera bytte från gradering två, se figur 32. Anledningen till att situationen var farlig ansågs vara mänskligt fel av en majoritet.



Figur 32 Graderingar för situationen omgång 1 och 2

TTC_{min} var utan värde i situationen, vilket förmodligen är för att fordonen inom filmade tidsspännat inte hade kollisionskurs.

$T2_{min}$ är 1.84 för situationen, ett värde som i sig inte riktigt påvisar om situationen är åt det farliga eller ofarliga hållet.

PET är 1,67 vilket inte heller säger så mycket.

Delta-V för situationen är 10,63, ett värde som är ganska högt och skulle föreslå en ganska allvarlig situation eller åtminstone allvarliga konsekvenser ifall en kollision skulle ske.

Men man kan också se att Delta-V4 är relativt lågt på 0,28 vilket skulle tala för att det inte skulle vara stora konsekvenser av en kollision. Delta-V4 verkar inte kunna förklara den upplevda faran i en situation som denna.

Som man märker är de objektiva indikatorerna inte speciellt bra på att bedöma faran i de situationer där trafikanter betar sig utanför det normala och där ovanliga situationer dyker upp. Kanske för att ovanliga situationer med trafikanter som betar sig irrationellt direkt får oss subjektivt att bli oroliga och därmed bedöma situationen som farlig. Kanske är det berättigat och situationerna faktiskt är farliga. Eller så är situationerna inte så farliga som de bedöms vara subjektivt men de bedöms som farliga. Detta för att bedömarna får svårt att följa med i situationen och blir oroliga när de inte kan förutse vad som kommer hända. Antagligen skulle situationens allvarlighet egentligen ligga någonstans mellan den mycket farliga som den bedömdes till subjektivt och den inte så allvarliga graderingen som fås från objektiva indikatorer. Detta skulle i så fall tala för användningen av en kombination av subjektiva bedömningar och objektiva indikatorer vid analys av trafiksäkerhet.

5 Diskussion och slutsatser

5.1 Resultatdiskussion

De olika indikatorernas svagheter och styrkor har visats i de olika resultaten. Behovet av subjektiva bedömningar av något praktiskt slag har åtminstone delvis gjort sig tydlig.

TTC_{min} visar här på dess styrkor med tydliga korrelationer till allvarlighet i konflikter baserat på väldigt lite data. Den visar också på dess svagheter där mycket av de data som kunde ha använts försvann i framtagandet av indikatorn från videofilm.

Resultatet av analysen på **T2_{min}** visar på att indikatorn fungerar väl till att bedöma allvarligheten till en konflikt. Den ger användbara data i alla tänkbara situationer och påminner om **TTC_{min}** där det verkar som värden under 1,5 ger en situation som är allvarlig och där lägre värden ger större allvarlighet. Den har fördelen att vara nära besläktad med **TTC_{min}** och **PET** som är välanvända och välförstådda av andra i branschen.

PET har visats att den fungerar väl, problemet med den gick inte denna studie in på så mycket, att den ger ett värde som inte är kontinuerligt över konfliktsituationen.

Delta-V verkar ha potential att användas till allvarlighetsgradering av konflikter vilket Shelby (2011) förespråkade. Resultaten visar i denna studie på att Delta-V enskilt kanske inte hjälper med litet dataunderlag som här, men att förlängt Delta-V verkar göra det. **Delta-V4** verkar vara bra på att dels ge ett värde som är användbart i nästan alla konflikter, dels hjälpa bedöma om de är allvarliga eller inte. Det verkar som att en exponentialfunktion bättre förklarar förhållande mellan Delta-V4 och allvarlighetsgraderingar än en linjär funktion, vilket verkar logiskt med tanke på att kortare inbromsningstid borde leda till mycket allvarligare olyckor.

Med fördel verkar det som att man bör kombinera förlängt Delta-V med en indikator på sannolikheten för kollision, och helst få in subjektiva allvarlighetsgraderingar som kan hjälpa till att avgöra de situationer som skiljer sig från det normala i exempelvis beteendemönster.

Eventuellt hade det gått att inkludera i en algoritm ett sätt att ta fram de situationer som sticker ut mycket från det normala så att dessa kan bedömas för hand, d.v.s. subjektivt. Exempelvis hade en algoritm kunnat programmeras att märka av när situationer har stillastående fordon tillsammans med väldigt nära avstånd till ankommande fordon som hände i vår speciella situation nr. 5. Det hade även förmodligen gått att göra ett program som ger en möjligheten att välja ut linjer som är olagliga att köra på, så att när ett fordon passerar detta område olagligt så kan man bedöma det för hand, detta hade fungerat för vår andra speciella situation 16. Detta hade på stora dataunderlag kunnat hjälpa analysen av trafikkonflikter med avseende på tid och pålitlighet.

Som Lareshyn (2016) föreslagit hade en kombination av förlängt Delta-V och T_{2min} varit intressant att använda som verktyg i konfliktstudier. En nackdel med att använda kombinationen T_{2min} och förlängt Delta-V för att bedöma trafikkonflikter är kanske att metoden på vissa sätt liknar den Svenska Konflikttekniken och då kanske blir något överflödig. T_2 värdet brukar bli snarligt TA värdet eftersom båda räknar på tiden till kollision om än i lite olika ögonblick och på lite olika sätt. Ingångshastigheten som räknas med i Svenska Konflikttekniken kommer också oftast att följa Delta-V/Delta-V4 relativt storleksmässigt, båda räknar på hastigheter, skillnaden är främst när det är tyngre fordon eller oskyddade trafikanter med i konflikten eftersom Delta-V/4 räknar med massan. T_{2min} har fördelar mot TA för att man alltid får ett värde och det är lättare att bedöma objektivt, men det måste vara tillräckligt betydande stor fördel för att folk ska byta från ett äldre system till ett nytt. Peter Thiel (2014) påpekar att om folk ska vara säkra på att ändra system så bör det nya systemet vara 10 gånger bättre i någon viktig dimension, dock gör han så mer baserat på erfarenhet än någon bevisad

forskning. Poängen står kanske ändå och är alltså även om nya system hade varit dubbelt så bra så kanske inte det räcker för att ändra från systemen som används idag. Men vid videoanalys borde hindren till att byta system ändå vara ganska små.

Resultatet av **situationsstudien** visade att de objektiva indikatorerna var bra på att ranka situationernas farlighet när situationerna var normala. När de istället var onormala/speciella så var de mycket sämre. Detta visar på att man antingen bör bedöma dessa situationer subjektivt, komma med bättre indikatorer eller ha ett stort dataunderlag och sen ha en bestämd felmarginal.

Bland de subjektiva saker som bedömdes i situationen som indikatorerna missat ingår: oskyddade trafikanter i närheten, otydliga vägmarkeringar, allmän trängsel till andra fordon och beteende och oaktsamhet hos förare. Dessa saker är svåra eller omöjliga för en indikator bedöma. Men man skulle eventuellt kunna göra, som nämnts tidigare, att dessa situationer markerades i videodata och bedömdes för hand. Om det faktiskt är dessa faktorer som ligger bakom allvarlighetsbedömningarna är svårt att veta men tidigare studier har visat på att det inte finns mycket korrelation.

Delfi-studien verkar ha gjort det den var designad för, främst ge tydligare och enhetligare svar än en vanlig studie då de medverkande sammansluter med sina svar. Men även de andra fördelarna finns med anonymitet och chansen att få ett "andra första intryck". Med mer resurser hade man kunnat fortgå med studien längre och haft fler situationer, men det lär ändå finnas en viss gräns för hur många situationer man kan studera med denna metod, särskilt om man tänker använda sig av specialister/expertter. För stort antal situationer och experterna kommer inte ha tid, eventuellt kunde man betala studerande då studerande dels har lite mer tid, dels behöver pengar mer än experter, samtidigt som de bör vara billigare att betala.

Litteraturstudien visade också på de olika indikatorernas fördelar och nackdelar, man märkte att litteraturen på området var sammanstämmande till stor del. Det

som verkar saknas lite i litteraturen på området är validering av indikatorer. Det var tydligt att det finns mycket forskning och att det finns mycket resurser inom trafikforskningen, det var därför en väldigt bra studie med Laureshyn m.fl 2016 eftersom den sammanställer annan forskning och gör att resurser lättare kan prioriteras på rätt saker.

De andra studierna i litteraturstudien gick mestadels in på de indikatorer och trafikkonfliktmetoder som är vanliga eller potentiellt användbara i framtiden och var således mer snävt inriktade. För att få historien med röd tråd fram till idag användes en del äldre källor som fortfarande håller upp bra idag.

Resultatet i förhållande till syftet med examensarbetet var ok, förhoppningsvis lyckades det belysa vissa problem och ge ökad förståelse på vissa aspekter av trafikkonfliktforskningen. Eventuellt var syftet med studien lite otydligt och kunde varit mer precist vilket kunde gett mer precisa resultat.

5.2 Metoddiskussion

Metoden som användes med först en litteraturstudie och sedan en analys med Delfi-studie var bra. Litteraturstudien behövdes för att ge en stadig grund för arbetet och även för mig som genomförde arbetet. Få kurser går igenom konfliktteknik på djupet. Delfistudien gav en ny ingång med en forskningsmetod som är lite unik, den gav underlag för att studera enskilda konflikter med stort fokus.

Analysdelen var eventuellt mindre än vad som hade varit optimalt, detta är ett problem som främst hör ihop med begränsade resurser och därmed data. Ändå gav den tillräcklig grund för vissa slutsatser och var intressant.

Felkällor i metoden har främst att göra med för lite data vilket resten av analysen bygger på. Potentiella felkällor är:

- Lite filmade data och Delfi-data att göra statistiskt säkra slutsatser på.

- Att data bara är filmad för en typ av situation gör det svårare att göra generella slutsatser.

- Potentiella fel med framtagning av indikatorer, trajektoriedata i T-analys.

5.3 Slutsatser

Delfi-studien var lyckad, men den kräver mycket resurser för att ge underlag som är mer statistiskt pålitligt, vilket skulle bli dyrt i större konfliktteknikstudier.

Indikatorerna visades ha olika för och nackdelar och samtliga bör ha fördel av att kombineras med subjektiv analys om resurser eller framtida verktyg enklare tillåter det.

T_{2min} och förlängt Delta-V verkar ha framtidspotential eftersom de är de enda indikatorerna i denna studie som utformades när videoanalys redan var något man tydligt hade i åtanke. De verkar ha fördelar mot de vanligare TTC_{min} och vanligt Delta-V och eftersom de enda tydliga nackdelarna med dem mot dessa var att de är svåra att beräkna om det inte finns videofilm eller analysverktyg. Exempelvis om de bestämts på plats. Men eftersom man nu enklare och billigare kan studera konflikt via video bör detta inte vara ett särskilt stort problem.

Litteraturstudien var med lyckad men kunde kanske gjorts lite mer systematiskt hela vägen.

Det är svårt att säga vad som ligger bakom de subjektiva allvarlighetsgraderingarna. Det verkar som om vissa beteenden hos förare och omgivning är det som objektiva indikatorer än så länge missar. Det som svaras ligga bakom behöver dock inte vara det som faktiskt ligger bakom.

5.3.1 Rekommendationer

Mot bakgrunden av resultaten kan man rekommendera att göra ytterligare studier för att exempelvis utveckla på de områden som var svagare i detta arbete. Med

mer data hade man kunnat göra statistiskt säkrare valideringar av indikatorerna och bättre analyser av värdet av subjektiva bedömningar.

Troligen är det svårt att hitta en fantastiskt bra indikator som kan göra subjektiva bedömningar helt utdaterade. Subjektiva bedömare är bra på att göra det människor (och djur) är bra på, se komplicerade mönster, ta beslut från brett skilda faktorer och se om en situation är farlig. En objektiv indikator är förmodligen bra nog i de flesta fall, men vid unika situationer kommer antingen subjektiva bedömningar eller stort dataurval med säkerhetsmarginal behövas för att hjälpa lösa problemet. Ett stort dataurval för med sig andra problem som tidsåtgång och högre kostnader.

Studier som validerar användningen av kombinationen förlängt Delta-V och en indikator som visar på sannolikheten för kollision som $T2_{\min}$ rekommenderas.

Projekt som förbättrar videoverktyg för trafiksäkerhetsanalys rekommenderas.

Om man vill gå till botten med vilka faktorer som faktiskt gör att människor är bra på att avgöra fara i trafik hade man eventuellt behövt studera den mer psykologiska och evolutionära aspekten av problemet.

Troligen att man med en studie där man i flera steg frågade hur farliga situationerna var och att man ändrade situationerna med någon faktor åt gången kunde man se vilka faktorer som gjorde att de faktiskt ansågs vara farliga. Exempelvis genom att ta bort eller lägga till oskyddade trafikanter i korsningen som bedöms eller öka eller minska hastigheten på fordon. Detta hade kanske behövts för att det mer eller mindre fastslagits att människor är dåliga på att avgöra och säga vilka faktorer som ligger bakom deras egna allvarlighetsgraderingar.



6 Referenser

Cafiso, S., Graziano, A.D., Pappalardo, G., (2013) Using the Delphi method to evaluate opinions of public transport managers on bus safety. *Safety Science*, Elsevier.

Ceunynck, T.D., Laureshyn, A, Kalrsson, C, Åse, S, Daniels, S, (2016) In search of the severity dimension of traffic events: Extended Delta-V as a traffic conflict indicator, ETSC, European Traffic Safety Council, (2001). *Safety Performance Indicators*. (PDF), Brussels. ISBN: 90-76024-11-1

D. J. Gabauer and H. C. Gabler (2006) *Comparison of Delta-V and Occupant Impact Velocity Crash Severity Metrics Using Event Data Recorders*

Hauer, E., P. Gårder (1986) *Research into the validity of the traffic conflict technique*.

Hayward, J.C., 1972. *Near-miss determination through use of a scale of danger*. Highway Research Record, 384, 24-34.

Helmer, O., Dalkey, N., (1999) *The Modified Technique – A rotational Modification* Volym 15 Nummer 2. VT-edu-JVTE-v15n2: of Delphi Technique developed

Highways.dot.gov (2020) *Surrogate Safety Assessment Model Overview*
<https://highways.dot.gov/research/safety/ssam/surrogate-safety-assessment-model-overview> hämtad den 17 november 2020

Hyden, C. (1987) *The development of a method for traffic safety evaluation: the Swedish traffic conflict technique*. Doctoral thesis, Lund University, Department of Traffic Planning and Engineering

ICTCT (2020) *About ICTCT* <https://www.ictct.net/about-ictct/> Nedladdad 2020-08-15

Karlsson, C (2014) *Allvarlighetsgradering av konflikter* En metod för att objektivt bedöma allvarligheten i trafiksituationer med hjälp av videoanalys LTH

Kruysse, H. W. (1991) The subjective evaluation of traffic conflicts based on an internal concept of dangerousness. *Accident Analysis & Prevention* 23 (1), pp. 53-65

Kruysse, H. W., G. J. Wijnhuizen (1992) *Why are experts not better in judging the danger of filmed traffic conflicts?* *Accident Analysis & Prevention* 26 (3), pp. 227-235.

Laureshyn, A. & Várhelyi, A. (2018) *The Swedish Traffic Conflict Technique Observer's manual v. 1.0*. Lund University.

Laureshyn, A. (project coordinator), Jonsson, C., Ceunynck, T.D., Svensson, Å., Goede, M., Saunier, N., Wlodarek, P., Horst, R., Daniels, S., (2016) *InDev: In-Depth understanding of accident causation for vulnerable road users*. Warsaw University of Technology, Poland.

Laureshyn, A. Ceunynck, T.D., Karlsson, C., Svensson, Å., Daniels, S., (2016b) *In search of the severity dimension of traffic events: Extended Delta-V as a traffic conflict indicator* Transport and Roads, Department of Technology and Society, Faculty of Engineering, LTH Lund University, Box 118, SE-22100 Lund, Sweden Institute of Transport Economics, Gaustadalléen 21, NO-0349 Oslo, Norway Transportation Research Institute, Hasselt University, Wetenschapspark 5, bus 6, BE-3590 Diepenbeek, Belgium

Tft.lth.se *(Saknas utgivningsår) *Den svenska konflikttekniken* Broschyr http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/dok/Broschyr_Konflikttekniken.pdf Nedladdad den 2 september 2020.

NE, Nationalencyklopedin (2020), *bil*.

<https://www.ne.se/upplagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bil> Nedladdad 2020-08-19

NHTSA (2010) (National Highway Safety Administration) *Crash Factors in Intersection-Related Crashes: An On-Scene Perspective* U.S Department of Transportation DOT HS 811 366

ORU (2018) *40,5 miljoner kronor – så mycket är vi villiga att betala för ökad trafiksäkerhet* <https://www.oru.se/nyheter/nyhetsarkiv/nyhetsarkiv-2018/40-5-miljoner-kronor--sa-mycket-ar-vi-villiga-att-betala-for-okad-trafiksakerhet/> Nerladdad 2020-08-01

Sacchi, E., T Sayed, P. de Leur (2013) *A comparison of collision-based and conflict based safety evaluations: the case of right-turn smart channels*. Accident analysis and prevention <http://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.002>

Shelby, S G (2011) *Delta-V as measure of traffic conflicts technique for different environments – a comparative study of pedestrian conflicts in Sweden and Jordan*. Doctoral thesis, University of Lund, Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Engineering.

Shelby S.G (2011 b) *DELTA-V AS A MEASURE OF TRAFFIC CONFLICT SEVERITY* <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conferences/2011/RSS/1/Shelby,S.pdf> hämtad den 2020-10-10

Svensson, Å. (1992) *Vidareutveckling och validering av den svenska konflikttekniken (in Swedish)* Further development and validation of the Swedish traffic conflict technique. Lund University, Institute of Technology, Dept. of Traffic Planning & Engineering.

Thiel, P. (2014) *ZERO TO ONE*

Trafikverket (2019) *Fördjupad beskrivning av undersökningen av Trafikarbetets Förändring*

<https://www.trafikverket.se/contentassets/31a67e5c15384536b3888dfbf650f2b8/>

fordjupad-beskrivning-av-undersokningen-av-trafikarbetets-forandring.pdf

Nedladdad 2020-08-17

Trafikverket **a** (2020) *223 personer omkomna i vägtrafiken år 2019*

<https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/Nationellt/2020-01/223-personer-omkomna-i-vagtrafiken-ar-2019/> Nedladdad 2020-08-19

Trafikverket **b** (2020) *Nollvisionen – tillsammans räddar vi liv*

<https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/samarbete-med-branschen/Samarbeten-for-trafiksakerhet/tillsammans-for-nollvisionen/>

Nedladdad 2020-08-19

Transportstyrelsen (2018) *Vid olyckor polisrapporterade dödade, skadade, bilar i trafik, bensinleveranser, invånare samt dödade per 100 000 bilar resp invånare åren 1950* (Microsoft Excel). Transportstyrelsen. Nedladdad 2020-08-07.

Researchgate (2020) https://www.researchgate.net/figure/Definition-of-post-encroachment-time-PET_fig6_236636408 nedladdad 2020-08-01

Tageldin Ahmed * and Tarek Sayed *Developing evasive action-based indicators for identifying pedestrian conflicts in less organized traffic environments*

Department of Civil Engineering, The University of British Columbia, 6250 Applied Science Lane, Vancouver, British Columbia V6T 1Z4, Canada

Yousuf, M.I., (2007). *Using experts' opinions through Delphi technique*. Practical assessment, Research & Evaluation, 12(4), ISSN 1531-7714.

Zunder, T., Islam, D.Z., (2011). *E-Logistics systems applications for service users and providers*. Current Research in Freight Operations.