

Dette resumé er publiceret i det elektroniske tidsskrift

### Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

<https://journals.aau.dk/index.php/td/index>



# Risikovurdering af trafik- og vejrforhold for cykeluheld

Marcus Skyum Myhrmann, [mskyum@dtu.dk](mailto:mskyum@dtu.dk); Stefan Eriksen Mabit, [smab@dtu.dk](mailto:smab@dtu.dk)  
DTU Management, Transport Division, Bygningstorvet 116B, 2800 Kgs. Lyngby

---

## Abstrakt

Dette studie analyserer faktorer der er associeret med cykeluheld ved brug af Palm teori for trafikforhold. Metoden tillader os at sammenligne af vejr- og trafikforhold set fra en arbitrær cyklists synspunkt (Palmfordelingen) og sammenligne det med dem set fra synspunktet af en cyklist i et cykeluheld (uheldsfordelingen). Det muliggør en ukompliceret måde at vurdere den relative risikoændring givet bestemte vejr- og trafikforhold, såvel som at evaluere deres signifikans.

Studiet er baseret på uheldsdata (1136 cykeluheld) fra Københavns- og Frederiksberg kommune samlet over en periode på fire år. Den relative risikoændring blev vurderet på basis af tid, vejr og sæson. Relative risikoforøgelser blev identificeret som værende signifikante i nat perioder (0-4) såvel som under morgen- og eftermiddags myldretid. Ved yderligere analyse viste det sig dog, at natteperioder kun viste sig at være relateret til signifikant risikoforøgelse i weekenderne og morgen- og eftermiddags myldretiden, kun i hverdagene. Dette viser samtidigt, hvordan brugen af over-aggregerede forklarende variable kan lede til misvisende konklusioner når det kommer til potentielle interventions. Yderligere viste resultaterne, at nedbør var relateret til en forøgelse af risikoen for cykeluheld.

Overordnet giver Palm-distributionen en mulighed for en ny metode til at evaluere cykeluheld og identificere faktorer og forhold relateret til forsørgelsen af risiko for uheld.

---

## Introduktion og Baggrund

Med en øget bekymring for menneskeskabte klimaændringer (Stocker et al., 2013) bliver cykling promoveret som værende en transport form der både forbedrer bylivet og ens personlige helbred (Infrastructures, 2015). En ofte rapporteret barriere til at øge andelen af cyklister sammenlignet med biler er dog frygten for at være involveret i et uheld (Horton, 2016; Transport for London, 2014; Vejdirektoratet, 2018). Derfor er det vigtigt at opnå en bedre forståelse for faktorer og forhold der er relateret til cykeluheld. Generel uheldsfrekvens- og uheldsrisikoforskning har generelt fokuseret på brugen af månedlige-, ugentlige- eller daglige uheld som deres afhængige variable. Dette betyder dog ligeledes, at de har været nødsaget til at bruge aggregerede forklarende variable, fx gennemsnitligt- eller samlet nedbør i løbet af en dag (Theofilatos & Yannis, 2014) for vejr, Årsdøgns trafik eller Hverdagstrafik (ÅDT, HDT) for trafikmængder. Problemet ved brug af sådanne aggregerede variable er, at de fortæller meget lidt om forholdene i det faktiske uheldsøjeblik. Yderligere har tidligere forskning om uheldsfrekvens og -risiko mest af alt baseret sig på uheldsrapporterne og intet andet. På den måde tages der ikke højde for "standard" opførslen af systemet, det vil sige tiden hvor ingen uheld sker. Derfor har vi i dette studie tænkt os at

undersøge forholdene relateret til risikoændringer for cykeluheld, når der tages højde for cykeltrafik og vejrforhold helt ned på time-niveau. I studiet vil vi undersøge relationen mellem trafik- og vejrforhold og cykeluhedsrisikoen. For at levere relevante resultater og potentielt muliggøre efterfølgende interventions, vil studiet ikke kun fokusere på førsteordenseffekter. Der vil yderligere adresseret mulige interaktioner mellem forskellige variable. Dette er vigtigt da man kan forestille sig, at interaktioner spiller en rolle der ellers ikke bliver identificeret.

## Metode

Metoden der anvendes, er baseret på at evaluere den relative risikoændring for et cykeluheld ved at evaluere proportionen af uheld der sker ved bestemte trafik- og vejrforhold og sammenligne det med den relative trafikmængde givet de samme forhold.

Dette blev er blevet vist at konstituere et særtilfælde af Palm sandsynlighed, fra punkt teori, og konceptualiseret til brug af risikoevaluering i trafik af Norros, et al. (2016).

Ved brug af årsfaktorer for cykeltrafikken fra Vejdirektoratet og estimeret cykeltrafik på samtlige cykelstier (ekstraheret via OpenStreetMap) i hovedstadsområdet ved brug af COMPAS (Prato et al., 2013) kunne vi estimere time-baseret volumen på alle cykelstier:

$$Volume = HDT \cdot Ugevariationsfaktor \cdot Ugedagsvariationsfaktor \cdot Timevariationsfaktor$$

Derfra bestemmes Palm-fordeling, som beskriver den overordnede risiko for styrt baseret på proportion af trafik under de givne forhold  $C$ .

$$P_{Palm}(X \in C) = \frac{1}{M^{tot}} \sum_{r=1}^R \sum_t^T M_{r,t} 1_{\{X_{r,t} \in C\}} \quad \text{og} \quad M^{tot} = \sum_r^R \sum_t^T M_{r,t} 1_{\{X_{r,t} \in C\}}$$

Her er  $R$  det samlede antal af cykelstier,  $T$  er sluttiden for observationer dvs. 2017 og  $t$  er timetallet. Imens beskriver  $M_{\{r,t\}}$  trafikvolumen til tidsintervallet  $t$  på cykelsti  $r$  og  $M^{tot}$  er den samlede mængde cykeltrafik over alle cykelstier i hele perioden  $T$ .

Den empiriske uheldsfordeling findes efterfølgende som

$$P_u(X \in C) = \frac{1}{N_u} \sum_r^R \sum_t^T u_{r,t} 1_{\{X_{r,t} \in C\}},$$

som beskriver det vægtede antal af uheld når trafik- og vejrforholdene er beskrevet af  $C$ ,  $N_u$  er da det samlede antal uheld over alle cykelstier i tidsperioden, og  $u_{\{r,t\}}$  er antallet af uheld på cykelsti  $r$  under timetallet  $t$ .

Risikoændringen er så lettere simpelt beskrevet ved den relative ændring i uheldsproportion i forhold til overordnet risiko givet forholdene  $C$

$$Risiko(C) = \frac{P_u(X \in C)}{P_{Palm}(X \in C)}$$

## Data

### Uheldsdata

Uheldsdataene der blev analyseret i dette studie indeholdt  $N_u = 1136$  cykeluheld der blev rapporteret i Københavns- og Frederiksberg kommune i perioden 2014-2017. Alle uheld er registreret sammen med stedkoordinater, hvilket gjorde det muligt at tilknytte alle uheld til et cykellink/sti ekstraheret fra OpenStreetMap (OSM, 2015). Et plot af netværket med cykeluhedssteder er vist if figur 1.

## Vejrdata

Vejrdaten blev tilgået igennem OpenWeatherMap for både Københavns- og Frederiksberg kommune, for den samme periode som indsamlingsperioden for cykeluheldene, dvs. 2014-2017.

Dataene indeholdt timelige gennemsnitstemperaturer ( $^{\circ}C$ ), vindhastigheder ( $m/s$ ) såvel som overordnede vejr kategorier. Fordelingerne af vejr kategorier for de fire år er vist i tabel 1.

Tabel 1: Fordelinger af observerede vejr kategorier fra 2014-2017

Vejr kategori	Frekvens af vejr kategori
Klar himmel	22.5%
Skyet	37.0%
Regn	18.8%
Dis	11.5%
Tåge	3.7%
Støvregn	3.6%
Sne	2.6%
Torden	0.2%



Figur 1: Visualisering af cykelnetværk (blå), og cykeluheldssteder i perioden 2014-2017 (rød)

## Resultater og Analyse

I dette afsnit præsenterer vi resultaterne af analysen ved brug af Palm-metoden som beskrevet tidligere. First præsenteres ved visuel fremstilling resultaterne af  $Risiko(C)$  og ved siden af den tilhørende figur for den statistiske evaluering.  $Risiko(C)$  beskriver en densitets ratio mellem observeret ratio af uheld givet forhold  $C$  og den overordnede risiko ved de forhold. Derfor vil en værdi på 1.4 skulle forstås som en 40% højere risiko, tilsvarende ville 0.5 skulle forstås 50% lavere risiko og en værdi på 1 ville indikere, at forholdene ikke relateret til en ændring i risikoen.

Den statistiske evaluering foretages ved brug af binomiale signifikanstest og ændringen af  $Risiko(C)$  vurderes som værende signifikant hvis

$$P(Bin(N_u, P_{Palm}(C)) \geq u(C)) < \frac{\alpha}{2},$$

hvor  $Bin(N_u, P_{Palm}(C))$  beskriver den tilfældig binomial variabel med fordelingen beskrevet ved,  $N_u = 1136$ , det samlede antal cykeluheld og  $P_{Palm}(C)$ , Palm fordelingen for det givne trafik- eller vejrforhold  $C$  som således beskriver den forventede overordnede uheldsrisiko for en cyklist givet  $C$ .  $u(C)$  beskriver det samlede antal observerede uheld under forholdene  $C$  og  $\alpha$  er signifikansniveauet (som vi sætter til 5%).

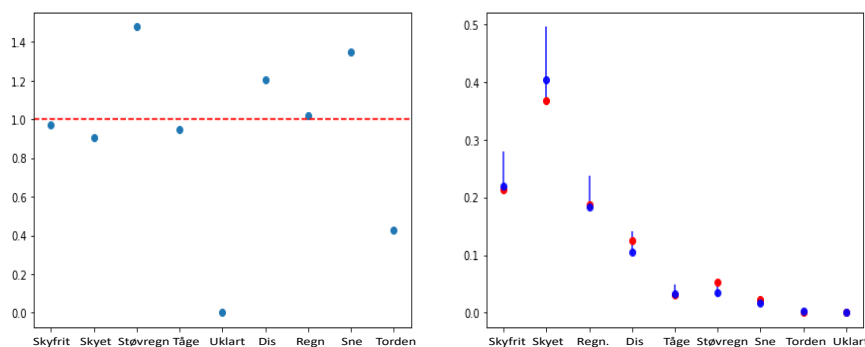
## Vejr

Først undersøger vi de forskellige vejrforhold, deres associerede effekt på den relative risiko og den statistiske signifikans

### Overordnet vejr kategorier

De overordnede vejr kategorier er timebaserede og beskriver den dominerende form for vejr der har været i den indeværende time. I plottet til venstre i figur 2 ses der, at vejr kategorierne støvregn, dis og sne hænger sammen med en gennemsnitligt højere risiko for cykeluheld sammenlignet med den overordnede risiko. I plottet til højre af figur 2 ser vi, at værdierne for støvregn og sne ligger uden for usikkerhederne af

den overordnede risiko og skal derfor opfattes som havende en signifikant effekt på risikoen for cykeluheld. Disse fund er overensstemmende med tidligere studier som har vist, at nedbør er relateret til øget relativ uheldsrisiko (Karlaftis & Yannis, 2010; Theofilatos & Yannis, 2014).

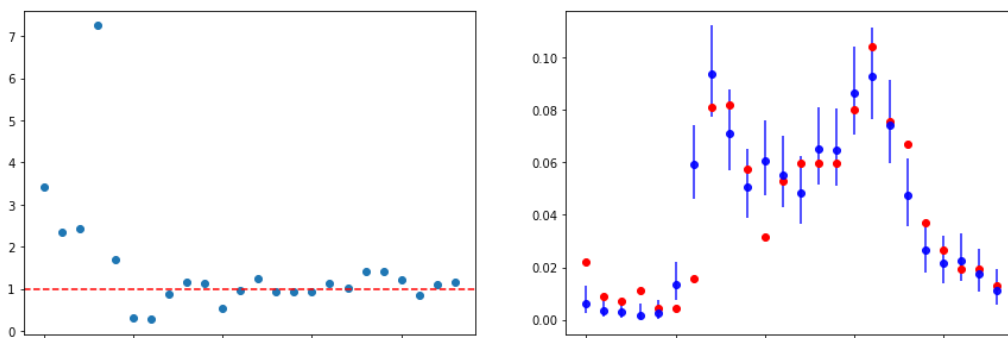


Figur 2: Venstre: Den gennemsnitlige relative risiko ændring givet forskellige vejrkatogorer. Højre: Den overordnede risiko (Palm sandsynlighed) og den gennemsnitlige empiriske uheldssandsynlighed

Imens viste kategorien regn sig at være ikke signifikant. Dette kunne dog have noget med splittelsen af de forskellige nedbørskategorier at gøre.

### Uheldstiming og Sæson

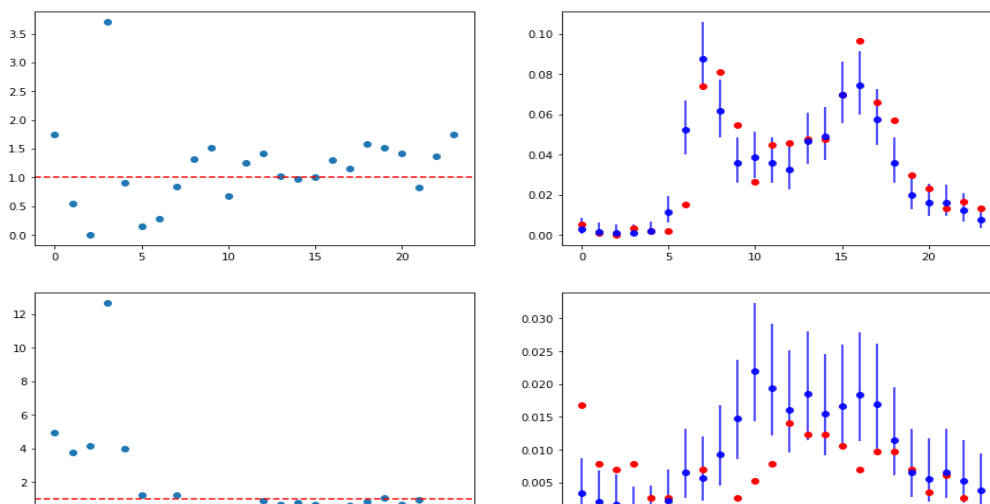
Vi er yderligere interesseret i om der er tidspunkter på dagen hvor cyklister er udsat for signifikant øget uheldsrisiko. Og hvis man ser på den relative risikoændring som funktion af tid på dagen i venstre plot af figur 4 ser man, at nattetimer fra (0-4) er relateret til en signifikant højere uheldsrisiko, Den er ligefrem øget til det dobbelte. Resten af tiden er der dog ingen signifikant effekt indtil man tager højde for hverdag og weekend, hvor time på dagen effekter ses i figur 5



Figur 3: Venstre: Gennemsnitlig relativ risikoændring givet timen på døgnet. Højre: Palm sandsynligheden for timen på døgnet med konfidensinterval (blå), empirisk uheldssandsynlighed givet timen på døgnet (rød).

Plottet øverst til venstre viser den relative risikoændring for timer på døgnet i hverdagen og det i det øverste højre hjørne viser en sammenligning af uheldsproportionerne og den overordnede risiko med usikkerheder. Her ses det, at nattetimerne ikke viser nogen signifikant sammenhæng med øget uheldsrisiko. Derimod ses der signifikant øget risiko fra 8-9 med mere end 30% og 16-19 med mere end 50%, med undtagelse af klokken 17. I weekenderne finder vi, at timerne fra 0-4 er relateret til en signifikant øget risiko for cykeluheld med minimum 300\$. Dette er i den grad vigtigt at tage højde for separate virkninger for hverdag og weekend, da det ellers havde betydet, at øget risiko for cykeluheld om natten fejlagtigt ville være antaget for alle dage.

Fundende af øget risiko i morgen- og eftermiddagsmyldretiden kan være forbundet til træthed såvel som tæt trafik i begge ender af arbejdsdagen. Overordnet er resultaterne i overensstemmelse for tidligere fund vedrørende "time på døgnet" sammenhæng med uheldsrisiko (Dozza, 2017; Pack et al., 1995). Vores resultater peger på flere lignende tilfælde hvor det kan være vigtigt at tage højde for kombinerede effekter af vejforhold. I tabel 2 kan man se nogle af de kombinerede effekter der var overvejet.



Figur 4: (top: hverdag, bund: weekend) Venstre: Gennemsnitlig relativ risikoændring givet timen på døgnet. Højre: Palm sandsynligheden for timen på døgnet med konfidensinterval (blå), empirisk uheldssandsynlighed givet timen på døgnet (rød).

Tabel 2: Gennemsnitlig relativ risikoændring og signifikansevaluering for adskillige variabelinteraktioner

Kombinerede effekter	Relativ risikoændring	Sigifikant
Mørk (tørt)	0.99	N
Mørkt (vådt)	1.46	J
Lyst (tørt)	0.79	J
Lyst (vådt)	1.16	J
Efterår (tørt)	0.9	N
Efterår (vådt)	1.76	J
Vinter (tørt)	0.97	N
Vinter (vådt)	1.58	J
Forår (tørt)	0.89	N
Forår (vådt)	0.82	N
Sommer (tørt)	0.8	N
Sommer (vådt)	0.9	J

risiko når der ingen nedbør er.

## Konklusion

De specifikke resultater vedrørende nedbør givet de forskellige årstider og sigtbarheden, såvel som at tage højde for forskellige trafikkonstellationer i hverdag og weekend, illustrerer vigtigheden af at tage højde for kombinerede variableffekter på risikoen for cykeluheld og uheld generelt. Dette er især vigtigt for at kunne lave meningsfulde indgreb og informationsdrevet byplanlægning, for at kunne forbedre sikkerheden for cyklister yderligere. Resultaterne viste specifikt en øget risiko for cykeluheld i nattetimerne i weekenden, sammenlignet med den overordnede risiko. Ligeledes var myldretider (morgen og aften) relateret til signifikant øget relativ risiko for cykeluheld. Også nedbør viste en sammenhæng med øget relativ risiko for uheld sammenlignet med den overordnede risiko. Især efter mørkets frembrud og i efteråret og om vinteren.

## Literatur

Dozza, M. (2017). Crash risk: How cycling flow can help explain crash data. *Accident Analysis & Prevention*,

- 105, 21–29. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2016.04.033>
- Horton, D. (2016). Fear of Cycling, 149–168. <https://doi.org/10.4324/9781315575735-13>
- Infrastructures, M. du D. durable et des. (2015). *Declaration on Cycling as a climate friendly Transport Mode Preamble*. Retrieved from [www.gouvernement.lu](http://www.gouvernement.lu)
- Johansson, O., Wanvik, P. O., & Elvik, R. (2009). A new method for assessing the risk of accident associated with darkness. *Accident Analysis and Prevention*, 41(4), 809–815. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.04.003>
- Karlaftis, M. G., & Yannis, G. (2010). Weather Effects on Daily Traffic Accidents and Fatalities: A Time Series Count Data Approach. *Transportation Research Board 89th Annual Meeting*. Retrieved from <http://147.102.154.193/gyweb/wp-content/uploads/geyannis-pc102.pdf>
- Norros, I., Kuusela, P., Innamaa, S., Pilli-Sihvola, E., & Rajamäki, R. (2016). The Palm distribution of traffic conditions and its application to accident risk assessment. *Analytic Methods in Accident Research*, 12(March), 48–65. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2016.10.002>
- Pack, A. I., Pack, A. M., Rodgman, E., Cucchiara, A., Dinges, D. F., & Schwab, C. W. (1995). Characteristics of crashes attributed to the driver having fallen asleep. *Accident Analysis and Prevention*, 27(6), 769–775. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00034-8](https://doi.org/10.1016/0001-4575(95)00034-8)
- Prato, C. G., Rasmussen, T. K., Nielsen, O. A., & Watling, D. P. (2013). A disaggregate pseudo-dynamic assignment for the activity-based model of the Greater Copenhagen Area.
- Stocker, T.F., Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. B. and P. M. M. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Theofilatos, A., & Yannis, G. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 244–256. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2014.06.017>
- Transport for London. (2014). Attitudes towards cycling Annual report 2014 TfL, 1–198. Retrieved from <https://tfl.gov.uk/cdn/static/cms/documents/attitudes-to-cycling-2014-report.pdf>
- Twisk, D. A. M., & Reurings, M. (2013). An epidemiological study of the risk of cycling in the dark: The role of visual perception, conspicuity and alcohol use. *Accident Analysis and Prevention*, 60, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.08.015>
- Vejdirektoratet. (2018). Hvorfor stiller vi cyklen?, 16.