Vejrets indvirkning på bilisters hastighedsvalg

Jeppe Hovaldt Jørgensen
Kandidatspeciale
Veje & Trafik
Institut for Byggeri & Anlæg
Aalborg Universitet
Den 7. Juni 2019

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Veje og Trafik
Det Ingeniør- og Naturvidenskabelige Fakultet
Institus for Byggeri og Anlæg
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Ø
http://www.byggeri.aau.dk

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Kandidatspeciale:

Vejrets indvirkning på bilisters hastighedsvalg

Master´s thesis:

The weather impact on drivers speed choice

ECTS: 30 point

Forfatter:

Jeppe Hovaldt Jørgensen

Projektperiode:

1. februar 2019 - 7. juni 2019

Vejleder:

Niels Agerholm

Sidetal: 68

Bilag: 5 bilag (19 sider)

Elektronisk bilag: 1

Omslag: [Colourbox, 2019]

Censor:

Vagn Bech

Afsluttet: 07-06-2019

Synopsis:
Dette afgangsprojekt har til formål at undersøge, hvilken påvirkning frostvejr og vådt føre har på bilisters hastighedsvalg. I rapporten anvendes Floating Car Data fra forskningsprojektet ITS Platform og vejrdata fra målestationer til at undersøge projektets problemstilling. I dette projekt er der taget udgangspunkt i 15 Nordjyske lokaliteter, som dækker over 27.000 ture fordelt på 342 bilister henover en måleperiode fra april 2010 til december 2012.

Resultaterne af undersøgelsen viser, at bilisterne nedsætter deres hastighed med 2-3 km/t, som følge af frostvejr eller vådt føre. Kombinationen mellem frostvejr og vådt føre giver i undersøgelsen hastighedsnedsættelser mellem 5-20 km/t. Analysen viser også, at bilisterne er mere tilbøjelig til at nedsætte deres hastighed, som følge af en våd vej end den temperatur som de kører i. Undersøgelsen kan ikke indikere om de fundne resultater er en valid hastighedstilpasning i forhold til sikker kørsel under de undersøgte forhold.

Rapportens indhold er frit tilgængeligt, hvorved offentliggørelse (med kildeangivelse) uden yderligere betingelser accepteres.

Forord

Dette kandidatspeciale er udarbejdet af undertegnede, studerende i Veje & Trafik ved Institut for Byggeri og Anlæg, som afslutning på kandidatuddannelsen på Aalborg Universitet. Denne rapport er udarbejdet i perioden 1. februar 2019 til 7. juni 2019.

I forbindelse med projekt rettes en tak til Niels Agerholm fra Aalborg Universitet for vejledning og sparring gennem skriveprocessen. Der rettes også en stor tak til Anne Vingaard Olesen og Pelle Gøeg fra Trafikforskningsgruppen ved Aalborg Universitet for vejledning i forbindelse med databehandlingen, samt hjælp i forbindelse med indsamling af data i projektet.

Yderligere rettes en tak til Michel M. Eram og Freddy Knudsen fra Vejdirektoratet for hjælp i forbindelse med indhentning af data og fortolkning af disse.

Læsevejledning

Litteraturlisten for dette projekt er placeret bagerst i rapporten inden bilag. Gennem rapporten fremtræder kildehenvisniger efter Harvardmetoden, hvor kilden refereres med [Efternavn, År]. Henvisninger i teksten fører til litteraturlisten, hvor bøger er angivet med forfatter, titel, udgave og forlag, mens hjemmesider er angivet med forfatter, titel og dato. Figurer og tabeller er nummereret i kronologisk rækkefølge i henhold til kapitel, dvs. den første figur i kapitel 3 har nummer 3.1, den anden, nummer 3.2 osv. Forklarende tekst til figurer og tabeller angives under de givne figurer og tabeller. Gennem rapporten er der anvendt kortmateriale fra Kortforsyningen til figurer [Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2019].

Aalborg, Juni 2019
Jeppe Hovaldt Jørgensen

Abstract

Approximately 40 % of traffic accidents in Denmark occur on rural roads. In 33 % of these accidents speed is the main factor and has a significant influence on the severity of the accident. One of the many factors that have an influence on driving speed is weather conditions. Several international studies have examined different weather conditions and their influence on driving speed for various road types. In Denmark the Danish Road Directorate has made studies regarding how weather impacts speed on the motorway. However, there is limited knowledge surrounding weather conditions and their effect on rural roads in Denmark. This paper analyzes how temperature and wet pavement conditions influences driving speed on rural roads of Denmark.

Driving speed is analyzed using Floating Car Data from the research project ITS Platform and weather data from weather measurement stations of the type Vaisala. This paper builds on data from 15 different rural roads in Northern Jutland where 342 different cars have driven 27.000 trips over a 3-year period. The data is categorized into 24 different groups, based on 6 temperature intervals of 5 °C and 4 different pavement conditions: dry, damp, wet and very wet. Using statistical tests and the average driving speed the following cases are examined: temperature impact, impact of the different pavement conditions and a combination of the two.

The results of this paper show that a decrease in temperature to under 0 °C gives a statistically significant reduction in speed, at approximately 3 km/h. This reduction is also reflected in the speed distribution, where a statistically significant variation is detected between frost and thaw. A further analysis of the temperature shows the variation between the categories doesn't change significant (± 1 km/h) when temperature is either above or below 0 °C.

Analyzing dry and wet pavement conditions shows a statistically significant reduction in average speed by approximately 2 km/h. The further analysis of the pavement conditions shows a significant speed reduction when comparing the categories of dry and damp (2 km/h), wet and very wet (8 km/h). The distribution of speed as a result of the amount of water on the pavement shows a large dispersion in speed under very wet road conditions. The result of analyzing the influence of both temperature and pavement conditions shows that both factors affect driving speed, especially in wet and cold weather conditions. Factors such as location and the characteristics of the individual driver also have a statistically significant influence on driving speed.

The study concludes that decreasing temperatures and wet pavement conditions reduces driving speed by an average of 2-3 km/h and even more then the two factors interact. It is also concluded that the drivers are more likely to reduce their speed due to the conditions of the pavement rather than the weather temperature they are driving in. However, it cannot be concluded whether the reduction in speed is sufficient in order to significantly increase driving safety under the examined weather conditions, which needs to be analyzed further.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1 Indledning **1**

Kapitel 2 Projektbaggrund **3**
2.1 Bilisters hastighedsvalg . . . 3
2.2 Relationen mellem hastighed og ulykkesrisiko . . . 4
2.3 Hastighed som ulykkesfaktor . . . 6
2.4 Vejrets indvirkning på hastighedsvalget . . . 7
2.4.1 Uheldsrisiko under forskellige vejrforhold . . . 9
2.5 Problemformulering . . . 11
2.5.1 Afgrænsning . . . 11

Kapitel 3 Metode **13**
3.1 Litteratursøgning . . . 13
3.2 Datatyper . . . 14
3.2.1 Vejrdata . . . 14
3.2.2 Floating Car Data . . . 15
3.3 Udtrækning af data . . . 17
3.4 Målesnittets størrelse og placering . . . 17
3.5 Tilstedeværelse af andre vejrfænomener . . . 17
3.6 Vurdering af bilisteres hastighed . . . 18
3.7 Forbehandling af data . . . 18
3.7.1 Validering og indskrænkning af data . . . 19
3.8 Inddeling af kategorier . . . 20
3.9 Databehandling . . . 21
3.9.1 Forudsætninger for databehandlingen . . . 21
3.9.2 Regressionsanalyse . . . 22
3.9.3 Wilcoxon Rank Sum test . . . 22
3.9.4 Variansanalyse . . . 23
3.9.5 95% konfidensinterval . . . 23
3.9.6 Anvendelsen af statistiske tests . . . 24

Kapitel 4 Datagrundlag **25**
4.1 ITS platform . . . 25
4.1.1 Demografi af projektetspopulation . . . 25
4.2 Vejvejr . . . 26
4.3 Projektlokaliteterne . . . 26
4.4 Projektets emperiske datagrundlag . . . 28

4.4.1 Hastighedsfordelingen . . . 29
4.4.2 Temperaturfordelingen . . . 29
4.4.3 Vandspejlstykkelsens fordeling . . . 30
4.4.4 Spredning i antallet af ture pr. køretøj . . . 30

Kapitel 5 Resultater **31**
5.1 Temperaturens indvirkning på hastigheden . . . 31
5.2 Vådt vejføres indvirkning på hastigheden . . . 33
5.3 Interaktion mellem temperatur og vådt føre . . . 35
5.3.1 Korrigering for person- og stedvariationen . . . 36

Kapitel 6 Diskussion **39**
6.1 Forskellen mellem landeveje og motorveje . . . 39
6.2 Regnvejrs påvirkning af hastigheden . . . 39
6.3 Interaktion mellem temperatur og vejføret . . . 40
6.4 Mængden af data . . . 40
6.5 Antallet af køretøjer i hver kategori . . . 41
6.6 Validitet af hastigheder . . . 41
6.7 Antallet af kategorier . . . 42

Kapitel 7 Konklusion **43**

Litteratur **45**

Bilag A Målestationer **49**

Bilag B Anvendte statistiske metoder **51**

Bilag C Målesnit **55**

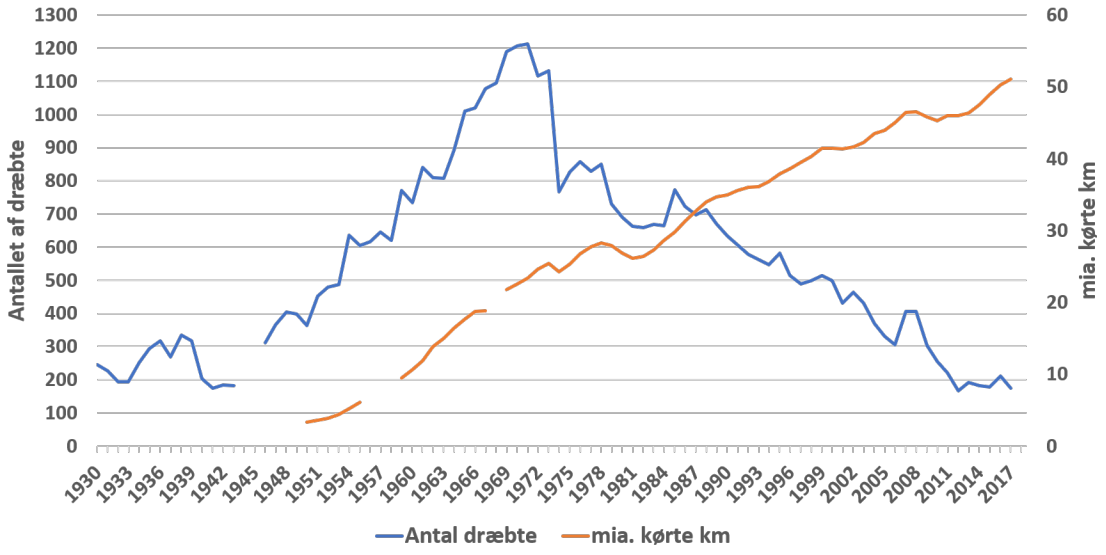
Bilag D Antallet af ture fordelt på boks id **65**

Bilag E Statistiske undersøgelser **67**

KAPITEL

1 Indledning

Udviklingen i antallet af dræbte på de danske veje har siden 1930´erne været gennem et længere udviklingsforløb, illustreret på figur 1.1. Fra perioden lige efter Anden Verdenskrig til 1970, blev bilen allemandseje, hvorved der blev kørt flere kilometer på vejnettet. I samme periode var der fri hastighed på de danske veje, som sammen med den øgede private bilisme gjorde, at antallet af dræbte steg frem til omkring 1970. Antallet af dræbte var på sit højeste i 1971 med ca. 1.200 personer, hvorefter antallet begyndte at falde. Dette fald kan tilskrives forskellige trafiksikkerhedstiltag, som er blevet implementereret løbende i takt med, at danskerne kørte mere og mere og antallet af biler i landet steg. [Vejdirektoratet, 2018]

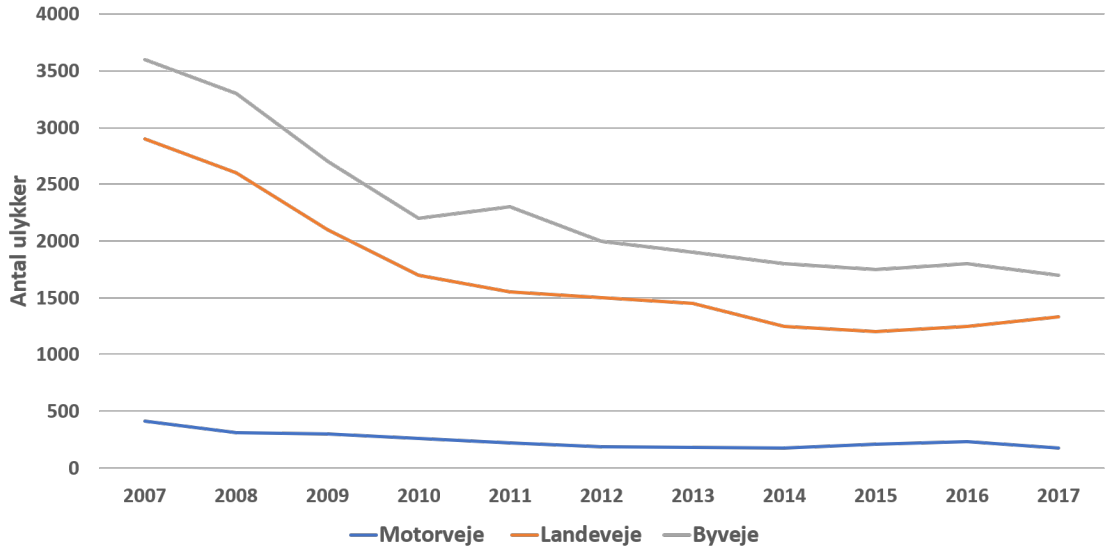


Figur 1.1. Antal dræbte i trafikken sammenlignet med antal kørte km i perioden 1930 til 2017. [Vejdirektoratet, 2018]

Et af de mest effektive tiltag var at indføre generelle hastighedsbegrænsninger i 1973, hvorefter antallet af dræbte faldt fra ca. 1.100 til ca. 760 i 1974. I slutningen af 1970'erne indførtes lovpligtig brug af sikkerhedssele og motorcykelhjelm, hvilket reducerede antallet af dræbte frem mod 1985 til 665 [Vejdirektoratet, 2018]. I samme periode blev hastighedsbegrænsning på landevejene reduceret fra 90 km/t til 80 km/t og på motorvejene blev den sænket til 100 km/t [Siren et al., 2012].

I 1988 udkom den første handlingplan fra Færdselssikkerhedskommissionen, *Færdselssikkerhedspolitisk handlingsplan*, som gennem lovgivning, kampagner, vejteknik og køretøjers sikkerhedsudstyr/indretning, skulle reducerer antallet af dræbte og tilskadekommende i trafikken med 40 % frem mod årtusindeskiftet . [Buksti, 2000] Igennem 90'erne og 00'erne har den teknologiske udvikling og nye transportpolitiske handlingsplaner reduceret antallet af dræbte til under 200 om året [Vejdirektoratet, 2018].

Ulykkesstatestik fra perioden 2007-2017 viser, at landevejsulykker udgør en markant rolle i det samlede antal af ulykker på det danske vejnet. Cirka 40 % af ulykker med dræbte eller tilskadekommende er sket på landevejene. Generelt set er der i Danmark sket en halvering i antallet af uheld siden 2007 på alle vejtyper, illustreret på figur 1.2.[Vejdirektoratet, 2018]



Figur 1.2. Antallet af ulykker fordelt på vejtyperne i perioden 2007-2017.[Vejdirektoratet, 2018]

I 2011 lavede Havarikommissionen for Vejtrafikulykker en undersøgelse af 30 ud af de i alt 919 ulykker, som skete på landevejene i 2009. Formålet med undersøgelsen var at kortlægge ulykkesfaktorerne, og komme med anbefalinger til at nedsætte antallet af ulykker. Undersøgelsen viste, at i 33 % af ulykkerne havde trafikanten enten kørt hurtigere end det tilladte eller ikke afpasset hastigheden efter vejforholdene. Den høje hastighed gjorde, at i ca. 17 % af ulykkerne, skete der alvorlige personskader, selvom hastigheden ikke var ulykkesfaktoren. [Havarikommissionen for vejtrafikulykker, 2014]

I færdselslovens §41 står følgende om hastigheden i forhold til vejforholdene:

> *"Et køretøjs hastighed skal til enhver tid være afpasset efter forholdene med særligt hensyn til andres sikkerhed. Den kørende skal herved tage vej-, vejr- og sigtforholdene, køretøjets tilstand og belæsning samt færdselsforholdene i øvrigt i betragtning."*
>
> [Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, 2018]

Afpasningen af hastigheden i forhold til omgivelserne og efter vejforholdene er herved lovpligtigt. Hvorvidt trafikanterne afpasser deres hastighed efter vejforholdene bør derfor undersøges nærmere, for at kunne udarbejde trafikkerhedestiltag til gavn for bilisterne og deres færden på de danske veje. Omdrejningspunktet i denne rapport er derfor at undersøge hvordan ugunstige vejrforhold påvirker bilisterne, og om de ændrer deres adfærd under kørsel i disse vejrmæssige situationer.

KAPITEL

2 Projektbaggrund

I dette kapitel er beskrives andre relevante studier, som er fundet i forbindelse med projektet litteraturstudie. Kapitel afsluttes med at opstille projektet problemformulering på bagrund af den fundne litteratur.

2.1 Bilisters hastighedsvalg

Valget af hastigheden under bilkørsel sker på baggrund af førens individuelle vurdering af mange forskellige faktorer. Nogle af disse faktorer er illustreret på figur 2.1. Bilisten vurderer ud fra disse faktorer, hvilken hastighed, som er passende i den givne situation [Andersen et al., 2016]. Faktorerne har forskellige indvirkning på bilistens hastighedsvalg, afhængig af hvordan de er tilstede under kørslen. Bilistens hastighedsvalg kan i en vis grad påvirkes af tiltag rettet mod selve trafikanten i form af kampagner, fartbøder og ligende, men den kan også påvirkes ved ændring af vejens udformning.[Havarikommissionen for vejtrafikulykker, 2014]

Figur 2.1. Faktorer som påvirker bilisters hastighedsvalg.
Inspiration fra Spolander et al. [1979].

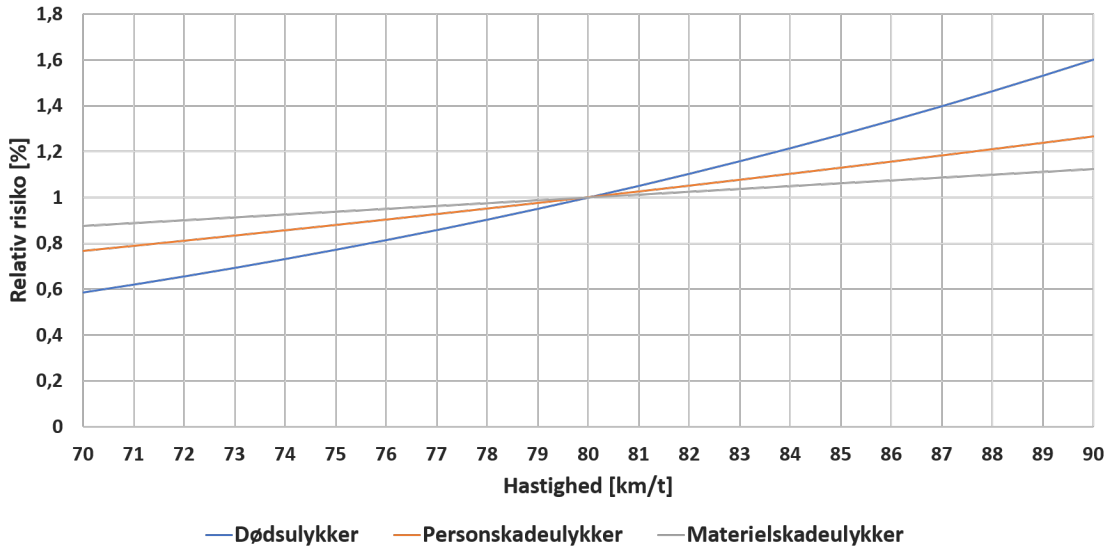
I 2011 blev der lavet et studie i Norge med det formål at undersøge hvordan faktorerne; risikovillighed for hastighedsovertrædelse, højere fartbøder samt om de andre trafikanters hastighed påvirker hastighedsvalget. I undersøgelsen svarede 408 bilister på et spørgeskema omhandlende disse faktorer, inden de blev præsenteret for ni hypotetiske situationer. Respondenterne var ikke orienteret om, at inden spørgeskemaeundersøgelsen, var der blevet udførte hastighedsmålinger, for at sammenholde disse med besvarelserne. Resultaterne af undersøgelsen viser, at bilisternes hastighed påvirkes mest af de andre bilisters hastighed på strækningen og ved en øget politikontrol. Størrelsen af bøden havde kun en minimal indvirkning på hastigheden sammenlignet med de andre faktorer. [Ryeng, 2012]

2.2 Relationen mellem hastighed og ulykkesrisiko

Trafiksikkerhedsmæssigt har hastighedsvalg en stor betydning for antallet af ulykker og alvorligehedsgraden af disse[Elvik, 2012; Greibe, 2005; Nilsson, 2004]. Denne sammenhæng kan udtrykkes ved matematiske modeller, kendt som potensmodellen og ekspoentialmodellen. Potensmodellen er udviklet af svenskeren Göran Nilsson, og er en af de mest anvendte modeller til at beskrive sammenhængen mellem hastighed og ulykkesrisiko[Greibe, 2005]. Ekspoentialmodellen er en nyere model, som er udviklet af Rune Elvik og løser en lille svaghed ved potensmodellen, hvilket gør den særligt anvendlig på vejstrækninger med høje hastigheder. Ved små hastighedsændringer afviger de to modeller ikke signifikant fra hinanden, hvor potensmodellen er den mest simple af dem. Ved en hastighedsnedsættelse på 5 km/t af gennemsnitshastigheden på almindelige veje i landområder (> 60km/t), viser potensmodellen et fald i antallet af personskadeuheld på 10-15 %. Modellen tager ikke højde for hvordan ændringen i gennemsnithastigheden opstår.[Vejdirektoratet, 2017]

I et studie fra 2010 undersøges det, om potensmodellen er valid for alle vejtyper i form af byveje, landeveje og motorveje. Studiet viste, at potensmodellen er valid i forhold til landeveje og motorvejene, men at yderligere forskning er nødvendig for, at kunne beskrive ulykkesforholdende ved byveje.[M.H.Cameron og Elvik, 2010]

Relationen mellem hastighed og ulykkesrisiko er på figur 2.2 udtrykt ved potensmodellen. Figuren tager udgangspunktet i 80 km/t og og viser, at ved en hastighedsforøgelse fra 80 km/t til 90 km/t øges risikoen for at være involveret i en dødulykke med 60 %. Ved en hastighedsnedsættelse fra 80 km/t til 70 km/t reduceres risiko med 40 %. Dette giver en klar indikation om at hastigheden indflydelse på ulykkers alvorligehed og forekomst.



Figur 2.2. Ulykkesrisiko, som følge af hastigheden udtryk ved potensmodellen.

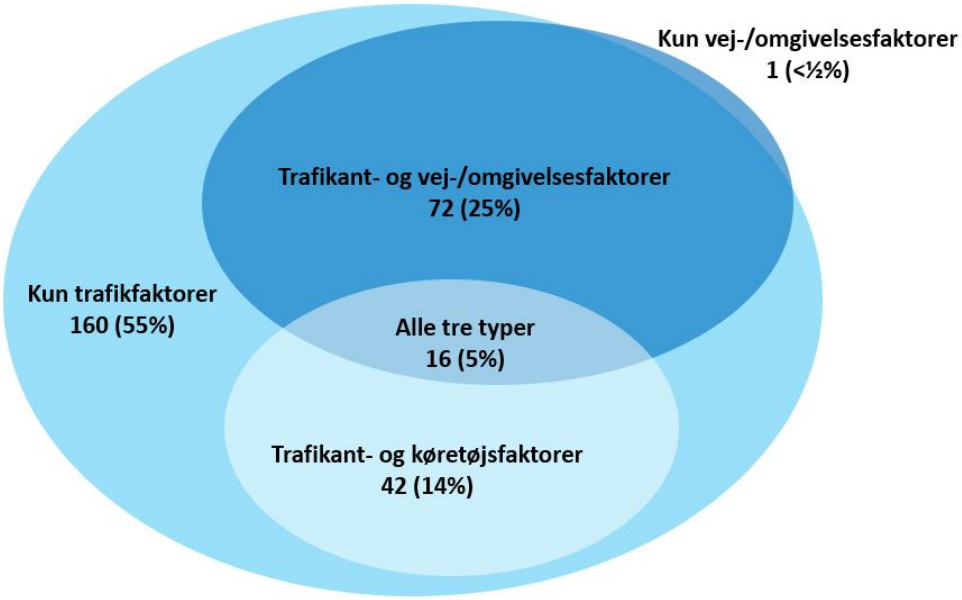
Et britisk studie viser, at ved en hastighedsændring på 1 km/t stiger ulykkesrisikoen mellem 2,5% - 5,5%, for landeveje afhængig af vejens kvalitet. Samme studie viser yderligere, at en stor spredning i hastigheden på en vejstrækning resulterer i flere møder mellem bilisterne og flere overhalingsmanørverer, hvilket er med til at øge ulykkesrisikoen. [Taylor et al., 2002]

Samme konklusion drages af Solomon [1964], hvor 10.000 bilisters hastighed er undersøgt på 600 km hovedlandeveje. I studiet kunne forfatteren ud fra resultaterne dokumentere en u-formet sammenhæng mellem hastighedsvariation og ulykkesfrekvensen. Denne sammenhæng indikerer, at uheldsfrekvensen stiger i takt med, at bilistens hastighed varierer fra middelhastigheden [Solomon, 1964; Garber og Gadiraju, 1989].

Finch et al. [1979] har udført en metaanalyse af landevejsstrækninger i Finland, Danmark, Schweiz samt USA og har opstillet en lineær sammenhæng mellem hastighed og uheldsrisiko. Analysen vister, at ved en hastighedsstigning på 1mph (1.6 km/t) øges uheldsrisikoen med 5 %, hvilket stemmer godt overens med resultaterne fundet af Taylor et al. [2002].

2.3 Hastighed som ulykkesfaktor

Havarikommissionen for vejtrafikulykker [2014] har undersøgt 291 ulykker med henblik på at kortlægge ulykkesfaktorer. Fordelingen af de undersøgte ulykker er angivet på figur 2.3 samt hvor ofte de forskellige faktorer optræder samtidigt i en ulykke. I næsten 100 % af ulykkerne er trafikanten en faktor, hvorved ulykken kunne være undgået ved en mere hensigtsmæssigt kørsel. Ud fra figur 2.3 ses, at ulykker hvor kun vejen og dens omgivelser har haft en betydning, ligger under 1 %. I 25 % af ulykkerne er interaktionen mellem trafikant- og vejfaktorer årsagen til ulykkesforekomsten. Én af de mest hyppige trafikantfaktorer er en forhøjet hastighed, som også er en medvirkende årsag til alvorlighedsgraden af ulykken[Lyckegaard, 2016; Greibe, 2005; Taylor et al., 2002; Nilsson, 2004].



Figur 2.3. Fordeling af ulykker med trafikant-, køretøjs- og vejfaktorer (Ulykkesfaktorer). [Havarikommissionen for vejtrafikulykker, 2014]

Havarikommissionens rapport beskriver to typer af hastighedsoverskridelser; i forhold til fartgrænsen og i forhold til omgivelserne/vejføret. De trafikanter, som kører for hurtigt under ugunstige vejrforhold, kaldes for risikoblinde og mangler generelt viden omkring, hvor meget hastigheden bør reduceres under disse forhold. Trafikanterne, som kører med en forhøjet hastighed under normale forhold betegnes som mere risikovillige, da dette er en bevidst valg fra førens side. [Havarikommissionen for vejtrafikulykker, 2014]

I tabel 2.1 fremgår den procentvise andel af de undersøgte ulykker, hvor hastigheden har været for høj i forhold til hastighedsgrænsen eller de lokale forhold. For landevejsstrækningerne ses, at i 35 % af ulykkerne var hastigheden for høj i forhold til vejen og dens omgivelser.

	Landeveje	Motorveje
I forhold til hastighedsgrænsen	20 %	18 %
For høj i forhold til vejen og dens omgivelser	35 %	50 %

Tabel 2.1. Andel af ulykker med hastighedsfaktor.[Havarikommissionen for vejtrafikulykker, 2014]

2.4 Vejrets indvirkning på hastighedsvalget

En af de faktorer, som er har mest betydning i forhold til hastighedsvalget, er vejret. Vejret har indflydelse på hastighedsvalget, da føreren skal korrigere for parametre, som nedsat vejgreb, sigtbarhed samt vindpåvirkning. Disse parametre kan optræde både enkeltvist eller i interaktion med hinanden. [M og Ali, 2018]

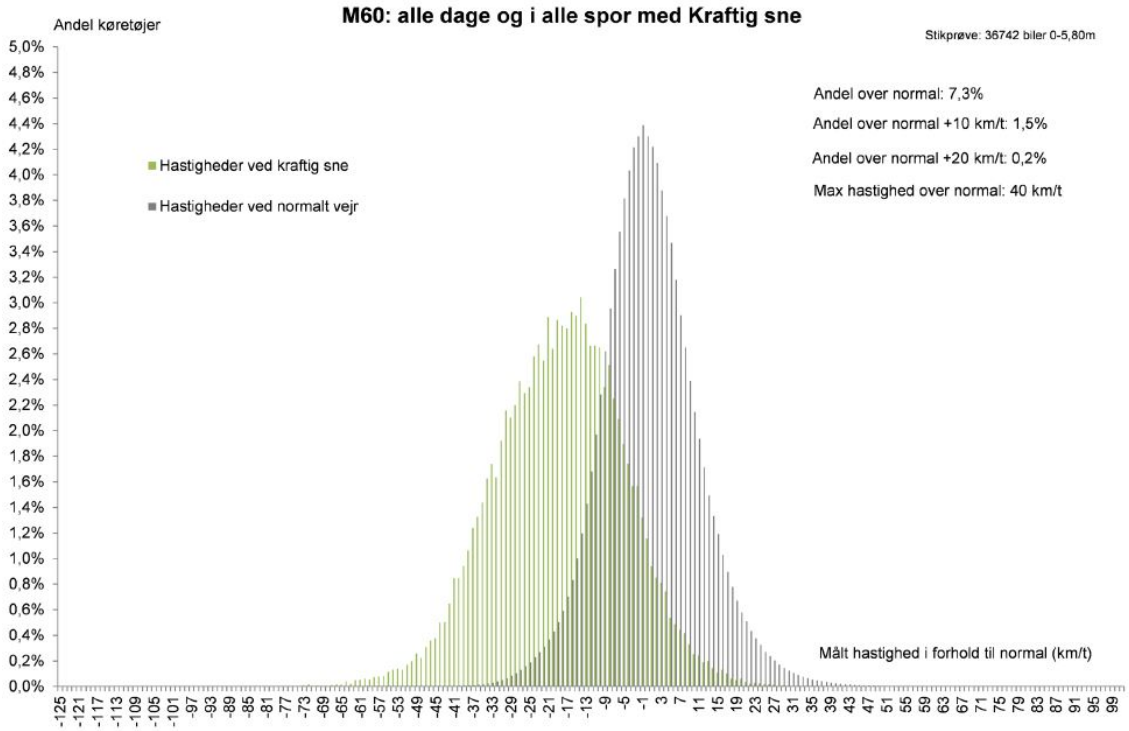
Af tabel 2.2 fremgår det, at forskellige vejrforhold påvirker ikke kun hastigheden, men også bla. kapaciteten, ulykkesrisikoen og hastighedsfordelingen.

Vejrforhold	Vejbanen	Trafikstrømmen
Lufttemperatur og fugtighed	-	-
Vindhastighed	Nedsat sigtbarhed (snestorm/sandstorm) Objekter på vejbanen	Hastighed Forsinkelser Ulykkesrisiko
Nedbør	Nedsat sigtbarhed Nedsat vejgreb	Kapacitet Hastighed Forsinkelser Ulykkesrisiko
Tåge	Nedsat sigtbarhed	Hastighed Hastighedsvariation Forsinkelser Ulykkesrisiko
Belægningstemperatur	Belægningsskader	-
Belægningstilstand	Nedsat vejgreb Belægningsskader	Kapacitet Hastighed Forsinkelser Ulykkesrisiko
Vandstand	Reduceret vejbane	Hastighed Forsinkelser Ulykkesrisiko

Tabel 2.2. Forskellige vejrforholds påvirkning på vejbanen og trafikkenstrømmmen. Modificeret fra [U.S. Department of Transportation, 2018]

I Jensen og Nielsen [2016] er vejr- og hastighedsdata fra 2012-2013 analyseret med henblik på at undersøge en mulig sammehæng mellem hastighed og vejret på Køgebugt Motorvejen. I undersøgelsen anvendes trafikdata fra Vejdirektoratets tællestationer tre steder på strækningen, mens vejrdata er fra Tune Lufthavn og vejrmålestation ved Roskilde. Vejrforholdene, som undersøges, er frost, tåge, vind, nedbør, sne og mørke. Analysen viste, at den største hastighedsnedsættelse (1-5 %) forekom under snevejr eller ved kraftigt nedbør (mere end 1 mm/t). De resterende vejrtilfælde reducerede hastigheden i størrelsenordnen 1 %. Studiet sammenholdte sine resultater med udenlandske studier, hvor det kunne konstateres, at vejrets påvirkning ligger lavt sammenlignet med lande som USA. Jensen og Nielsen [2016] vurderer, at forskellen skyldes, at vejrforholdene er mere kraftige i USA end tilfældet er i Danmark.

Et andet danske studie udført af Vejdirektoratet har undersøget tre motorvejsstrækninger og en landevejsstrækning. Formålet med studiet var at undersøge, om bilisterne tilpasser hastigheden efter kørselsforholdene. Undersøgelsen differencer mellem personbiler og lastbiler, som følge af deres forskellige tilladte hastigheder. Datagrundlaget for undersøgelsen er hastighedsdata fra perioden 2013-2015 fra de fire vejstrækninger ud fra Vejdirektoratets tællestationer og vejrdata fra Vejdirektoratets målestationer af type Vaisala. I analysen er der anvendt den nærmeste vejrstation, dog kan der være flere kilometer mellem vejrstationen og tællestationen, hvilket har en indvirkning på resultaterne. Resultaterne af analysen viste, at den største hastighedsreduktion forekom ved kraftig sne (4-14%) eller slud (0-12 %), mens regnvejr gav en reduktion på omkring 2 %. I resultaterne konstateres det, at der er en stor forskel mellem motorveje og landeveje, hvilket skyldes forskellen i den tilladte hastighed. Studiet konkluderer også, at hastighedsvariationen under dårligt vejr ænder sig, illustreret på figur 2.4, hvilket kan give farlige situationer. [Rikhof og Overgaard, 2017]



Figur 2.4. Forksellen i hastighedvarationen på M60 ved normalt vejr og under snevejr.[Rikhof og Overgaard, 2017]

Resultaterne antyder, at den enkelte bilist reagerer forskelligt på vejret og vejbanens tilstand, mens lastbilerne fastholder nogenlunde den samme hastighed uanset føret. Resultaterne af undersøgelsen forventes at kunne implementeres i de systemer, som anvendes til vejrvarsling i form af trafikinformation til trafikanterne, hvorved de kan tilpasse deres hastighed efter forholdene. [Rikhof og Overgaard, 2017]

I vinterperioden har flere lande et national system, som informerer trafikanterne omkring kommende vejr- og kørselsforhold. Kilpelainen og Summala [2007] har undersøgt trafikprognoser baseret på ugunstigt vejr i forhold til bilistens kørselsadfærd i Finland. I undersøgelsen blev der i forbindelse med forskellige vejrforhold udsendt spørgeskemaer til ca. 1.500 bili-

ster. Spørgsmålene omhandlede deres kørselsadfærd, opfattelse af vejret, trafikinformation om vejret, samt mulige rejseplansændringer. Svarerne fra undersøgelsen blev sammen med trafikprognoser, hastighedstællinger og vejrmålestaioner anvendt til en nærmere analyse. Resultaterne af analysen viste, at de bilister, som anvendte vejrprognoserne, ændrede deres rute i forhold til den planlagte, men det havde ikke en indflydelse på deres kørselsadfærd. Generelt viste undersøgelsen, at bilisterne sænkede deres hastighed med 6-7 km/t under ugunstige vejrforhold og kørselsadfærden primært blev påvirket af de observationer, som føreren gjorde sig under kørslen end trafikprognoserne. Afslutningsvis konkluderes det i studiet, at en mere lokal og teknisk fremgangsmåde, vil være mere gunstigt for vejforvaltningen i forhold til, at hjælpe bilisterne til at afpasse deres hastighed under dårlige vejrforhold. [Kilpelainen og Summala, 2007]

I Tanaka et al. [2010] har forfatterne undersøgt forskellen i kørselsadfærden ved isglatte veje og tørre veje, ved at anvende Floating Car Data. Forskellen blev analyseret ud fra selvdeffinerede sikkerhedsindikationer, som forfatterne opstillede, omhandlede kollisionsindex, kollisionshastighed og forventet kollisionshastighed. Analysen viste, at bilisternes øgede afstand til hinanden under glatte forhold for at undgå bagendekollisioner, hvilket gav en signifikant forskel i sikkerhedsindikatorerne mellem de to vejtilstande.

Et lignende studie undersøgte hastighedsfordelingen og bilisternes afstand til hinanden under regnvejr på tosporede landeveje. Analysen viste, at der ikke var en signifikant ændring i bilisternes afstand til den forankørende under regnvejr. Hastighedsfordelingen havde under regnvejr en større spredning og den gennemsnitlige hastighed blev reducerede fra ca. 76 til 73 km/t. [Rahman og Lownes, 2012]

Zhang et al. [2018] har anvendt realtidsvejrdata og Floating Car Data til at undersøge hastighedsforskellen mellem normalvejr og forskellige nedbørsintensiteter på forskellige vejklasser med forskellige trafikbelastning. Resultaterne af analyse viste, at ved store regnintensiteter reducerede bilisterne hastigheden med 12-15 % afhængig af, hvilken vejtype de kørte på.

Et lignende kinesisk studie undersøges, via 30 personers kørselsadfærd i en simulator ved forskellige vejrforhold (tåge, regn og sne), om forsøgspersonernes hastighed blev påvirket af vejret. Undersøgelsen viste, at vejfænomener, som snestorm, regnskyl og stræk tåge, havde den største indflydelse på kørselsadfærden.[Zhao et al., 2018]

En af faktorerne for hastighedsvalget er førens kørselserfaring. Denne faktor har Kairan et al. [2009] undersøgte i henhold til unge bilister hastighedstilpasning i vådt føre. Resultanterne viste, at de nye bilister reducerede deres hastighed med 4-5 km/t på dage med regnvejr. Undersøgelsen påpeger, at hastighedsreduktion ikke er tilstrækkelig i forhold til faren ved at køre i vådt føre.

2.4.1 Uheldsrisiko under forskellige vejrforhold

Várhelyi [1996] har i sin Ph.d udviklet et forslag til dynamisk hastighedstilpasning gennem informationssystemer. En af de elementer som undersøgt i den forbindelse omhandlede ændringen i hastighed og ulykkesrisikoen som følge af våde veje, glatte veje og mørkekørsel. Tabel 2.3 viser, at bilisterne reducerede deres hastighed med op til 11 %, som følge af glatføre, mens vådt føre gav en hastighedsnedsættelse på 0-6 %. Under disse forhold viser tabellen, at

ulykkesriskoen stiger med 10-50 % under våde vejrforhold, mens de galtte veje gav en forøgelse på 400-800 %.

Forhold	Ændring i	
	Hastighed	Ulykkesrisiko
Våd Vej	0- -6 %	+10- +50 %
Glat vej	-7- -11 %	+400-+800 %
Mørke kørsel	+9- -7%	+30-+100%

Tabel 2.3. Ændring i hastighed og ulykkesrisiko ved forskellige kritiske vej og lys forhold sammenholdt med normale forhold.[Várhelyi, 1996]

Ulykkesrisikoen under regnvejr er undersøgt af Brodsky og Hakkert [1988], hvor data fra Israel og USA er analyseret. Studiet viste, at ulykkesrisikoen steg 2-3 gange i regnvejr grundet to faktorer. Den ene faktor var følgevirkningen ved regnvejret i form af nedsat vejgreb, hvilket var særligt glædende i vejeskurver. Den anden faktor var nedsat sigtbarhed under regnvejret, hvilket blev forværret yderligere om natten. I [Salli et al., 2008] viste resultaterne af et forskningsprojektet, at ulykkesrisikoen under våde vejrforhold steg 5 gange for dødsulykker.

I perioden 2014-2016 blev 43 strækninger i Finland undersøgt med henblik på at undersøge, hvilken effekt forskellige vejrforhold havde på ulykkerisikoen på hovedlandeveje og motorveje. Resultaterne viste, at under ugunstig vejrforhold, som frysende regn og glatte vejforhold øgede ulykkesrisikoen signifikant. Sammenholdes ulykkesrisikoen mellem disse to vejtyper viste undersøgelsen, at ulykkesrisikoen var højere på motorveje end tosporede veje under ugunstige vejrforhold. Samme studie viste ligeledes, at ved ulykker med enkelte kørekøjer var ulykkesrisikoen højere end ulykker med flere køretøjer.[Malin et al., 2019]

Lignende studier har undersøgt, hvilken effekt vinterlige vejrforhold har på ulykkesrisikoen og konstaterer at der sker en forøgelse i ulykkesrisikoen under disse vejrforhold. Salli et al. [2008] og Action [2008] konkluderer begge, at ulykkesrisikoen stiger 4-5 gange ved snevejr eller glatte veje.

I Danmark har Teilmann og Bennedsen [2018] lavet en undersøgelse, som viser, at antallet af glatføreuheld har en varierende tendens, som følger hårdhed af vinteren. I forlængelse af dette indikerer studier, at hyppigheden af de vinterlige forhold har en betydningen for ulykkesrisikoen. Ved hyppige vinterforhold vil risikoen være lavere, da bilisterne herved er vant til at køre i denne type vejr. Ved få vinterlige perioder øges risikoen, eftersom bilisten skal omstille sig på forholdene.[Malmivuo og Kärki, 2002; Bergström, 2003; Sarjamo og Malmivuo, 2004]

Huang et al. [2010] har undersøgt, hvordan nedsat sigtbarhed ved tåge påvirker ulykkesrisikoen. Det blev konkluderet at ulykker, som følge af nedsat sigtbarhed, primært opstår i morgentimerne fra december til februar og forkommer hyppigere på på 2-sporede landeveje.

2.5 Problemformulering

Det er blevet belyst, hvilken betydning hastighedsvalget har for trafiksikkerhed, samt hvilken påvirkning forskellige vejrfænomener har på hastighedsvalget og ulykkesrisikoen. Valget af en forkert hastighed eller hvis førens ikke afpasser sin hastighed i forhold til omgivelserne eller vejføret, øger ulykkesrisikoen. Jævnfør potensmodellen øges risikoen for at være involveret i en dødsulykke, jo hurtigere bilisten kører. Bilistens hastighedsvalg har derfor en vigtigt betydningen i forhold ulykkesforekomsten og alvorlighedsgraden af dem.

Flere studier viser, at bilisten ikke tilpasset sin hastighed i forhold til omgivelserne (risikoblinde) eller ikke har overholdet hastighedsgrænsen (risikovillige). Risikoblinde bilister har ikke kendskab til, hvilken hastighed de bør køre med under givne forhold. Vejrmæssige påvirkninger kan være en af årsagerne til, at trafikanten ikke kører med den korrekte hastighed for den givne situation. Undersøgelser af hastigheden under forskellige vejrforhold giver også en indikation af, hvordan hastighedsfordelingen ændre sig. Ved en stor spredning mellem hastighederne på vejstrækningen opstår flere mødesituationer mellem bilisterne, hvilket øger ulykkesrisikoen.

Projektbaggrunden viste, at ugunstig vejrforhold får bilisterne til at sænke deres hastighed, men ikke nok i forhold til forholdene de kører under. Danske undersøgelser omkring emnet, er primært udførte på motorveje, hvorved der er begrænset kendskab til, hvordan situationen forholder sig på de danske landeveje. Udenlandske erfaringer med vejrets indvirkning på hastigheden indikerer, at situationer, som snestorm, skybrud og kraftig tåge har størst indvirkning på hastigheden. Derfor er der i dette projektet valgt at undersøge, hvilken effekt mindre vejrmæssige forhold har af betydning for hastigheden. Med afsæt i projektbaggrunden er der udarbejdet følgende problemformulering:

Hvilken indflydelse har temperatur og vådt føre på bilisters hastighedsvalg?

Hypoteser:

- Bilister sænker deres hastighed ved risiko for glatte veje (Temperaturen <0 °C).
- Bilister sænker deres hastighed ved risiko for akvaplaning (Vådt føre).
- Bilister sænker deres hastigheden signifikant, som følge af kombinationen af frost og våde veje (Risiko for isglatte veje).

2.5.1 Afgrænsning

I projektet afgrænses der fra at se på andre vejrmæssige påvirkninger, som har været tilstede under kørselen. Herved tages der ikke højde for intensiteten af nedbør, tåge eller sne. Projektet omhandler kun landevejsstrækninger, hvorved der afgrænses fra motorvejsstrækninger.

KAPITEL

3 Metode

I dette kapitel beskrives rapportens anvendte metoder og hvilke valg, som er foretaget i forbindelse med dette projekt.

3.1 Litteratursøgning

Forud for dette projektet er der foretaget en systematisk litteratursøgning. Formålet med søgningen var at indsamle eksisterende viden omkring vejrets indvirkning på bilisters hastighedsvalg, samt betydningen af hastighedsvalget. Disse relevante problemstillinger ønskes belyst af både af national og international litteratur. Resultatet af litteratursøgningen danner primært grundlag for rapportens kapitel 1, hvor eksisterende litteratur beskrives. Litteratursøgningen indledes ved at anvende nøgleord udvalget ved gennemlæsning af Jensen og Nielsen [2016]. De fundne nøgleord suppleres med selvvalgte nøgleord, som menes at kunne give en bredere litteratursøgning. Nøgleordene er angivet i tabel 3.1 på dansk og engelsk.

Danske	Engelske
Landevej	Rural roads
Vejrforhold	Weather conditions
Hastighed	Speed
Hastighedsvalg	Speed choice
Trafiksikkerhed	Road safety
Temperatur	Temperature
Vejforholdene	Road surface conditions

Tabel 3.1. Danske og engelsk nøgleord, som er anvendt ved litteratursøgning.

Disse nøgleord anvendes i samspil med hinanden og enkeltvis i både databasesøgninger og websøgninger, ved at anvende boleske operatorer som AND, OR eller NOT. Ved at anvende ordene i kombination med hinanden fås en mere specifik søgningen. Ved at anvende specifikke søgeord frasorteres irrelevant litteratur, hvorved søgepuljen indsnævres. Denne frasortering kan dog involvere relevant litteratur, hvilket dog vurderes at kunne undgås, ved at anvende forskellige kombinationer af søgeorderne. I litteratursøgningen er følgende databasser anvendt:

- Vejdirektoratets publikationer
- TRID - Transportation Resarch Information Documentation
- Trafik & veje
- Science Dircet

De anvendte søgeord suppleres undervejs med nye, som findes gennem litteratursøgningen. Yderligere gennemgås den fundne litteraturs referencer, for at supplere yderligere.

3.2 Datatyper

For at undersøge projektets hypoteser, er det nødvendigt at have adgang til en stor mængde hastighedsdata fordelt henover en lang periode. Gennem forskningsprojektet ITS Platform har Aalborg Universitet adgang til 3-års indsamlet hastighedsdata i form af Floating Car Data (FCD), hvorfor disse anvendes i projektet. ITS Platform beskrives i afsnit 4.1. Vejrforholdende i Danmark er varierende og ved at have en lang registeringsperiode, øges sandsynligheden for at have flere dage med varierende vejrforhold. I dette projektet anvendes stedsspecifikke vejrdata fra målestationer, som anvendes i forbindelse med overvågning og varsling af glatføre på stats- og kommuneveje.

3.2.1 Vejrdata

Vejrforholdene på en vejstrækning er påvirket af lokale forhold, da de naturlige omgivelser ændrer sig langs med strækningen. Skyggeforhold, naturlige omgivelser samt det vertikale fald er nogle af de parametre, som har en indvirkning på en vejstrækningens føre. Vejrdata fra målestationerne er derfor specifik for lokaliteten, og kan ikke estimeres eksakt ud på en længere strækning uden en matematisk model.[Petersen et al., 2009]

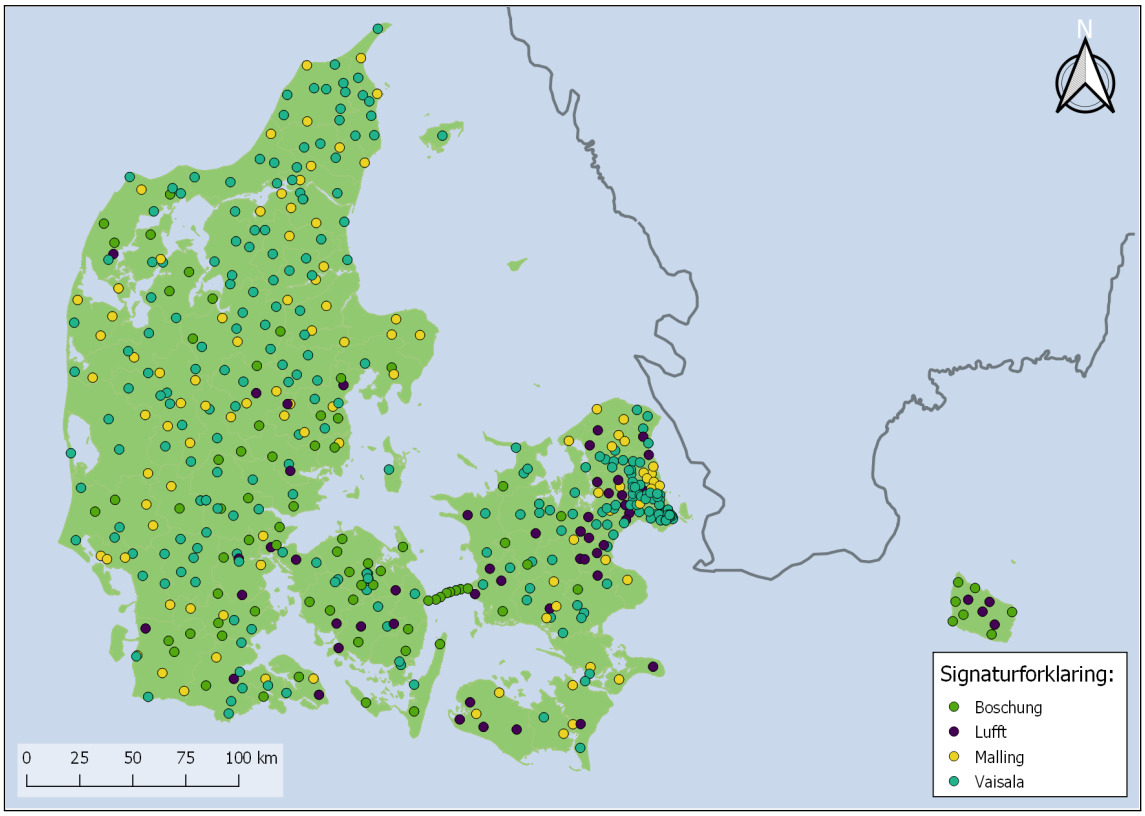
Målestationerne anvendes som et værktøj med det formål at registrerer, hvornår behovet for glatførebekæmpelse er nødvendigt ud fra forskellige parametre. Vejdirektoratet har i samarbejde med kommunerne omkring 500 målestationer rundt om i landet, illustreret på figur 3.1. Placeringen af målestationerne foregår ved en gennemkørsel af vejnettet, med en særlig bil som har påmonteret en sensor, der registrerer de koldeste steder på vejnettet, for at placere stationerne strategisk. Denne proces sker hver 3. år skiftende for de forskellige dele af landet.[Jørgensen, 2018; Vejdirektoratet, 2019]

I Danmark anvendes forskellige typer af målestationer, som registrerer forskellige antal af parametre. I Nordjylland er det primært målestationerne af type Malling og Vaisala, som er benyttet. Parametrene for disse to stationstyper er angivet i bilag A. Til undersøgelsen anvendes målestationer af typen Vaisala, eftersom denne type station kan måle både temperatur og mængden af vand på vejen.

Parameteren lufttemperatur anvendes fremfor vejtemperatur, da det antages at bilisterne orienterer sig omkring temperaturen via bilens temperaturføler eller vejrudsigten og derved ikke har indblik i vejtemperaturen. [Snevagten, 2017]

Alternative vejrdata

Udover målestationer, kan der benyttes andre typer af platforme til at indhente vejrdata på. Andre metoder, som radar og områdemålinger, giver et mere overordnet billede af vejret i bestemte område af landet. Ved at anvende områdebaseret vejrdata, vil der forekomme en usikkerhed i form af, at den eksakte vejrsituation ikke vil være afspejlet ved den udvalgte lokalitet.



Figur 3.1. Målestationers placering fordelt i Danmark.[Eram, 2019]

3.2.2 Floating Car Data

Floating Car Data (FCD) er en datatype som indsamles kontinuerligt under bilistens kørsel via en GPS-sender. Gennem FCD indsamles data fra kørslen vedrørende hastighed, position, kørselsretning og tidlogning af køretøjet. Med denne type af informationer er det muligt at beregne bla. rejsetid eller identificere trafikstrømme.[Decell Technologies Ltd, 2019]

Indsamling af FCD foregår ved installation af en On Board Unit (OBU) i køretøjet, som bla. registrerer hastighed og position under kørslen. Registeringen sker via GPS-signalet i OBU´en, som med en fastlagt frekvens sender data til en online server til lagring. OBU´en i kørtøjet kan både være en GPS-boks, navigationssystem eller førens mobil med en APP installeret. Udfordringen ved indsamling af data med FCD er, at OBU´en skal installeres i hvert enkelt kørtøj, hvilket er ressourcekrævende. En anden udfordring ved FCD er, at trafikanten kan være bevidst om registeringen af hastigheden under kørslen, hvilket kan give en underestimeret hastighed. Ved at FCD er indsamlet maskinelt, tages der ikke højde for uforudsete hændelser og forankørende bilister, som påvirker førens hastighed. [Jørgensen, 2011]

Alternative hastighedsmålinger

Udover FCD findes mange forskellige metoder, hvorpå hastigshedsdata kan indsamles. Hastighederne kan registreres i et snit eller henover en strækning, afhængig af formålet med undersøgelsen. Ud fra at vejrdata er stedspecifikke i dette projektet, anvendes snithastigheder. Til at registrerer snithastigheder kan metoderne i tabel 3.2 anvendes:

Metode	Beskrivelse
Tælleslanger	Gummislanger udlægges henover vejbanen med registreringsenheden ud ved vejkanten. Køretøjerne registreres ved ændring af slangernes lufttryk i forbindelse med overkørsel, hvorved anvendelse af to slanger registrerer køretøjshastighed. Denne metode anvendes som regel over en kort periode (1 uge), hvor tællingen ønskes udført og er en billig og fleksibel løsning.
Spoler	Nedfræset elektriske ledninger i asfalten, som danner en spole. Spolen har en lille spænding, som danner en impuls, når en køretøj passerer spolen. Ved nedfræsning af to spoler kan hastigheden, køretøjstypen og længde registreres. Spolerne er en permanet og dyr løsning, men har en stor nøjagtighed og giver store data mængder for et bestemt snit.
Tælleplader	Ved denne type måling boltes tællepladen fast i kørebanen, hvor målingen ønskes foretaget. Hver gang pladen passeres, ændres det magnetiske felt ved pladen, hvorved længden og hastigheden tilknyttes det passerede køretøj. Registreringsenheden og sensor er indbygget i pladen, som er beskyttet af en dækmåtte. Pladen har en højde på 2 cm og anvendes kun i kortere tidsperioder (1 uge).
Fartpistol	Denne type fartmåling foregår manuelt med en laser- eller radarpistol, ved den ønskede målelokalitet og registrerer hastigheder. En ulempe ved denne metode er, at trafikantens hastighed kan blive påvirket, hvis målingen er for tydeligt og forveksles med en politikontrol. Metoden er fleksibel, men mere usikker i forhold til øvrige metoder, hvor snittet er fastsat.
Radar	Radaren placeres i mast, lygtepæl eller ved vejkanten og kan anvendes til både tællinger og hastighedsmålinger. Det er en fleksibel enhed, som kan registrere trafik i flere spor, dog med større usikkerhed end ved 1-sporede veje.
Video	Videokamera opsættes i en lygtepæl eller mast ud fra hvad der er tilgængeligt ved registeringslokaliteten. Længden af målingen afhænger af strømkilden til kameraet. I samspil med analysesoftware kan video anvendes til at registrere hastighed.

Tabel 3.2. Målemetoder til registrering af snithastigheder.[Vejdirektoratet, 2006]

3.3 Udtrækning af data

I dette projektet anvendes eksisterende hastigheds- og vejrdata, som er lagret i hver sin database. Udtrækningen af vejrdata, sker via en eksportfunktion i databasen, hvor det er muligt, at vælge målestation, parametre og måleperiode. De anvendte FCD fra ITS Platform, hentes gennem SQL kodning, hvor der anvendes et opstillet målesnit, hvor data ønskes trukket fra.

3.4 Målesnittets størrelse og placering

Da der i projektet anvendes stedspecifikke vejrdata fra målestationer, så undersøges snithastigheden i nærheden af målestationerne, for at sikre et retvisende billede af vejrforholdene. Ved anvendelse af snithastigheder i projektet, skal det sikres, at alle passerede tures hastigheder registreres i det udvalgte snit. OBU´en, som er anvendt i ITS Platform, registrerer og sender køretøjets oplysninger med en frekvens på 1 sek [Agerholm et al., 2012].

Ved en hastighed på 150 km/t afsættes et punkt for hver 41. m, hvorved det kan forventes, at ved en snitlængde på 50 m, vil alle ture blive registreret i snittet. Snittet opstilles med en størrelse på 50X50 m med udgangspunkt i målestationens placering. Ved at have et målesnit på denne størrelse, vil der registreres flere hastighedspunkter for hver tur. Disse frasorteres i forbindelse med databehandlingen, så der haves ét hastigshedspunkt pr. registreret tur i snittet. Under denne frasortering antages det, at der ikke er en betydelig variation mellem hastighedspunkterne for den samme tur gennem snittet. I forbindelse med opstillingen af målesnittene, skal det tages i betragtning, hvor målestationen er placeret i forhold til vejens omgivelser. I tilfælde hvor vejens omgivelser eller udformningen vurderes, at have en utilsigtet indvirkning på hastigheden i forhold til analysen, vælges at rykke målesnittet til et neutralt sted. Ved flytning af målesnit, antages det at de vejrmæssige forhold ikke er signifikant anderledes ved den nye placering. Placering af målesnit er angivet i bilag C.

3.5 Tilstedeværelse af andre vejrfænomener

I dette projekt undersøges kun, hvordan temperaturen og vandspejlstykkelsen på kørebanen påvirker hastigheden og der afgrænses fra andre vejrmæssige påvirkninger. En af disse vejrmæssige påvirkninger, som gennem projektbaggrunden, viste at have en indvirkning på hastigheden var nedbørstsintensiteten. Det er vurderet, at vandspejlstykkelsen ville afspejle intensiteten af nedbøren, hvorved der inddirekte er taget højde for denne vejrpåvirkning. Det er dog ikke helt retvisende i forhold til at dokumentere, hvilken indvirkning nedbørsintensitet har på hastigheden.

Andre vejrmæssige påvirkninger, som er nævnt i litteraturen er vind og tåge. Disse faktorer har dog ikke været muligt at inddrage i dette projekt, eftersom der et begrænset antal af målestationer, som kan registrere disse parametre. Disse påvirkninger kan dog stadig have en betydning for bilistens hastighedsvalg i sammenhæng med de undersøgte vejrmæssige påvirkninger.

3.6 Vurdering af bilisteres hastighed

For at kunne vurdere på hastighedsændringen i forhold til de vejrmæssige påvirkninger, er det nødvendigt at have fastlagt vurderingskriteriet for hastighed. Til at udtrykke en generel hastighed kan der anvendes middelhastigheden eller 85 % hastigehedsfraktilen. Begge udtrykker hastigheden, men ud fra to forskellige kriterier. Ved middelhastigheden findes middelværdien af alle registrerede hastigheder, hvilket afspejler en generel kørsel. 85 % fraktilen, er en værdi, som udtrykker hvor hurtigt 85 % af alle bilisterne kører, hvilke kan afspejle om de overholder hastighedsgrænsen [Jørgensen, 2011]. Da undersøgelsen har til formål at belyse den gennemsnitlige bilists kørselsadfærd, anvendes middelhastighed frem for 85 % fraktilen. Dette gøres da der undersøges hastighedsændringer for en generel adfærd og at middelværdier anvendes i projektets statistiske tests. Middelhastigheden udregnes ud fra formel 3.1:

$$\overline{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{2} x_i \tag{3.1}$$

hvor

$\overline{x}$	Middelværdien af poplationen [km/t]
x_i	Hastighed [km/t]

3.7 Forbehandling af data

Projektets datagrundlag bygger på to forskellige datasæt, som skal samles til et datasæt før analysen kan foretages. Hastighedsmålingerne sammenkædes med de givne vejrforhold for tidspunktet, som bilisten har kørt under. Denne sammenkædning foretages i Micosoft Excel ved, at anvende de to datasæt og funktionen "LOPSLAG".

Datasættene får hver sin fane i Excel-arket, hvor vejrdata benyttes som en lokal database, mens hastighedsdata bruges som opslagsværdi. For at kunne finde lufttemperaturen og vandspejlstykkelsen for hver registrering, fremstilles en unik tidsstempling, angivet i tabel 3.3 for hvert køretøj, ved at sammenkæde dato og tidsstempling.

Dato	Tid	Unik tidsstempling
23/02/12	14:43:17	23/02/12 14:43

Tabel 3.3. Eksempel på en unikke tidsstempling, som anvendes i funktionen "LOPSLAG".

Den unikke tidsstemplings opbygning er identisk med tidsstempling i vejrdatasættet hvilket bevirker, at den kan bruges til at finde den præcise vejrdata for en bestemt registreret tur. Via Excel-funktionen "LOPSLAG", søger Excel i vejrfane efter den unikke tidsstempling og returner de ønskede parametre i fanen med hastigehedsdata. Sammenfletningen af data gøres for alle projektlokationerne, hvorefter de samles i ét samlet datasæt, hvor de mest relevante attributter er angivet i tabel 3.4. Det samlet datasæt er angivet i projektets elektroniske bilag.

Attribut	Beskrivelse
Box id	Unik kode for et bestemt kørtøj/føre (Personvariation)
Målernummer	Unik kode for målestations nummer (Stedvariation)
Dato	Dato for hver registrering
Tid	Tidpunkt for hver registrering
Dato/Tid	Unik tidstempling for hver registrering
Hastighed [km/t]	Hastigheden for hver registrering
Lufttemperatur [°C]	Lufttemperaturen ved hver registrering
Vejtemperatur [°C]	Vejtemperaturen ved hver registrering
Vandspejlstykkelsen [mm]	Vandspejlstykkelsen ved hver registrering
Årstid	Koden indikerer om registeringen er om sommeren eller vinteren
Dag/Nat	Koden indikerer om registeringen er om dagen eller natten

Tabel 3.4. Oversigt over datasættets mest relevante attributter.

3.7.1 Validering og indskrænkning af data

I forbindelse med projektets databehandling beskæres det samlet datasæt, for at opnå et mere valid datasæt. Frasortering af hastighedspunkterne fra samme tur gennem målesnittet, gøres ved at afrunde tidsstemplingen til hele minutter. Herved vil hver tur have flere identiske tidsstemplinger. Disse dubletter frasorteres datasættet, hvorved der kun fås et hastighedspunkt i snittet pr. tur. GPS-data fra OBU´en, kan have udsving i forhold til validet af hastigehedsregisteringen. For at fjerne afstikkere fra datasættet og mindske antallet af fejlmålinger, frasorteres hastighederne under 30 km/t og over 130 km/t.

Temperatur begrænses til et interval mellem -15 °C og 15 °C, da det antages, at uden for intervallet har temperaturen ikke en signifikant betydning for hastigheden. Dette interval bevirker ligeledes, at afstikkende termperaturmålinger frasorteres. For at sikre, at målingerne af luft- og vejtemperaturen er valide i forhold til hinanden opstilles nogle kriterier. Erfaringer fra Eram [2019] omkring målernes validitet i vinterperioden (oktober til april) viser, at ved en temperaturforskel på over 5 °C mellem de to temperaturerføler, indikerer en fejl mellem sensorerne. Ud fra disse erfaringer vælges at frasortere hastighedsdata, som ligger uden for dette kriteriet. I sommerperioden sættes den maksimale forskel mellem luft- og vejtemperaturen til 10 °C ud fra, at asfalten kan blive meget varmere end luft i solskinsvejr, og holder bedre på varmen [Asfaltindustrien, 2016].

Afslutningsvis gennemgås datasættet for at opdage evt. fejlmålinger. Disse fejlmålinger kan være perioder, hvor temperaturfølerne har været defekte og derfor ikke været valid i forhold til den eksakte temperatur. Disse typer af fejlmålinger, frasorteres datasættet manuelt.

3.8 Inddeling af kategorier

Vurderingen af temperaturens- og vandspejlspåvirkning, foretages ud fra en kategorisering af hver parametre, baseret på en objektiv vurdering. Grundlaget for kategorierne er, at det vil gøre undersøgelsen mere dybdegående, hvorved det er muligt at undersøge specifikke tilfælde. Temperaturne opdeles i seks intervaller af 5 °C, angivet i tabel 3.5. Herved er det muligt, at undersøges hastighedens udvikling ved forskellige temperaturer under og over frysepunktet. Temperaturerne ved 0 °C tilskrives intervallet 0 til 5 °C. Intervallerne for vandspejlstykkelsen er opstillet for at kunne undersøge, om hvorvidt der er en forskel mellem en tør og våd vejtilstand. Disse kategorier, vist i tabel 3.6, får tildelt et navn, angivet i parentes i tabellen for, at simplificere forståelsen fremadrettet. Ligesom ved temperaturerne er intervallerne opstillet med det formål at kunne undersøge hastighedens udvikling ved øget vand på vejen.

Temperaturintervaller [°C]
-15 til -10
-10 til -5
-5 til 0
0 til 5
5 til 10
10 til 15

Tabel 3.5. Temperaturintervallerne.

Vandspejlstykkelse (VS) [mm]	Betengelse
Ingen vand	Tør
$0 < VS \leq 0{,}5$	Fugtig
$0{,}5 < VS \leq 1$	Våd
>1	Meget våd

Tabel 3.6. Vandspejlsintervallerne.

3.9 Databehandling

Analysen af vejrets indvirkning på hastigheden undersøges i dette projekt ved en sammenligning af middelhastigheder i de opstillede kategorier. Dette gøres vha. statistiske metoder, som regressionanalyse, Wilcoxon Rank Sum test og variansanalyse, samt opstilling af 95% konfidensintervaller. Disse beskrives i de følgende afsnit, hvor [Bendsen, 2018] er anvendt gennem hele afsnittet.

3.9.1 Forudsætninger for databehandlingen

Metoderne som anvendes, er valgt ud fra sammensætningen af datasættet. De statistiske beregninger er foretaget i programmet STATA. En beskrivelse af STATA og anvendte funktioner er angivet i bilag B. Ved anvendelse af de statistiske tests i databehandlingen opstilles en række forudsætninger for, at disse metoder kan anvendes.

For at tage højde for målingerne er fra forskellige steder, korrigeres der for stedvariationen gennem de statistiske tests. Dette kunne der også været taget højde for gennem en homogenitettest af lokaliteterne. Yderligere korrigeres der også for, at det er de samme bilister, som indgår i undersøgelsen. For at kunne foretage de statistiske tests skal datasættet være normaltfordelt. Ud fra hastighedsfordelingen i afsnit 4.4, antages det at hastigehedsdataen kan anses som værende normaltfordelt, hvilket er understøttet af et QQ-plot i bilag B.

I forbindelse med de statistiske tests opstilles to hypoteser, for at undersøge om der er en statistisk signfiakt forskel mellem to populationers middelværdier.

Statistiske hypoteser:
H_0 = Statistisk ikke signifikant forskel mellem middelværdierne (Nul-hypotese)

H_A = Statistisk signifikant forskel mellem middelværdierne (Alternative hypotese)

H_0 er hovedhypotesen og er den, som undersøges. Hvis hypotesen ikke stemmer overens, accepteres H_A. For at undersøge hypoteserne udregnes en p-værdi, som er et udtryk for om der er en statistisk signifikant forskel i testpopluationerne. Signifikansniveauet sættes i beregningerne til 5 %. Hvis p-værdien er større end 0,05 accepteres H_0, hvorimod hvis p-værdien er mindre end 0,05 forkastes H_0 og i stedet accepteres H_A. I kapitel 5 skrives p-værdierne i teksten og i tabeller anvendes symbolikken i tabel 3.7.

P-værdi	P>0,05	P≤0,05	P≤0,01	P≤0,001	P≤0,0001
Symbol	Ingen symbol	*	**	***	****

Tabel 3.7. Symbolik for P-værdi.

3.9.2 Regressionsanalyse

Denne metode anvendes, da den kan korrigere for person- og stedvariationen i beregninger. Dette gøres ved at anvende robuste standardfejl i stedet for standardfejl. Standardfejlene bygger på antagelsen om, at alle målinger kommer fra forskellige personer, hvilket gør dem statistisk uafhængig. Eftersom data stammer fra ture, som er kørt af de samme 342 bilister, er målingerne statistiske afhængig. Herved vil standardfejlen være estimeret for stor i forhold til beregningen. Ud fra dette anvendes robuste standardfejl, da disse tager højde for, at målingerne er statistisk afhængige.

3.9.3 Wilcoxon Rank Sum test

Wilcoxon Rank Sum test anvendes i projektet til at undersøge om to hastighedsfordelinger kan anses som værende ens. Denne type af test er en ikke-parametriske test, hvorved der ikke tages højde for hvilken type fordeling, som datasættet har. Datasættet i undersøgelsen er, som tidligere beskrevet antaget at være normaltfordelt, hvorved der kan anvendes uparret t-test i stedet for den ikke-parametriske test. I projektet er det valgt at anvende den ikke-parametriske test ud fra, at den tester om fordelingerne er ens, hvor den uparrede t-test tester om middelværdierne i de to populationer er ens, hvilket ikke har været formålet med denne undersøgelse. Nul-hypotesen for Wilcoxon Rank Sum testen er, at de to datasæt har samme fordeling. Gennem testen rangeres hastigheder fra begge datasæt under ét samlet datasæt fra laveste værdi til højeste. P-værdien bestemmes ved formel 3.2

$$p = \frac{Z}{n_1 n_2} \tag{3.2}$$

hvor

p	P-værdien
Z	Teststørrelse
n_1	Ranksummen for stikprøve 1
n_2	Ranksummen for stikprøve 2

Teststørrelsen Z underregnes ved formel 3.3, mens resterende formler for udregningen kan ses i bilag B.

$$Z = \frac{W - \mu_W}{\sigma_W} \tag{3.3}$$

hvor

Z	Teststørrelse
W	Summen af ranks i stikprøve 1
μ_W	Middelranken
σ_W	Spredningen for ranksummen

3.9.4 Variansanalyse

Grundet datasammensætningen er der flere forskellige parametre som kan have en indvirkning på hastigheden. Disse faktorer er temperaturen, vandspejlstykkelsen, person- og stedvariationen. For at kunne undersøge deres påvirkning laves en variansanalyse, som en 4 faktor ANOVA. Ved analyse sammenligner testen variationer ind imellem grupperne i datasættet i både kolonnerne og rækker og den interne varians undersøges i datasættet. Herved testes der for om alle middelværdierne i stikprøven kan antages at være ens. Dette gøres ved at udregne teststørrelsen F, som udregnes ved formlen 3.4.

$$F = \frac{SD^2_{Mellem}}{SD^2_{Indenfor}} \tag{3.4}$$

hvor

F	Teststørrelse
SD^2_{Mellem}	Standardafvigelsen mellem grupperne
$SD^2_{Indenfor}$	Standardafvigelsen indenfor grupperne

Formlerne for udregning af Standardafvigelsenerne er angivet i bilag B.

3.9.5 95% konfidensinterval

Middelværdierne og middeleffekterne, som udregnes gennem databehandlingen er ikke identisk med den sande middelværdi af undersøgelsen. Derfor kan der opstilles et 95 % konfidensinterval for middelværdierne, for at se hvor tæt på middelværdierne ligger på den sande værdi. For at kunne udregne konfidensintervallet, er det nødvendigt at kende spredningen af stikprøven. En stor spredning i en stikprøve vil give et stor konfidensinterval, mens en lille spredning vil give et snævert interval. Konfidensintervallet underregnes med formel 3.5.

$$95\%\ \text{konfidensinterval} = \overline{x} \pm 1,96 \cdot \frac{SD}{\sqrt{n}} \tag{3.5}$$

hvor

$\overline{x}$	Middelværdien af stikprøven
SD	Standardafvigelsen
n	Stikprøvens størrelse

3.9.6 Anvendelsen af statistiske tests

Gennem databehandlingen i Kapitel 5 anvendes de statistiske tests forskelligt med henblik på at undersøge, om der er statistisk sikkerhed i undersøgelsens resultater. Tabel 3.8 viser en oversigt over hvornår de statistiske tests anvendes.

Undersøgelse	Anvendt statistisk metode
Sammenligning af middelhastighed	Regerssionsanalyse
Sammenligning af hastighedsfordelinger	Wilcoxon Rank Sum
Faktorers påvirkning af hastigheden	Variansanalyse

Tabel 3.8. Rækkefølgen for de anvendte statistiske tests i projektets databehandling.

KAPITEL

4 Datagrundlag

I dette kapitel beskrives de empiriske data, som danner grundlaget for undersøgelsen. Data stammer fra to databaser, "ITS Platform"og Vejvejr, som beskrives i dette kapitel. Efterfølgende beskrives lokaliteterne og hvor meget som er registreret

4.1 ITS platform

Projektet ITS Platform havde til formål at gøre trafikken mere sikker, effektiv og miljøvenlig, gennem intelligent kommunikation mellem biler og infrastruktur. Samarbejdet om projektet omfattende parterne Aalborg Universitet, Inntrasys, GateHouse og Region Nordjylland. Perioden for projektet løbe fra 1. januar 2012 til 31. december 2014 og indsamlet FCD fra 431 køretøjer. ITS platform består af en OBU og ITS serversystem, som med data fra OBU´en leverer trafikinformation til føreren af bilen. Denne information, kan være i form af parkeringsinformation, kørselslog, køvarsling mm. Opstarten af projektet i april 2010, foregik med udviklingen af OBU´en, samt de serverfunktioner som OBU´en skulle interagere med. Installationen af OBU´en i testbilisterns biler forgik i perioden maj-september 2012. ITS Platform og de applikationer, som var en del af projektet forløb frem til 31.december 2013, hvor parkeringsapplikation blev sat ud af drift, mens de resterende applikationer forsatte som en yderligere testperiode. Registrering af FCD forgik herved i perioden fra midten af 2012 til 31.december 2014.[Agerholm et al., 2012; Tøfting et al., 2014]

4.1.1 Demografi af projektetspopulation

For de testpersoner, som deltog i ITS platform, er der indsamlet demografiske oplysninger i forhold til deres alder, køn, kørevaner mm. Ud fra de indhentede oplysninger fra ITS Platform er tabel 4.1 udarbejdet, for at beskrive demografi af projektets population. Af tabellen fremgår det, at der er en overvægt af mænd i undersøgelsen og den gennemsnitlige alder ligger omkring 54 år for begge køn.

Køn	Antal [stk.]	Andel [%]	Gennemsnitsalder [år]
Mænd	214	62,57	54,66
Kvinder	122	35,67	54,53
Ikke oplyst	6	1,75	59

Tabel 4.1. Demografi for undersøgelsenspopluation.

4.2 Vejvejr

Vejvejr er et internetbaseret glatførevarslingssystem, som igennem overvågnings- og prognosefunktioner anvendes af forskellige vejmyndigheder til en præventiv indsats mod galtføre. Systemet er ejet af Vejdirektoratet og udviklet af DMI. Data i systemet stammer fra de ca. 500 målestationer, som er beskrevet i Kapitel 3. Gennem Vejvejr er der adgang til forskellige prognoser, målestationers data og satellitbilleder, som kan anvendes som beslutningensgrundlag for glatførebekæmpelsen. I dette projektet anvendes der historiske data, som er lageret i Vejvejr, hvor ved der er muligt at tilgå data fra en ønsket periode.[Vejdirektoratet, 2019]

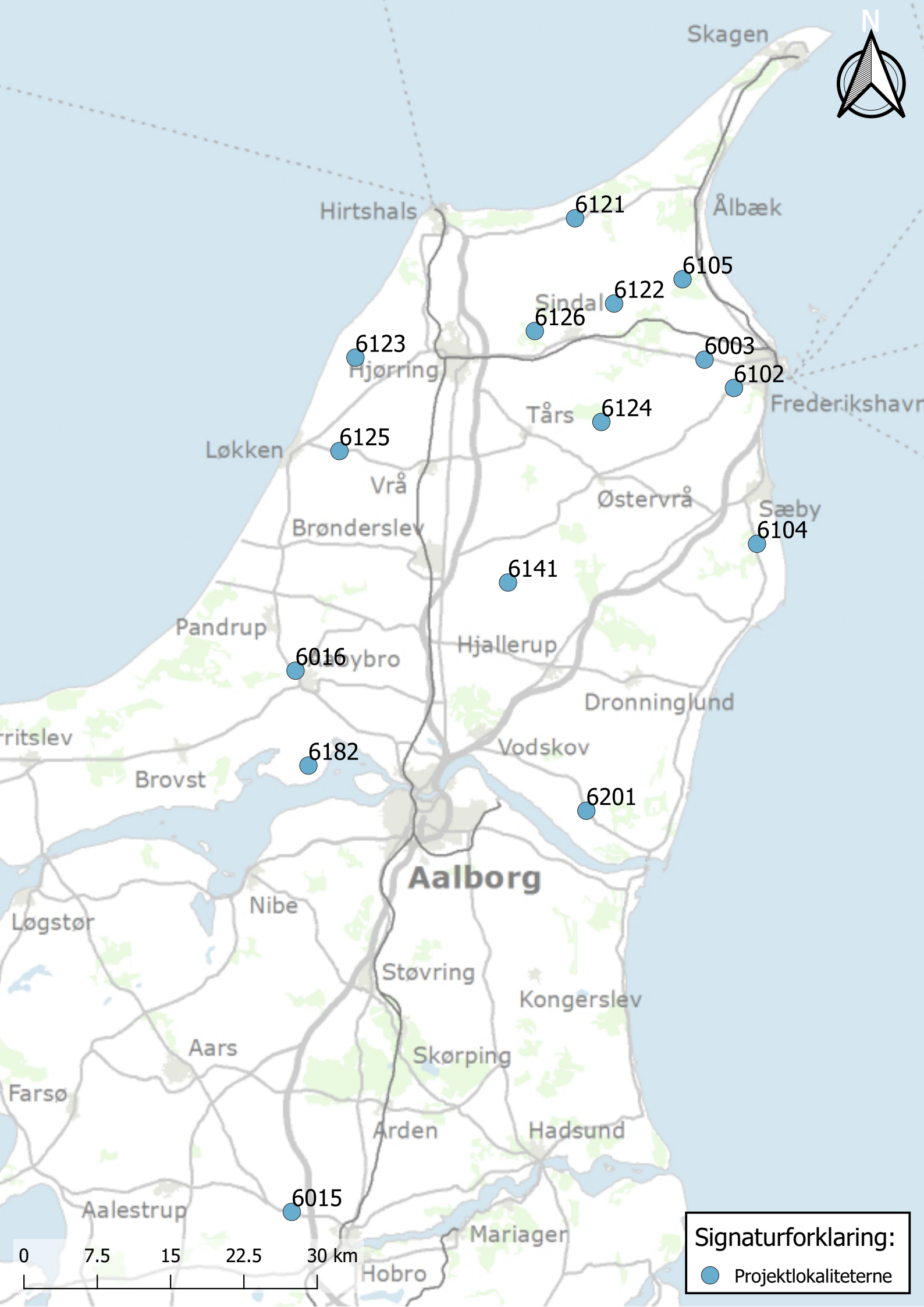
4.3 Projektlokaliteterne

I projektet undersøges vejstrækninger under betegnelsen landeveje eller hovedlandeveje med en hastighedbegrænsning på 80 km/t. Da de anvendte hastighedsdata i projektet stammer fra det nordjyske projekt ITS Platform er projektlokaliteterne er valgt med udgangspunkt i Nordjylland. Ud fra målestations placering, angivet i afsnit 3.2.1, er der 50 målestationer af typen Vaisala i Nordjylland. I bilag A er en oversigt over alle de nordjyske målestationer med koordinatpunkt angivet.

I projektet anvendes målestationer, som er placeret i den østlige del af Nordjylland tæt ved Aalborg, da det vurderes at give det største datagrundlag. Da nogle af målestationerne er placeret efter undersøgelsesperioden, er det ikke muligt at trække vejrdata fra disse. Ud fra dette er antallet af målestaioner reduceret til 15, angivet i tabel 4.2 og lokaliteterne er vist på side 27.

Målernummer	Navn	Bestyrer	Vejtype
6003	Ravnshøj	Vejdirektoratet	Hovedlandevej
6015	Stenild Bro	Vejdirektoratet	Hovedlandevej
6016	Ryå-bro	Vejdirektoratet	Hovedlandevej
6102	Cloostårnet	Frederikshavn Kommune	Hovedlandevej
6104	Lungså Nord	Frederikshavn Kommune	Hovedlandevej
6105	Jerup	Frederikshavn Kommune	Landevej
6121	Tversted	Hjørring Kommune	Hovedlandevej
6122	Mosbjerg	Hjørring Kommune	Landevej
6123	Vennebjerg	Hjørring Kommune	Landevej
6124	Lendum	Hjørring Kommune	Landevej
6125	Børglumkloster	Hjørring Kommune	Hovedlandevej
6126	Astrupvej	Hjørring Kommune	Landevej
6141	Hallundvej	Brønderslev Kommune	Landevej
6182	Gjøl	Jammerbugt Kommune	Landevej
6201	Holtet	Aalborg Kommune	Hovedlandevej

Tabel 4.2. Projektlokaliteterne angivet med målernummer, navn bestyrer og vejtypen.


N
Skagen
Hirtshals
6121
Ålbæk
6105
6122
Sindal
6126
6123
6003
Hjørring
6102
Frederikshavn
Tårs
6124
Løkken
6125
Vrå
Østervrå
Sæby
Brønderslev
6104
6141
Pandrup
Hjallerup
6016
Dronninglund
6182
Vodskov
Brovst
6201
Aalborg
Nibe
Løgstør
Støvring
Kongerslev
Aars
Skørping
Farsø
Arden
Hadsund
6015
Aalestrup
Mariager
0
7.5
15
22.5
30 km
Hobro
Signaturforklaring:
Projektlokaliteterne

4.4 Projektets emperiske datagrundlag

Datagrundlaget i denne undersøgelse bygger på data fra 27.000 ture fordelt på 342 køretøjer og er derfor kun en stikprøve for den generelle kørselsadfærd. I tabel 4.3 er antallet af ture, køretøjer, dage og middelhastigheden angivet for projektlokaliteterne.

Antallet af køretøjer har betydning for, hvor repræsentativ datagrundlaget er for den generelle kørselsadfærd. Et lavt antal af køretøjer vil ikke afspejle en generel adfærd, men afspejle adfærden for den enkle bilist. Ved at have en højt antal af køretøjer vil der være en større spredning i datasættet, hvilket vil give en bedre afspejling af en generel kørselsadfærd.[Jørgensen, 2011]

Antallet af dage og ture har også en betydning for, hvor repræsentativ undersøgelsen er, da det øger sandsynligheden for at have tilstrækkelig data for specifikke vejrtilfælde. Ved tilfælde, hvor datamængden er for lille, kan resultaterne være påvirket af uforklarlige tilfældigheder. Disse tilfældighederne vil blive mindre jo større datagrundlaget er.

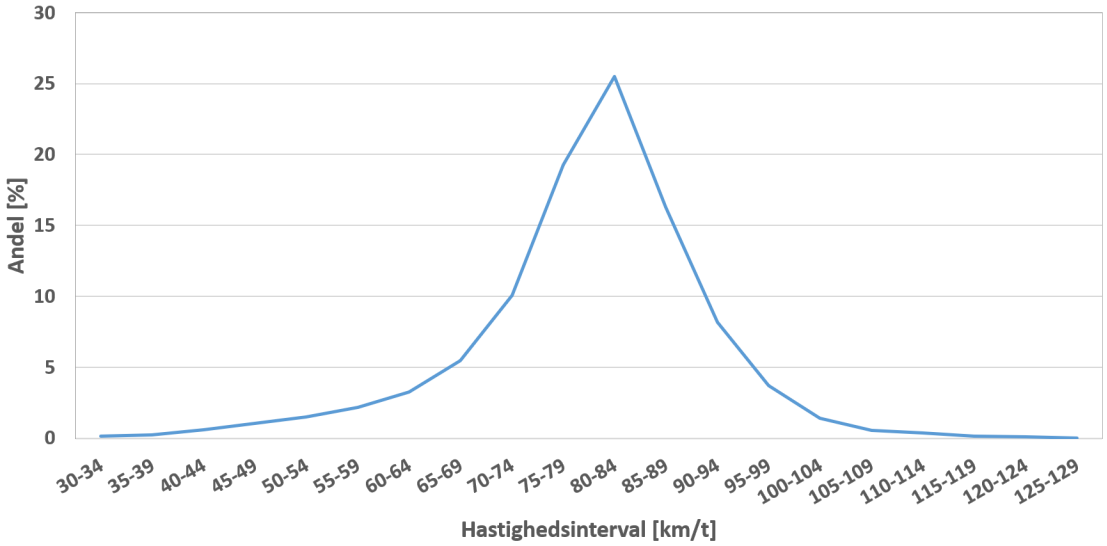
Målernummer	Ture	Køretøjer	Dage	Middelhastighed [km/t]
6003	1.599	85	595	80,14
6015	2.697	77	742	85,17
6016	10.943	214	683	81,25
6102	656	82	353	79,40
6104	262	43	176	84,92
6105	131	27	103	91,02
6121	1.035	85	444	80,04
6122	361	34	234	79,27
6123	566	57	367	80,03
6124	404	28	273	83,66
6125	1.028	55	485	82,41
6126	114	20	56	72,14
6141	679	44	329	74,86
6182	3.345	36	687	69,00
6201	3.180	104	745	83,13
Samlet	27.000	342	902	80,10

Tabel 4.3. Oversigt over antallet af ture, unikke køretøjer og dage for projektlokaliteterne.

De 15 projektlokaliteterne er samlet til et datasæt, som indeholder alle de registrerede ture. Ud fra at data kommer fra en begrænset bilpark, vil køretøjerne blive registreret flere steder i måleperioden, men tælles kun med én gang i tabellen. Dette er også tilfældet for antallet af dage, da bilisterne kører forskellige steder på de samme dage.

4.4.1 Hastighedsfordelingen

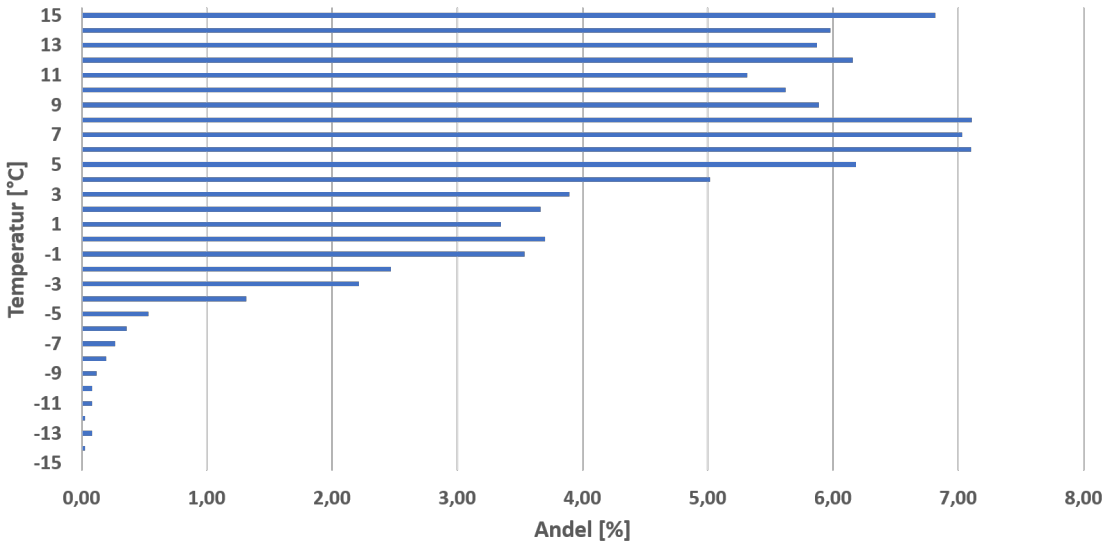
Ud fra alle de registrerede hastigheder i projektet er hastighedsfordelingen for projektets bilpark opstillet på figur 4.1. Ud fra figuren ses, at størstedelen af de registrerede hastigheder ligger mellem 70 og 95 km/t, hvilket gør. at datasættet kan anses som værende normaltfordelt.



Figur 4.1. Hastighedsvariationen for de 15 målesteder.

4.4.2 Temperaturfordelingen

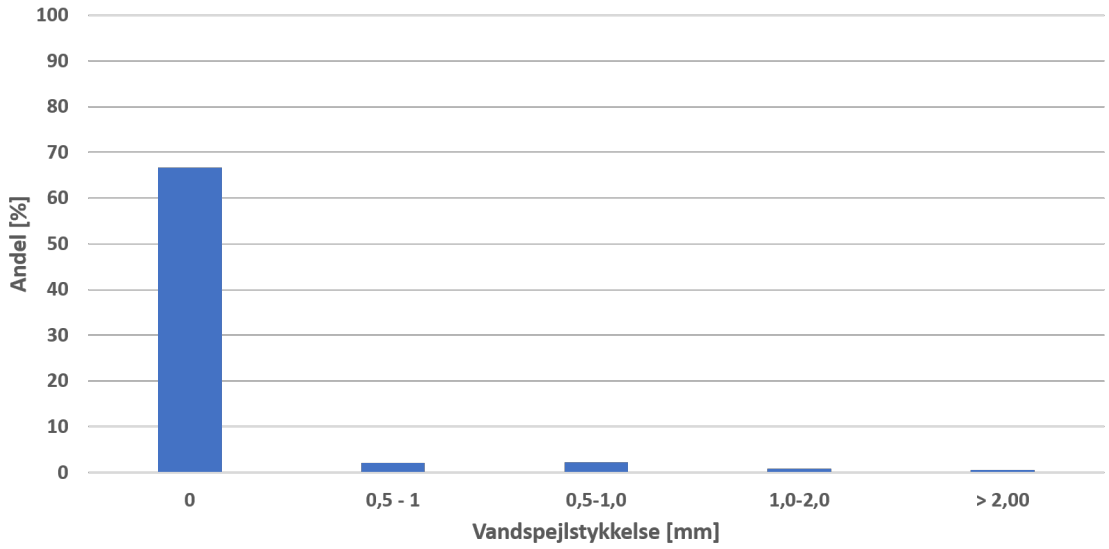
Figur 4.2 viser den procentvise fordeling af registrerede ture ved en given temperatur. Eftersom der i Danmark forekommer flere dage med temperaturer over 0 °C, forekommer der en skævfordeling af temperaturmålinger i datasættet[Cappelen, 2019].



Figur 4.2. Temperaturvariationen for de 15 projektlokaliteterne.

4.4.3 Vandspejlstykkelsens fordeling

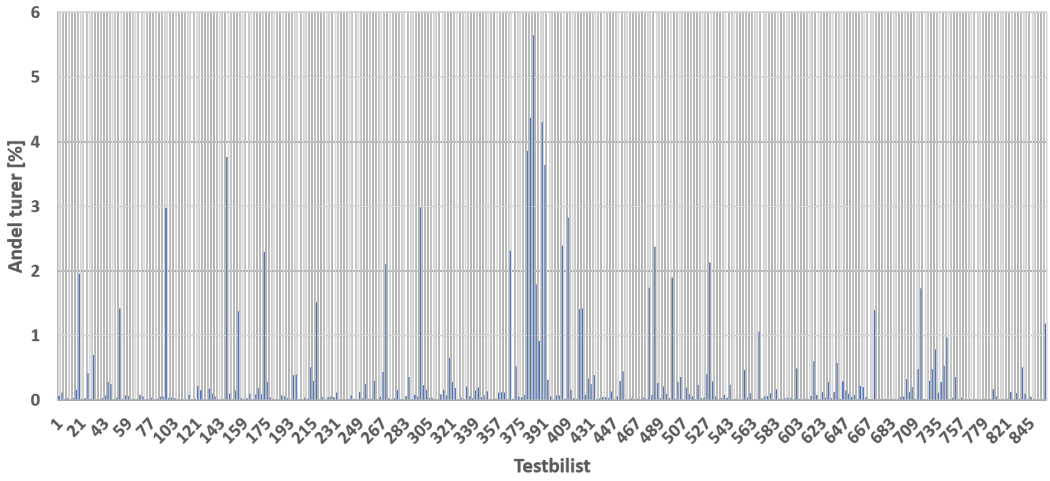
I datasættet forekommer der en skævfordeling, som angives på figur 4.3 i antallet af ture ud fra, hvor meget vand der forekommer på vejen under bilistens kørsel.



Figur 4.3. Vandspejlstykkelsens fordeling for de 15 projektlokaliteterne.

4.4.4 Spredning i antallet af ture pr. køretøj

Datagrundlaget bygger på 342 af 431 testbilister, som deltog i ITS Platform. Inden databehandlingen undersøges det om der er en tilstrækkelige spredning i turfordelingen mellem testbilisterne. Ved en lille spredning vil der være få bilister, som har kørt størstedelen af turene, hvorved resultaterne ikke vil afspejle en generel kørselsadfærd.



Figur 4.4. Andel ture fordelt ud pr. køretøj.

Af figur 4.4 fremgår turandelene fordelt på den enkelte testbilist. Der forekommer bilister, som har kørt mere end andre, men ikke nogle som synes at være signifikant i forhold til de andre. Den bilist som har kørt den største andel af tuerne, ligger under 6 % af det samlede antal ture. I bilag D er en tabel med en oversigt over antallet af ture fordelt på den enkelte bilist.

KAPITEL

5 Resultater

I dette kapitel præsenteres projektets resultater gennem statiske formler og grafisk afbildninger. I bilag E findes resultaterne af de statistiske test opstillet i tabel form, i gennem kapitel ville disse være beskrevet i teksten.

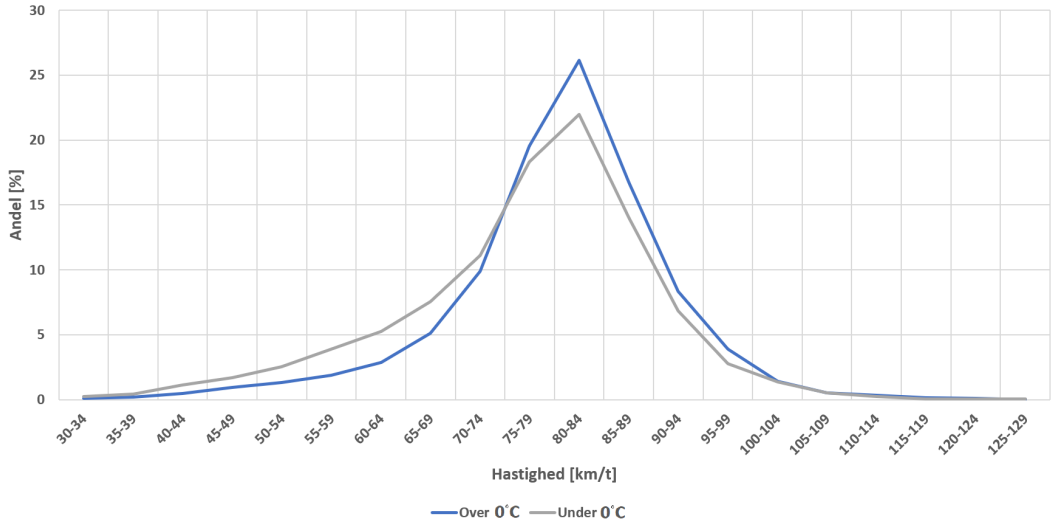
5.1 Temperaturens indvirkning på hastigheden

Tabellen 5.1 angiver middelhastigheden ved temperaturer under og over 0 °C. Af tabellen fremgår det, at langt størstedelen af turene er blevet kørt ved temperaturer over 0 °C, hvor middelhastigheden ligger på 80,54 km/t. Falder til temperaturen til under 0 °C, så falder middelhastigheden til 77,53 km/t. Ved en statistisk sammenligning af de to middelværdier, findes en statistisk signifikant forskel mellem middelværdierne (P≤0,0001), hvorved bilisterne ændrer deres hastighed, som følge af temperaturen. I denne undersøgelsen analyseres udelukkende på temperaturen og ikke evt. andre parametres indvirkning.

Temperatur [°C]	Middelhastighed [km/t]	Nedre 95% CI [km/t]	Øvre 95% CI [km/t]	Ture [stk]
Over 0	80,54	78,79	82,30	23.045
Under 0	77,53	75,32	79,73	3.955
Forskel	-3,02****			

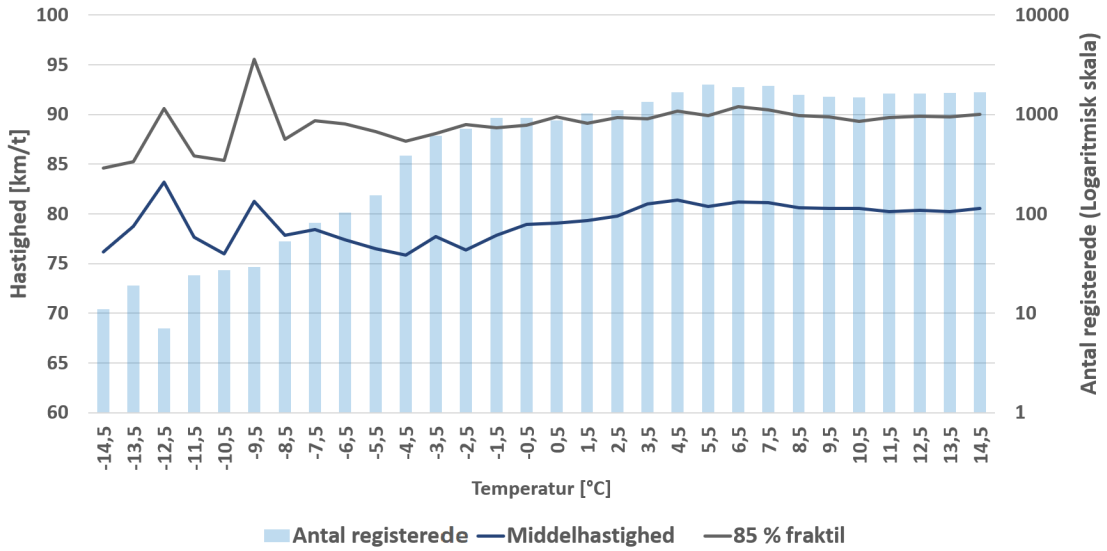
Tabel 5.1. Middelhastighed angivet ved temperatur over og under 0 °C, med tilhørende 95 % CI, samt antallet af ture.

Hastighedsfordelingen ændrer sig som følge af temperaturændringen, hvilket er illustreret på figur 5.1. På figuren illustreres hastighedsfordelingen ved henholdvis temperaturer under og over 0 °C, hvor det ses, at de to grafer varierer fra hinanden. Hastighedsfordelingen ved under 0 °C indikerer, at der er en større spredning i hastigheden end ved temperaturer over 0 °C. Statistisk analyse af de to hastighedsfordelinger viser, at der er en statistisk signifikant forskel mellem dem (P≤0,0001), hvorved de ikke kan anses som værende ens.



Figur 5.1. Hastighedsfordelingen ved temperaturer under og over 0 °C.

Figur 5.2 illustrerer middelhastigheden og 85 % fraktilet ved forskellige temperaturer. Forløbet af middelhastigheden viser en svag stigning fra -2,5 °C frem til 4,5 °C, hvorefter grafen flader ud. Hastighedsopspringene mellem -13,5 og -8,5 °C vurderes at skyldes en stor spredning i hastighederne mellem turerne i intervallet, hvorved enkelte persons hastighed kan påvirke middelværdien.



Figur 5.2. Middelhastigheden ved forskellige temperaturer.

Ud fra 85 % fraktilen ses det, at bilisterne ikke overholder hastighedsgrænsen generelt og i intervallet fra -2,5 til 4,5 °C, stiger hastigheden, men ikke så voldsomt, som for den gennemsnitlige bilist.

Temperatur [°C]	Middelhastighed [km/t]	Nedre 95% CI [km/t]	Øvre 95% CI [km/t]	Ture [stk]
-15 til -10	78,34	76,38	80,29	81
-10 til -5	77,53	76,29	78,76	408
-5 til 0	77,51	77,08	77,93	3.466
0 til 5	80,28	80,00	80,56	5.968
5 til 10	80,87	80,65	81,09	8.912
10 til 15	80,37	80,13	80,61	8.165

Tabel 5.2. Middelhastighed ved temperaturintervaller med tilhørende antal registrerede ture.

Af tabellen 5.2 fremgår det, at middelhastigheden i intervallet -15 °C til -10 °C er højere end ved temperatur mellem -10 °C til -5 °C, hvilket vurderes at skyldes antallet af ture i de to intervaller. Ved en temperaturændring fra minus grader til plus grader stiger hastigheden med 3 km/t. I intervallerne 0 til -15 og fra 0 til 15 er ændringer i middelhastigheden varierende med cirka 1 km/t.

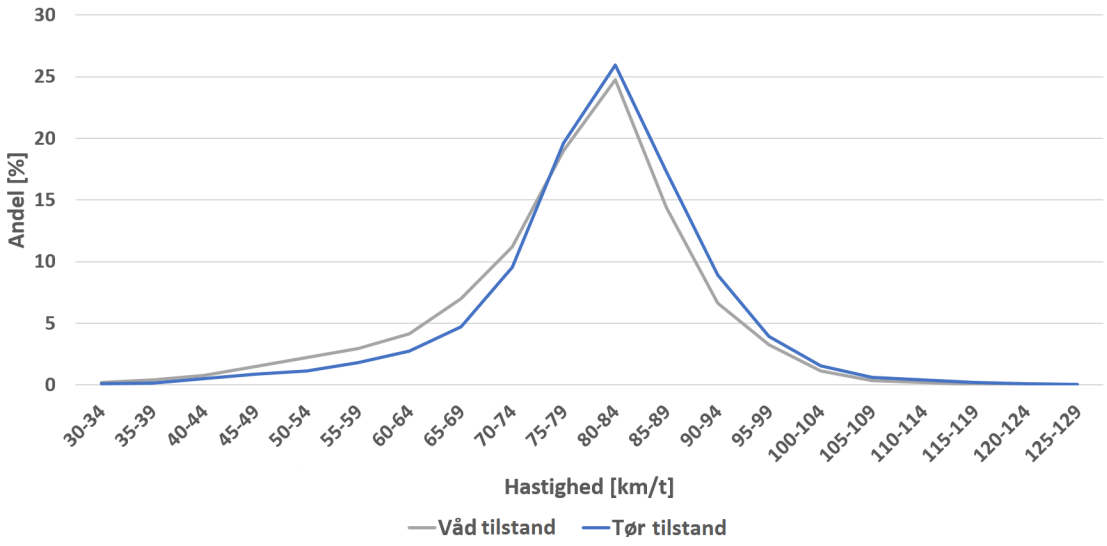
5.2 Vådt vejføres indvirkning på hastigheden

For de 15 projektlokaliteter er middelhastigheden ved tør og våd vejbane udregnet og angivet i tabel 5.3. Af tabellen fremgår det, at bilisterne kører med en middelhastighed på 80,97 km/t under tørre vejrforhold, mens de sænker hastigheden til 78,36 km/t ved vådt føre. I denne analyse tages der ikke højde for, hvor meget vand, der er på vejen, eller hvilken temperatur, som bilisterne har kørt under. En statistisk sammenligning af middelværdierne viser, at der er en statistisk signifikant forskel (P≤0,0001) i middelhastigheden, hvis der forekommer vand på vejen.

Vejtilstand	Middelhastighed [km/t]	Nedre 95% CI [km/t]	Øvre 95% CI [km/t]	Ture [stk]
Tør	80,97	80,81	80,81	18.018
Våd	78,36	78,11	78,60	8.982
Forskel	-2,62****			

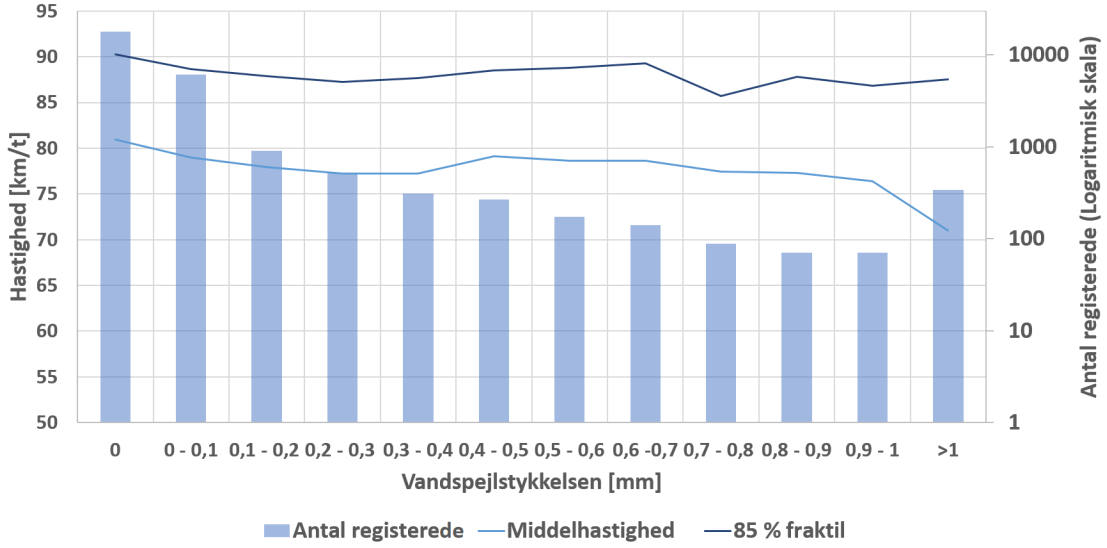
Tabel 5.3. Middelhastigheden ved tør eller våd vejbane med tilhørende 95 % CI og antallet af ture.

Grafen, som er illustreret på figur 5.3 viser, at der er en variation i hastighedsfordelingerne ved tør og våd vejbane. Bilisterne kører med en mere spredt hastighed under våd vejtilstand end tør vejtilstand. En statistisk analyse af fordelingerne viser, at der er en statistisk signifikant forskel mellem hastighedsfordelingerne (P≤0,0001).



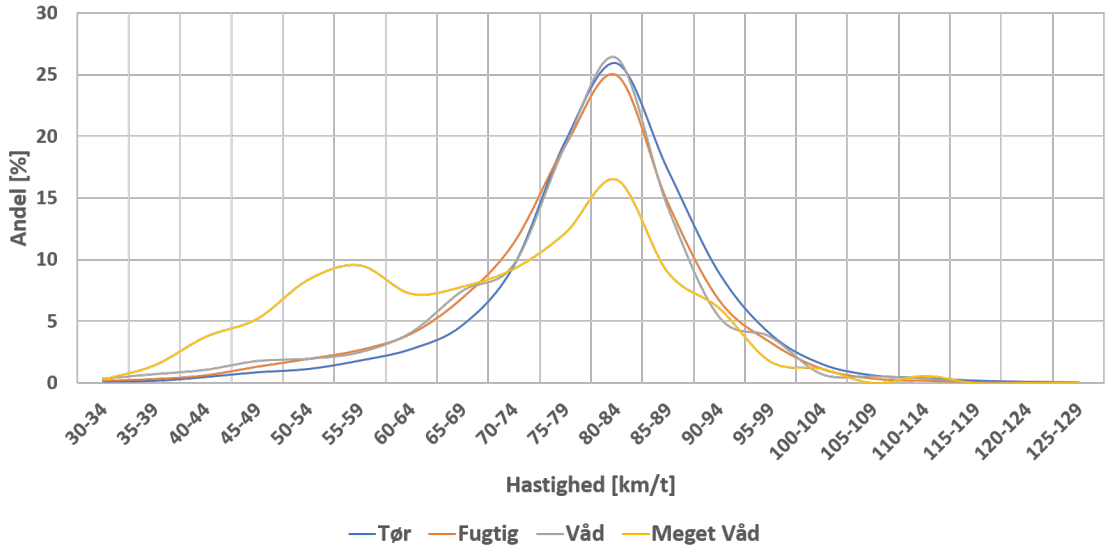
Figur 5.3. Hastighedsfordelingerne ved tør eller våd vejbane.

Middelhastigheden som følge af mængden af vand på vejen, er illustreret på figur 5.4, sammen med 85 % fraktilen. Af grafen ses det, at jo mere våd vejen er, jo mere falder hastigheden. Dog er der en svag stigning i hastigheden mellem 0,3 og 0,6 mm vandspejl inden den falder igen. Antallet af observationer falder jo tykkere vandspejlet bliver, hvilket skyldes, de mange tørre dage i datasættet. Derfor skal der tages et forebehold for middelhastigheden ved de vandspejlstykkelser, hvor der er relativt få målinger, da disse kan være påvirket af enkle bilister. Ved en vandspejlstykkelse på over 1 mm falder hastigheden med ca. 8 km/t.



Figur 5.4. Middelhastigheden ved given vandspejlstykkelse.

Ved en inddeling af hastighederne fordelt ud på vandspejlsintervallerne, som beskrevet i afsnit 3.8, er forskellige hastighedsfordelinger opstillet, vist på figur 5.5. Inddelingen giver fire hastighedsfordelinger, hvor tre af dem er tilnærmelsesvis ens, mens fordelingen ved meget våde veje er mere spredt. Hverved kan det konstanters, at ved en vandspejlstykkelse under 1 mm, er hastighedsfordelingen nogenlunde ens, mens der ved en vandspejlstykkelse over 1 mm forekommer en større spredning af hastighederne.



Figur 5.5. Hastighedsfordeling ved forskellige vejtilstande.

I tabel 5.4 er middelhastighederne ved forskellige vandspejlstykkelser angivet sammen med tilhørende antal af ture og 95 % konfidensintervaller. Ud fra tabellen ses det, at der sker to fald i hastigheden, som følge af vandspejlstykkelsen. Det første opstår ved overgangen fra tør til fugtig vejbane og det andet forekommer ved overgangen fra våd til meget våd. Dette vurderes, at det relative store fald i hastighed ved overgangen fra våd til meget våd, skyldes kategoriens store spænd, hvorved der er stor spredning i hastighederne og vandspejlstykkelsen, som også kan ses af hastighedsfordelingen på figur 5.5.

Vejtilstand	Middelhastighed [km/t]	Nedre 95 % CI [km/t]	Øvre 95 % CI [km/t]	Ture [stk]
Tør	80,97	80,81	81,13	18.018
Fugtig	78,69	78,44	78,94	8.096
Våd	77,96	76,92	78,99	545
Meget våd	71,04	69,33	72,68	341

Tabel 5.4. Middelhastigheden ved forskellige vandspejlstykkelser og registrerede ture med tilhørene 95% CI.

5.3 Interaktion mellem temperatur og vådt føre

I dette afsnit undersøges interaktionen mellem temperaturen og vejens våde føre og hvordan disse påvirker hastigheden. Ud fra kategorierene angivet i afsnit 3.8 opsættes tabel 5.5. Ud fra tabellen ses en tydelig sammenhæng mellem hastighed i forhold til hvilken temperatur bilisterne kører under og hvor meget vand der er på vejen. Ved at kategoriseringen er specificeret, vil antallet af ture blive fordelt ud på de 24 kategorier. Dette medfører, at antallet af ture i hver kategori kan variere, eftersom fordelingen af vejrdata har været skævt fordelt. Derfor skal der tages forbehold for de kategorier med relativ få registreringer.

Vejtilstand / Temperatur	Tør [km/t]	Fugtig [km/t]	Våd [km/t]	Meget våd [km/t]
-15 °C til -10 °C	78,00 (71)	80,72 (10)	-	-
-10 °C til -5 °C	80,55 (276)	75,79 (118)	54,43 (7)	61,04 (7)
-5 °C til 0 °C	80,42 (2.218)	75,13 (1.163)	62,44 (46)	56,28 (129)
0 °C til 5 °C	81,33(3.480)	78,81 (2.349)	79,15 (100)	79,00 (39)
5 °C til 10 °C	81,41 (5.816)	79,84 (2.804)	80,06 (197)	80,51 (95)
10 °C til 15 °C	80,61 (6.247)	79,51 (1.652)	79,72 (195)	81,62 (71)

Tabel 5.5. Middelhastigheder under specifikke forhold. Tallet i parentes angiver antallet af registreret.

I analysen er der ikke taget hensyn til person- eller stedvariationen, hvilket kan have en betydning for middelhastigheden i de enkelte kategorier. Ved at foretage en varaiansanalyse af interaktionen mellem temperaturen og vejtilstanden, undersøges det om disse har en betydning for middelhastigheden i kategorierne. Analysen viser, at både person- og stedvariationen har en statistisk signifikant betydning for middelhastigheden ($P \leq 0{,}0001$), hvorfor der skal korrigeres for disse faktorer.

5.3.1 Korrigering for person- og stedvariationen

Ved at korrigere for person- og stedvariationen i datasættet ændres middelhastigheden i kategorierne. I tabel 5.6 er de korrigerede middelhastigheder angivet i hver kategori. Forskellen mellem de ukorrigerede og de korrigerede middelhastigheder er angivet i bilag E, sammen med en beskrivelse af beregningen for korrigeringen.

Vejtilstand / Temperatur	Tør [km/t]	Fugtig [km/t]	Våd [km/t]	Meget våd [km/t]
-15 °C til -10 °C	76,42 (71)	79,04 (10)	-	-
-10 °C til -5 °C	80,78 (276)	75,08 (118)	64,63 (7)	61,12 (7)
-5 °C til 0 °C	80,35 (2.218)	75,24 (1.163)	63,04 (46)	60,31 (129)
0 °C til 5 °C	81,17 (3.480)	79,04 (2.349)	78,90 (100)	77,03 (39)
5 °C til 10 °C	81,35 (5.816)	79,95 (2.804)	78,63 (197)	78,57 (95)
10°C til 15 °C	80,56 (6.247)	79,81 (1.652)	78,53 (195)	78,77 (71)

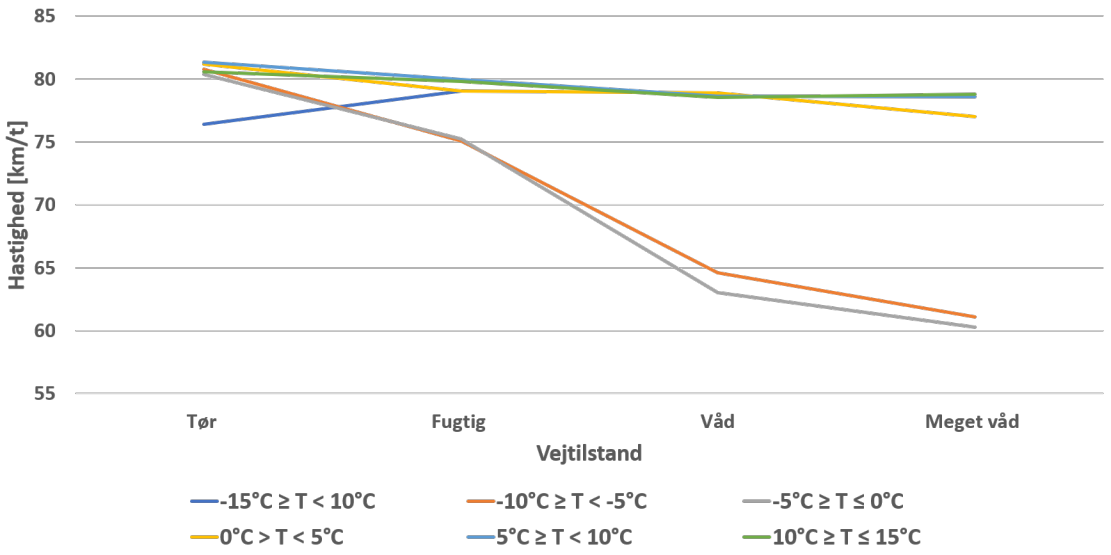
Tabel 5.6. Korrigerede middelhastigheder under specifikke forhold. Tallet i parentes angiver antallet af registrerede.

For at kunne opstille middeleffekter for de korrigerede middelhastigheder, vælges en referenceværdi, ud fra en objektiv vurdering af "normale kørselsforhold". Disse forhold forudsættes, at være en tør vejbane og i temperaturintervallet mellem 0-5 °C, hvorved referenceværdien sættes til 81,17 km/t. Ud fra den antagelse opstilles middeleffekterne, som er angivet i tabel 5.7. Tabellen tydeliggør, at interaktion mellem frost og vand på vejbanen, får bilisterne til at reducere deres hastighed, hvor især vand på vejbanen reducerer middelhastigheden. En statistiske analyse af middeleffekterne viser, at der med udgangspunkt i referenceværdien opstår der en statistisk signifikant forskel i hastigheden ved næsten alle kategorierne. Kategorierne med ikke statistisk signifikant forskel er: Fugtig vej i intervallet -15 til -10 °C og tør vej i intervallerne -10 til -5 °C og 5 til 10 °C, og skyldes sandsynligvis spredningen i registreringer for de pågældende kategorier.

Vejtilstand / Temperatur	Tør [km/t]	Fugtig [km/t]	Våd [km/t]	Meget våd [km/t]
-15 °C til -10 °C	-4,75****	-2,13	-	-
-10 °C til -5 °C	-0,39	-6,09 ****	-16,54 ****	-20,05****
-5 °C til 0 °C	-0,82 ***	-5,93 ****	-18,13 ****	-20,86 ****
0 °C til 5 °C	0	-2,13 ****	-2,27 **	-4,14 ***
5 °C til 10 °C	0,18	-1,22 ****	-2,54 ****	-2,6 ***
10 °C til 15 °C	-0,61 ***	-1,36 ****	-2,64 ****	-2,4 *

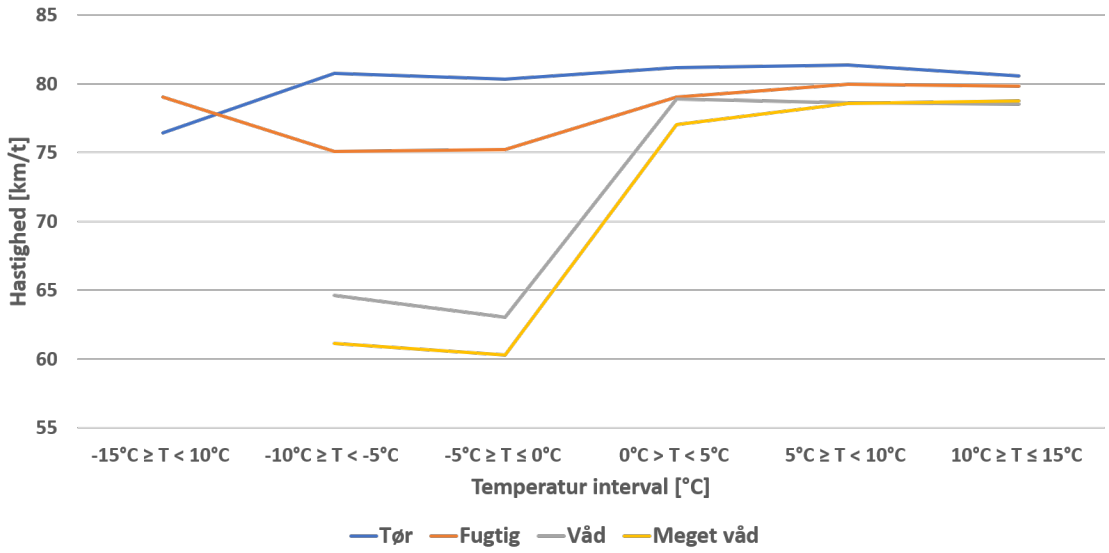
Tabel 5.7. Middeleffekterne ud fra referanceværdien på 81,17 km/t.

Ud fra de korrigerede middelhastigheder kan graferne vist på figur 5.6 og 5.7 opstilles. Figur 5.6 illustrerer sammenhængen mellem middelhastigheden og vejbanens tilstand ud fra, hvilket temperaturinterval bilisterne har kørt i. Udgangspunktet for fem af intervallerne starter omkring 80 km/t, mens intervallet mellem -15 til -10 °C ligger lavere på ca. 76 km/t. Efter at der kommer vand på vejbanen deler de fem intervaller sig i to grupper, hvor hastigheden falder efter to forskellige forløb. De tre intervaller over 0 °C har tilnærmelsesvis ens forløb og falder fra 80 km/t til ca. 77 km/t. Intervallerne som ligger under 0 °C, på nær det koldeste interval, følger et ensartet fald i middelhastigheden, fra ca. 80 km/t til 60 km/t.



Figur 5.6. Middelhastigheden ved interaktionen mellem temperatur og vandspejlstykkelsen fordelt på vejbanens tilstand.

Figur 5.7 viser sammenhængen mellem middelhastighederne og temperaturintervallerne ud fra hvor våd vejbanen er. Ud fra grafen ses det, at ved temperaturer over 0 °C ligger alle hastighederne omkring 80 km/t. De våde veje holder sig lige under 80 km/t, mens der for den tørre vej primært er kørt over 80 km/t ved næsten alle temperaturerintervaller. Middelhastighederne deler sig i to grupper efter temperaturen falder til under 0 °C, hvor især den våde og meget våde vejbane, som giver et fald i middelhastigheden på ca. 20 km/t. Ved fugtig vejbane falder middelhastigheden til omkring 75 km/t, når temperaturen kommer under 0°C og er ensartet frem mod -10 °C, hvorefter den stiger igen. Denne stigning vurderes, at skyldes det lave antal af registreringer i kategorien. For den tørre vejbane reduceres middelhastigheden først, i temperaturintervallet -15 til -10 °C, hvor den falder til ca. 77 km/t.



Figur 5.7. Middelhastigheden ved interaktionen mellem temperatur og vandspejlstykkelse fordelt på temperaturintervallerne.

KAPITEL

6 Diskussion

I dette kapitel diskuteres resultaterne af undersøgelsen i henhold til hvad andre studier har vist. Ydermere diskutteres projektets metoder og deres svagheder.

6.1 Forskellen mellem landeveje og motorveje

Dette projekt har taget udgangspunkt i landevejsstrækninger og hvilken indvirkning temperaturen og vejføret har for hastigheden på denne type vejstrækning. Der kan drages paralleller mellem denne undersøgelse og studierne af Rikhof og Overgaard [2017] og Jensen og Nielsen [2016], hvor udgangspunktet har været motorvejsstrækninger. Dette studie har derved haft til formålet, at belyse situationer på de danske landeveje og arbejde hen mod en større viden omkring vejrmæssige påvirkninger på hastigheden. Sammenholdes størrelsen af datasættene fra de tre undersøgelser, er disse meget forskellige. Datamængden i denne undersøgelse har været markant mindre end de allerede udførte studier, som har anvendt Vejdirektoratets faste tællestationer. Da datagrundlaget er større i de lignende undersøgelser bevirker det, at der er undersøgt flere forskellige vejrmæssige hændelser end tilfælde er i denne rapport.

Anvendelse af faste tællestationer gør, at de eksisternede undersøgelser ikke har et unik id for den enkelte køre, hvorved der ikke kan tages højde for personvariationen ved strækningen, men da der er tale om motorveje, må det forventes, at der er en stor spredning i personvariationen. Ulempen ved, at der er anvendt data fra de faste tællestationer er, at der er en større afstand til den nærmeste målestation end tilfældet er i dette projekt. Derfor kan de anvendte vejrdata i de udførte undersøgelser ikke helt afspejle de præcise forhold ved tællestationen. Sammenholdes resultaterne fra denne undersøgelse med Rikhof og Overgaard [2017] og Jensen og Nielsen [2016], er de nogenlunde entydige, selvom der er undersøgt to forskellige vejtyper. Alle undersøgelserne indikerer, at bilisterne kører med en lavere hastighed under frostvejr og våde veje (regnvejr) og at hastighedsnedsættelsen er entydige. Resultaterne fra de eksisterende studier viste, at bilisterne reagerer forskelligt på de undersøgte vejrmæssige situationer og tilpasser deres hastighed individuelt. Denne variation er også observeret i denne rapport.

6.2 Regnvejrs påvirkning af hastigheden

Gennem projektets litteraturstudie var der lignende undersøgelser, som havde analyseret påvirkningen af bilisters hastighed under regnvejr. Fra disse undersøgelsers resultater kan der drages paralleller til denne rapports resultater. Selvom intensiteten af nedbøren under hver registrering, ikke er undersøgt i dette projekt giver kategoriseringen af vandspejlstykkelsen en indikation vedrørende dette.

Resultaterne af projektets analyse stemmer godt overens med undersøgelsen udført af Rahman og Lownes [2012], hvor hastighedsfordelingen på hovedlandeveje under regnvejr er undersøgt. Rahman og Lownes [2012] konstaterede, at regnvejr/vand på vejen giver en større

spredning i hastigheden og at bilisterne reducerer deres hastighed med ca. 3 km/t. Dette projekts undersøgelse har med sin kategorisering af vandspejlstykkelsen kunnet vise, hvordan hastighedsfordelingen ændrer sig, i takt med at vandmængden på vejen stiger. Resultaterne af dette viste en stor spredning i hastighederne ved meget våde veje. Zhang et al. [2018] fandt frem til lignende resultater i deres undersøgelse af forskellige nedbørs intensiteter, hvor store nedbørsintensiteter gav den største hastighedsnedsættelse. Herved er der endtydig resultater i disse tre undersøgelser i forhold til hastighedsfordelingen ved vand på vejbanen.

Populationen for denne undersøgelse havde en gennemsnitsalder på 55 år, hvorved det antages at bilisterne i undersøgelsen har en vis kørerfaring. Undersøgelsespopulationen i studiet af Kairan et al. [2009] bestod af uerfarende bilister. Sammenholdes resultaterne fra undersøgelserne kan 2 aldersgruppers kørestil sammenlignes. Sammenligningen viser, at de to studier kommer frem til enslydende resultater. Herved kan det konstateres, at bilistens alder formenligt ikke har en betydning i forhold til, hvilken hastighed de vælger at køre med under regnvejr. Kairan et al. [2009] påpeger i undersøgelsen, at den fundne hastigehedsnedsættelse ikke er nok i forhold til sikker kørsel under de undersøgte forhold, denne påstand kan dog ikke understøttes gennem dette studie, da dette ikke er undersøgt.

6.3 Interaktion mellem temperatur og vejføret

Frost og vand på vejene viste sig gennem rapportens resultater at give den største hastighedsnedsættelse. Lignende resultater er også fundet gennem litteraturen i studierne af Tanaka et al. [2010], Zhang et al. [2018], og Malin et al. [2019]. Herved er resultaterne ens, i forhold til, at bilisterne reducerer deres hastighed ved frostvejr og våde veje, samt at der vil forekomme en stor spredning i hastighed. Den fundne hastighedsnedsættelse ved disse forhold ligger i dette projektet mellem 5-20 km/t, hvilke stemmer meget godt overens med resultaterne fra Várhelyi [1996].

6.4 Mængden af data

Projektet anvender hastighedsdata fra ITS Platform, som har haft 431 forsøgsbilister med i en 3-årig forsøgsperiode. Grundet bilparkens størrelse, kan det diskuteres om antallet af køretøjer har været en begrænsning i forhold til datamængdens størrelse. Et større datagrundlag kunne være opnået ved at anvende Vejdirektoratets faste tællestationer eller opstillede tælleslanger i projektperioden. Ved at anvende tællingerne udført i projektperioden, vil registeringsperioden blive reduceret og antallet af dage, med forskelligt vejr være stærkt påvirket af dette. De faste tællestationer vil kunne have givet et større datagrundlag til undersøgelsen, da det er et fast sted, som alle bilister kører forbi vil blive registreret, men har to svagheder.

Den ene er, at tællestationerne og målestationerne ikke altid er placeret i nærheden af hinanden, hvilket gør at vejrdata ikke vil afspejle de eksakte forhold bilisterne har kørt under. Anvendelse af FCD i dette projektet, gør det muligt, at udtrække hastighederne lige ved målestationen, hvorved der fås et retvisende billede af hastigheden under de given kørselsforholdene. Tællestationerns anden svaghed i forhold til FCD er, at de ikke kan differencer mellem bilisterne. Herved vil de registreret turer i en bestemt kategori, kunne være

kørt af den samme person. Dog så har tællestationerne en større spredningen i antallet af biler, eftersom den registrerer alle biler, som passerer snittet og ikke kun hvis bil har en OBU. Herved vil sådan en datasæt have en stor spredning, ved at det er mange forskellige bilister, som passerer snittet. Ved at testbilisterne i ITS Platform er udstyret med OBUen gør, at hver bilist har et unik ID, hvilket er anvendt i projektets statistiske tests til at korrigerer for at det er de samme personer, som kører tuerne.

6.5 Antallet af køretøjer i hver kategori

Af kapitel 4 fremgår det, at datasættet ikke har en overvægt af turer registreret fra en bilist. Dog har datasættet flere bilister, som kun er registreret 1-2 gange i måleperioden. Ved inddeling af de 24 forskellige kategorier, fordeles de 27.000 turer efter hvilken kategori, som de passer ind i. Det kan derfor diskuteres om antallet af ture i den enkle kategori er nok til at kunne afspejl generel kørselsadfærd. For selvom der er mange eller få turer i en kategori, så kan spredningen af bilisterne være lille. I tabel 6.1 er antallet af ture, samt antallet af køretøjer angivet for hver kategori.

Vejtilstand / Temperatur	Tør [km/t]	Fugtig [km/t]	Våd [km/t]	Meget våd [km/t]
-15 °C til -10 °C	71 (26)	10 (7)	-	-
-10 °C til -5 °C	276 (55)	118 (49)	7 (6)	7 (5)
-5 °C til 0 °C	2.218 (172)	1.163 (116)	46 (24)	129 (43)
0 °C til 5 °C	3.480 (222)	2.349 (195)	100 (46)	39 (27)
5 °C til 10 °C	5.816 (250)	2.804 (199)	197 (75)	95 (45)
10 °C til 15 °C	6.247 (283)	1.652 (179)	195 (80)	71 (45)

Tabel 6.1. Antal ture i hver kategori. Tallet i partens antallet af køretøjer.

Tabellen viser, at der i hver enkel kategori forekommer der en stor spredning i antallet af køretøjer, hvilket gøre at der er en valid spredning i hver at undersøgelsens kategorier. Dog skal der stadig tages forbehold for kategorierne med relativ får ture, selvom de er kørt at mange forskellige bilister.

6.6 Validitet af hastigheder

Igennem projektet er der anvendt middelhastigeheder fra de forskellige målesnit, hvilket kan diskuteres om værende valid for undersøgelsen. Snithastighederne afspejler kun hastigheden, som er måle i det bestemte snit. Snithastigheden kan være påvirket, af stedsspecfikke forstyrrelser, som forankørende bilister eller råvildt på kørebanen. Sådan elementer, vil gøre bilisten ikke kører med sin egen ønsket hastighed, men tilpasser den efter sådanne situationer. Disse påvirkningerne vil kunne reduceres ved, at anvende strækningshastigheder ud fra en fordefineret strækningslængde. Som tidligere beskrevet, er vejrdata fra målestationerne ikke valid for en længere strækningen, hvorfor det har været nødvendigt at anvende snithastigheder.

6.7 Antallet af kategorier

Detaljeringsgaden af projektets undersøgelse bygger på de opstillet kategorier i kapitel 3. Kategorierne er opstillet for, at kunne vurdere om bestemte temperaturintervaller eller vejtilstande har særligt indvirkning på hastigheden. Ud fra resultaterne i Kapitel 5, kan det diskuteres om detaljeringsgraden af analysen har været for stor og om antallet af kategorier burde reduceres.

De statistisk tests af den indbyrdes forskel mellem kategorierne viser, at ved temperaturne over 0 °C opstår der ikke en statistiske signifikant forskel mellem kategorierne. For de intervaller, som ligger under 0 °C viser analysen, at der er en statistisk signifikant forskel indbyrdes mellem kategorierne. Ændringen i middelhastigheden for disse kategorier, ændre sig med ± 1 km/t, hvilket ikke anses som være en signifikant forskel fra en ingeniørmæssig synespunkt. Den statistiske signifikans opstår, som følge af en stor spredningen i de enkelte kategorier under 0 °C. Resultaterne i kapitel 5 viser også, at bilisterne reducerede deres hastighed mere som følge af en våd kørebane end temperaturen. Herved kan der augmenteres for at samle temperatur i større intervaller, hvorved data spredes mere ud. Ved at samle data i færre kategorier, fås flere ture i hver af de nye kategorier, hvilke gør den enkle kategori mere valid i forhold de givne forhold.

KAPITEL

7 Konklusion

Ulykkesstatestikker fra 2007-2017 viser, at 40 % af trafikulykkerne med dræbte eller tilskadekomne sker på de danske landeveje. Hver 3. af disse ulykker sker, fordi bilisten kører med en for høj hastighed, i forhold til vejsomgivelser eller vejstilstand. Bilisters hastighedsvalg påvirkes af forskellige faktorer og undersøgelser viser, at hastigheden har stor indflydelse på alvorlighedsgraden af trafikulykker. Vejret er en af de faktorer, som i større eller mindre grad har en påvirkning på bilistens hastighedsvalg. Formålet med dette projektet har været at undersøge, hvordan vejret påvirker bilisternes hastighedvalg og med afsæt i projektbaggrunden er følgende problemformulering og hypoteser opstillet:

"Hvilken indflydelse har temperatur og vådt føre på bilisters hastighedsvalg?"

Hypoteser:
- Bilister sænker deres hastighed ved risiko for glatte veje (Temperaturen <0 °C).
- Bilister sænker deres hastighed ved risiko for akvaplaning (Vådt føre).
- Bilister sænker deres hastigheden signifikant, som følge af kombinationen af frost og våde veje (Risiko for isglatte veje).

På baggrund af Floating Car Data fra forskningsprojektet ITS Platform og vejrdata fra målestationer, er 15 nordjyske lokaliteter undersøgt med henblik på at besvare projektets problemformulering og hypoteser. Projektetsdatagrundlag er fra perioden april 2012 til december 2014, hvor der i alt er kørt 27.000 ture fordelt på 342 køretøjer.

I undersøgelsen anvendes kun hastigheder mellem 30-130 km/t i temperaturintervallet -15 °C til 15 °C for, at validere data i forhold til ekstremer og fejlmålinger. Yderligere opstilles kategorier for at øge detaljeringsgraden af analysen i forhold til, hvilken temperaturer, som der er kørt under og hvor meget vand der var på vejen. Analyse af datasættet foregår ved en statistisk sammenligning af middelhastigheder ud fra de forskellige kategorier.

Resultaterne af analysen viste, at bilisterne reducerer deres hastighed med ca. 3 km/t, som følge af temperaturfald til under 0°C, hvilket er en statistisk signifikant hastighedsnedsættelse. Middelhastigheden ved temperatur under 0 °C er ca. 77 km/t, mens den er ca. 80 km/t ved temperaturer over 0 °C. Hastighedsfordelingen ændre sig som følge af temperaturen og analysen viser en statistisk signifikant forskel mellem hastighedsfordelinger over og under 0 °C. Herved kan det konkluderes, at temperaturen har en betydningen for hastighedsvalget, og at bilisterne nedsætter deres hastighed i frostvejr. Den nærmere analyse af temperaturens påvirkning viser, at selvom temperaturen falder, ændrer bilisten ikke sin hastighed signifikant, hvilket også er glædende ved en temperaturstigning. Ud fra dette kan det konkluderes, at bilisterne ikke bliver påvirket betydeligt af temperaturerændringer, så længe det er på den ene eller anden side af 0 °C.

Analysen af vejtilstands påvirkning viser en statistik signifikant forskel i bilisternes hastighed, som falder fra ca. 81 km/t til ca. 78 km/t, som følge af vand på vejen. Hastighedersprednin gen under vådt føre er statistiske signifikant forskelle i forhold til ved tørt føre. Derved kan det konkluders, at tilstedeværelsen af vand på vejbanen har en statistisk signifikant indvirkning på hastigheden på landevejsstrækninger.

Yderligere er hastigheden ved forskellige vejtilstande også undersøgt og resultatet viser, at hastigheden falder i takt med vejen bliver mere våd. Hastighedsnedsættelsen opstår især i kategorien "Meget våd", hvor hastigheden flader med ca. 8 km/t. Ud fra kategorierne viser analyserne, at der er en statistisk signifikant ændring i hastigheden, når vejbanetilstanden går fra tør til fugtig og våd til meget våd. Herved kan det konkluderes, at bilisterne nedsætter hastigheden, når der er vand på vejen og at hastigheden falder i takt med vandmængden på vejbanen stiger. Ydermere kan det konkluderes, at ved meget våde veje nedsætter bilisterne deres hastighed signifikant. Hastighedsfordelingerne for hver kategori indikerer, at ved en vandspejlstykkelse under 1 mm er hastighedfordelingen tilnærmelsesvis ens, men ved en vandspejlstykkelse større end 1 mm er der en stor spredningen i hastighederne. Ud fra dette kan det konkluderes, at bilisterne afpasser deres hastighed forskelligt i forhold til, hvor våd vejbanen er.

Interaktionen mellem temperaturen og vejtilstanden er i rapporten undersøgt for 24 opstillede kategorier og sammenholdt med en referenceværdi. Denne værdi indikerer, ud fra en objektiv vurdering, optimale kørselsforhold og gælder når at vejbanen er tør og temperaturen er mellem 0 og 5 °C. Resultaterne af undersøgelsen viste, at der er en tydelig sammenhæng mellem hastighed og interaktionen mellem temperatur og vand på vejbanen.

Udgangspunktet fra referenceværdien viste, at hastigheden reduceres mellem 1-25 km/t afhængig af hvilken kategori der sammenlignes med. Den største hastighedsændring var i kategorierne hvor temperaturen er under 0 °C og vejbanen er våd eller meget våd. Analysen viste også, at hastigheden er mere påvirket af vand på vejbanen end at temperaturen ændrer sig. Det kan herved konkluderes, at kombinationen af temperatur og vand på vejen påvirker hastigheden specielt i frostvejr og at bilisternes hastigehedsvalg er mere påvirket af vand på vejen end temperaturen, som der køres i. Ud fra overstående konklusioner er kategorierne i analysen reduceret til tabel 7.1, som viser hovedresultaterne af denne undersøgelse.

Vejtilstand / Temperatur	Tør [km/t]	Fugtig [km/t]	Våd [km/t]	Meget våd [km/t]
Over 0 °C	81,06	79,40	79,74	80,60
Under 0 °C	80,36	79,95	61,38	56,52
Forskel	-0,7	0,55	-18,36	-24,08

Tabel 7.1. Middelhastigheder ved givende forhold.

Variansanalysen af interaktionen viste, at påvirkningen i form af person- og stedvarationen har statistisk signifikant betydningen for middelhastigheden. Herved kan det konkluderes, at hastighedsvalget er stærkt påvirket af den enkle bilist, men også af det sted, hvor bilisten kører. Generalt for denne undersøgelse kan det konkluderes, at temperaturen og vådt føre påvirker bilisternes hastighed. Dog kan det ikke konkluderes om de observeret hastighednedsættelser er nok i forhold til sikker kørsel under de given forhold.

Litteratur

Action, **2008**. COST Action. *New Developments for Winter Service on European Roads. Final Report of COST Action 353: Winter Service Strategies for Increased European Road Safety*, 2008.

Agerholm et al., **2012**. Niels Agerholm, Svend Tøfting og Harry Lahrmann. *ITS Platform - Ide, innovative løsninger og status*. `https://www.vejforum.dk/Net_Docs/CFP_Artikler/1312.pdfsneuniverset.dk/glatte-veje-danmark/`, 2012.

Andersen et al., **2016**. Camilla Sloth Andersen, Kristian Hegner Reinau og Niels Agerholm. *The Relationship between Road Characteristics and Speed Collected from Floating Car Data*. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 4(6), 291–298, 2016. ISSN 2328-2142. doi: 10.17265/2328-2142/2016.06.001.

Asfaltindustrien, **2016**. Asfaltindustrien. *Asfalt Håndbogen*. ISBN: 978-87-999326-0-3, Paperback. Asfaltindustriens forlag, 2016.

Bendsen, **2018**. Thomas Bendsen. *Noter i statistik*. `http://www.statnoter.dk/index.php?pageID=64`, 2018.

Bergström, **2003**. A. Bergström. *Tema Vintermodell – Olycksrisker under för-, hög- och senvintern [Accident risks during early, mid and end of winter]*. VTI notat 19-2003, 19, s.38, 2003.

Brodsky og Hakkert, **1988**. Harold Brodsky og A.Shalom Hakkert. *Risk of a road accident in rainy weather*. Accident Analysis Prevention, Volume 20, s. 161–176, 1988.

Buksti, **2000**. Jacob Buksti. *Redegørelse om Færdselssikkerhedskommissionens nye mål*. `http://webarkiv.ft.dk/?/Samling/20001/redegoerelse/R9.htm`, 2000. Besøgt 16/4 2019.

Cappelen, **2019**. John Cappelen. *Temperaturen i Danmark*. DMI, `https://www.dmi.dk/klima/temaforside-klimaet-frem-til-i-dag/temperaturen-i-danmark/`, 2019.

Colourbox, **2019**. Colourbox. *Stock foto af automobil, skrabning, rimfrost*. `https://www.colourbox.dk/billede/automobil-skrabning-rimfrost-billede-1230677`, 2019. Besøgt 4/9 2019.

Decell Technologies Ltd, **2019**. Decell Technologies Ltd. *What is Floating Car Data?* `http://www.decell.com/Solutions/Technology/fcd.html`, 2019. Besøgt 10/4 2019.

Elvik, **2012**. Rune Elvik. *Accident Analysis and Prevention.* Accident Analysis and Prevention, Volume 50, s.854–860, 2012.

Eram, **2019**. Michel M. Eram. *Udtræk fra Vejrvej - Enheder på parameterne.* Mailkorrespondance, 2019.

Finch et al., **1979**. D.J. Finch, P. Kompfner, C.R. Lockwood og G. Maycock. *Bilförares hastighetsanpassning. Underlag och riktlinjer för informationskampanjer i syfte att förbättra bilförarnas hastighetsanpassning*, 1979.

Garber og Gadiraju, **1989**. N.J. Garber og R. Gadiraju. *Factors affecting speed variance and its influence on accidents.* Journal of the Transportation Research Board, 1213, s. 64–71, 1989.

Greibe, **2005**. Poul Greibe. *Hastighedens betydning for trafiksikkerheden – danske og udenlandske studier.* Trafik & Veje, 9, s.46–49, 2005.

Havarikommissionen for vejtrafikulykker, **2014**. Havarikommissionen for vejtrafikulykker. *Hvorfor sker trafikulykkerne?* ISBN: 978-87-91458-33-0. 2014.

Huang et al., **2010**. H. Huang, M. Abdel-Aty, A.A. Ekram, A.A. Oloufa, Y. Chen og R. Morrow. *Fog-and Smoke-Related crashes in Florida: identifying crash characteristics, spatial distribution, and injury severity.* Transportation Research Board 89th Annual Meeting, 2010.

Jensen og Nielsen, **2016**. Thomas C. Jensen og Jesper E. Nielsen. *Vejret og hastigheden på motorvej.* Trafik & Veje, 5, s.43–45, 2016.

Jørgensen, **2018**. Michael Jørgensen. *Vejdirektoratets isbiler giver mindre is på vejene.* linkedin, 2018.

Jørgensen, **2011**. Morten Jørgensen. *Bygennemfarters effekt på privatbilisters hastighedsvalg.*, 2011.

Kairan et al., **2009**. Zhang Kairan, Tang Zhihui, Li Guofang, Yang Xiaoliang og Bai Yongbin. *Novice Driver Speed Adjustment to Wet Weather.* pages 63–67, 2009.

Kilpelainen og Summala, **2007**. Markku Kilpelainen og Heikki Summala. *Effects of weather and weather forecasts on driver behaviour.* Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 10.4, s.288–299, 2007.

Lyckegaard, **2016**. Allan Lyckegaard. *Sammenhæng mellem hastighed og uheld.* Trafiksikkhedsforskning, 15, 2016.

M og Ali, **2018**. Ahmed Mohamed M og Ghasemzadeh Ali. *The impacts of heavy rain on speed and headway Behaviors: An investigation using the SHRP2 naturalistic driving study data.* Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 91, s. 371–384, 2018.

Malin et al., **2019**. Fanny Malin, Ilkka Norros og Satu Innamaa. *Accident risk of road and weather conditions on different road types.* Accident Analysis and Prevention, 122, 181–188, 2019.

Malmivuo og Kärki, **2002**. M. Malmivuo og O. Kärki. *Ajokeliin liittyvä riski [Winter road conditions and accident risk]. Finnish National Road Administration.* ISBN: 951-726-921-8, Forskningsrapport. TIEHALLINTO, 2002.

M.H.Cameron og Elvik, **2010**. M.H.Cameron og R. Elvik. *Nilsson's Power Model connecting speed and road trauma: Applicability by road type and alternative models for urban roads.* Accident Analysis and Prevention, 42, 1908–1915, 2010.

Nilsson, **2004**. Göran Nilsson. *Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety*, 2004.

Petersen et al., **2009**. Claus Petersen, Kai Sattler og Alexander Mahura. *Strækningsvejr - detaljer tæller.* Trafik & veje, Journal 10, s. 46–48, 2009.

Rahman og Lownes, **2012**. Ashrafur Rahman og Nicholas E Lownes. *Analysis of rainfall impacts on platooned vehicle spacing and speed.* Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 15.4, s.395–403, 2012.

Rikhof og Overgaard, **2017**. Claus Lynnerup Rikhof og Christian Overgaard. *Analyse af sammenhæng mellem vejr på hastighed på udvalgte vejstrækninger.* Trafik & Veje, 3, s.42–46, 2017.

Ryeng, **2012**. Eirin Olaussen Ryeng. *The effect of sanctions and police enforcement on drivers' choice of speed.* ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION, 45, s.446–454, 2012.

Salli et al., **2008**. R. Salli, M. Lintusaari, H. Tiikkaja og M. Pöllänen. *Keliolosuhteet ja henkilöautoliikenteen riskit [Wintertime road conditions and accident risks in passenger car traffic].* ISBN: 978-952-15-1965-9, Forskningsrapport. Tampereen teknillinen yliopisto, 2008.

Sarjamo og Malmivuo, **2004**. S. Sarjamo og M. Malmivuo. *Talviliikenteen turvallisuus Suomessa ja Ruotsissa [Wintertime traffic safety in Finland and Sweden]. Liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimus- ja kehittämisohjelma LINTU.* julkaisu, 5A, s.87, 2004.

Siren et al., **2012**. Anu Siren, Claus Hedegaard Sørensen og Iben Vinsteen. *Vejhastighedens politiske historie.* ISBN: 978-87-7327-227-5, Paperback. DTU Transport, 2012.

Snevagten, **2017**. Snevagten. *GLATTE VEJE I DANMARK.* `https://sneuniverset.dk/glatte-veje-danmark/`, 2017. Besøgt 6/6 2019.

Solomon, **1964**. D. Solomon. *Accidents on Main Rural Highways Related to Speed, Driver, and Vehicle.* Federal Bureau of Highway, 1964.

Spolander et al., **1979**. K. Spolander, H. Laurell, G. Nilsson og H.K. Pettersson. *Bilförares hastighetsanpassning. Underlag och riktlinjer för informationskampanjer i syfte att förbättra bilförarnas hastighetsanpassning.*, 1979.

Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, **2019**. Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. *Korforsyningen download.* `https://download.kortforsyningen.dk/forside`, 2019. Besøgt 23/05 2019.

Tanaka et al., **2010**. Mitsuru Tanaka, Prakash Ranjitkar og Takashi Nakatsuji. *Comparison of Driving Behavior and Safety in Car-Following Platoons Under Icy and Dry Surface Conditions.* Transportation Research Board 89th Annual Meeting, 2010.

Taylor et al., 2002. M C Taylor, A Baruya og J V Kennedy. *The relationship between speed and accidents on rural single-carriageway roads*. ISSN: 0968-4107, Rapport TRL511. Transport Research Laboratory, 2002.

Teilmann og Bennedsen, 2018. Marie Wessel Teilmann og Ida Litske Bennedsen. *Uheld i glatføre kulegraves*. Trafik & Veje, 10, s.28–29, 2018.

Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, 2018. Transport-, Bygnings- og Boligministeriet. *Bekendtgørelse af færdselsloven*. `https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=204976`, 2018. Downloadet: 15/04 2019.

Tøfting et al., 2014. Svend Tøfting, Harry Lahrmann, Niels Agerholm, Brian Jørgensen og Lone Varn Johannsen. *ITS Platformen - udvikling af intelligent trafik*. Trafik & Veje, 1, s.12–15, 2014.

U.S. Department of Transportation, 2018. U.S. Department of Transportation. *How Do Weather Events Impact Roads?* `https://ops.fhwa.dot.gov/Weather/q1_roadimpact.htm`, 2018.

Vejdirektoratet, 2019. Vejdirektoratet. *Glatføremålestationer*. `https://www.vejdirektoratet.dk/side/glatforemalestationer`, 2019. Besøgt 04/06 2019.

Vejdirektoratet, 2006. Vejdirektoratet. *Trafiktællinger Planlægning, udførelse og efterbehandling*. ISBN: 87-7923-877-7, Paperback. Vejdirektoratet, 2006.

Vejdirektoratet, 2017. Vejdirektoratet. *TRAFIKSIKKERHEDSPRINCIPPER*, 2017.

Vejdirektoratet, 2018. Vejdirektoratet. *Trafikulykker for året 2017*. ISBN: 978-87-93674-02-8. Vejdirektoratet, 2018.

Vejdirektoratet, 2019. Vejdirektoratet. *Landsdækkende glatførevarslingssystem Vejvejr*, 2019.

Várhelyi, 1996. András Várhelyi. *Dynamic speed adaptation based on information technology. A theoretical backgorund*. ISSN: 0346-6265, Ph.d. Department of Traffic Planning and Engineering. Lund Institute of techology, 1996.

Zhang et al., 2018. Jianbo Zhang, Guohua Song, Dapeng Gong, Yong Gao, Lei Yu og Jifu Guo. *Analysis of rainfall effects on road travel speed in Beijing, China*. IET Intelligent Transport Systems, Volume 12, s. 93–102, 2018.

Zhao et al., 2018. Xiaohua Zhao, Guichao Ren, Chen Chen og Yunlong Zhang. *Effect of Weather Conditions on Car-Following-Related Driving Behavior*. Konference, 2018.

BILAG

A Målestationer

Dette bilag indeholder en oversigt over målestationerne af typen Vaisala placering i Nordjylland, samt en oversigt over parameterne, som måler Malling og Vaisala registerer.

Parameter for Malling og Vaisala målestationerne

Malling	Vaisala
Lufttemperatur	Lufttemperatur
Relativ fugtighed	Relativ fugtighed
Vejtemperatur	Vejtemperatur (x 5)
Vejresistans	Nedbørsdetektor
Nedbørsresistans	Væsketykkelse (x 2)
Vindhastighed/retning	Conductivity (x 2)
	Vindhastighed/retning

Tabel A.1. Målestationerns forskellige parameter. Parentes angiver muligheden for flere måler ved samme lokalstation.

Alle Nordjyske målestationer af typen Vaisala

Nummer	Navn	Bestyrer	Langdegrad	Breddegrad
6001	Skibsby	Statlig	1.003.618.717	5.748.263.931
6003	Ravnshøj	Statlig	1.041.964.149	5.744.886.398
6004	Langtved	Statlig	104.816.103	5.736.128.998
6006	Tingskoven	Statlig	937.410.069	5.708.850.861
6013	Haverslev	Statlig	969.766.124	5.678.273.808
6015	Stenild Bro	Statlig	97.012.825	5.667.153.168
6016	Ryå-bro	Statlig	971.670.437	571.689.682
6017	Hjallerup	Statlig	1.019.739.312	5.718.648.465
6018	Brønderslev	Statlig	995.222.664	572.326.371
6019	Aars Nord	Statlig	951.748	5.681.309
6021	Sindal-Øst	Statlig	102.816	5.746.406
6102	Cloostårnet	Komunal	1.046.865.082	5.742.240.143
6104	Lyngså Nord	Komunal	1.050.197.983	5.727.866.364
6105	Jerup	Komunal	1.038.546.944	5.752.340.317
6106	Skagen by	Komunal	1.054.896.164	5.772.939.682
6107	Dybvad	Komunal	10.354.232	57.278.402
6108	Østervrå	Komunal	10.231.862	57.345.698
6121	Tversted	Komunal	1.020.331.955	5.758.126.068
6122	Mosbjerg	Komunal	1.026.756.954	5.750.222.397
6123	Vennebjerg	Komunal	982.470.322	5.745.606.995
6124	Lendum	Komunal	1.024.188.614	5.739.361.191
6125	Børglumkloster	Komunal	979.565.811	5.737.046.814
6126	Astrupvej	Komunal	1.013.229	5.747.803
6141	Hallundvej	Komunal	1.007.879.639	5.724.744.034
6160	Læsø	Komunal	1.103.453.636	5.726.929.474
6180	Rødhusvej	Komunal	960.497.093	5.718.521.118
6181	Vester-Torup	Komunal	909.502.411	5.710.979.462
6182	Gjøl	Komunal	973.716.354	5.708.163.071
6183	Nørhalne	Komunal	989.333	571.489
6201	Holtet	Komunal	1.020.487.309	5.703.635.788
6203	Østre Alle	Komunal	9.916.249	57.040.035
6204	Byplanvej	Komunal	99.363.575	5.701.319.122
6208	Dokkedal Nord	Komunal	10.255.479	56.914.574
6222	Hurup	Komunal	842.907.333	5.675.907.516
6223	Vesløs	Komunal	8.987.108	57.041.414
6224	Sennels	Komunal	8.778.057	56.965.033
6225	Gl.Aalborgvej-Thisted	Komunal	8.923.517	5.706.353
6226	Hanstholm	Komunal	858.947	5.711.037
6241	Asselsvej	Komunal	876.785	5.674.995
6261	Hornum	Komunal	941.479.778	5.683.768.463
6262	Stistrup	Komunal	924.791.976	5.675.240.304
6263	Glerup	Komunal	938.251	56.694
6264	Vegger	Komunal	955.995	5.688.377
6265	Hemdrup	Komunal	9.409.013	56.964.219
6281	Veggerbyvej	Komunal	963.929	5.688.435
6282	Tvoruphøjevej	Komunal	1.007.385	5.684.246
6302	Villestrup Å	Komunal	9.955.493	56.762.249
6303	Vejhuse	Komunal	10.273.386	5.675.318
6304	Ø. Doense	Komunal	9.825.049	56.711.524
6305	Oue	Komunal	9.998.869	56.689.831

Tabel A.2. Visalia stationerne i Nordjylland

BILAG

B Anvendte statistiske metoder

Dette bilag indeholder beskrivelser af de statistiske anvendte metoder gennem rapporten. herunder STATA kommandoer og supplerende formler til kapitel 3.

STATA

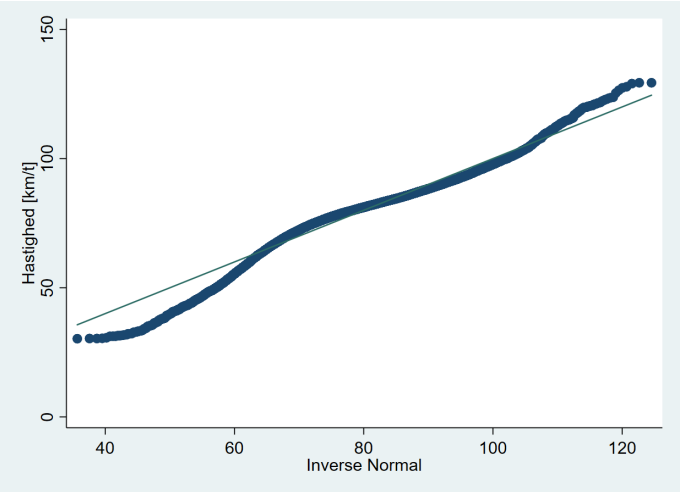
STATA er et statistiske analyse program, som i dette projektet er anvendt i forbindelse med databehandlingen af dette projektet. I programmet anvendes en række kommandoer til at foretage projektets statistiske tets, disse kommandoer er kort beskrevet i tabel B.1.

Kommando	Beskrivesle
regress	Lineær regressionsanalyse. I kombination med vce (cluser XX) kan beregne robuste og cluster-robuste standratfejl.
anova	For tager en variansanalyse af imput parameteren.
ranksum	Udfører Wilxcon Rank-sum test. tester om to fordelinger kan anteges at være ens.
margins	Estimerer marginer ud fra statistiske modeller. Avnendes i projektet til at estimerer korrigerer værdierne for person- og sted variationen. Korrigeringen sker ud fra at bilister, som generalt kører for hurtigt vil have en høj værdi i deres personparameter og en forsigtig bilist vil få estimeret en lav eller negativ personparameter. Hverved korrigeres der for bilisternes forskellige kørestile.
lincom	Lineære kombination. Anvendes i projektet til at estimerer 95 % CI og p-værdi mellem middelværdier ud fra de statistisketest.
vce(cluster XX)	Inddrager grupperne (cluster) i den linære regerssionsanalyse for at tage højde for person- og sted varation.

Tabel B.1. Statakommander og deres funktion.

Fordeling af hastighedsdata.

En forudsætningen for nogle af de statistiske testes, som anvendes i dette projektet er at datasættet er normaletfordelt. I kapitel 4 er hastighedsfordelingen for datasættet vist og er tilnærmelsesvis normaltfordel. For at undersøge om den er normaltfordelt, laves en QQ-plot af datasættet, vist på figur B.1. Ud fra QQ-plottet, så fordeler datapunkter tilnærmelsesvis ens omkring tendenslinjen, hvorved antagelsen om at data er normaltfordelt kan anses som være valid.



Figur B.1. QQ-plot af hastighedsdata, hvor ud fra det antages som normaltfordelt.

Wilcoxon rank sum

Dette afsnit viser supplerende formler til beregningen af Wilcoxon rank sum testen fortaget i projektets databehandling.

$$\mu_W = \frac{n_1(n_1+n_2+1)}{2} \tag{B.1}$$

hvor

μ_W	Middelranken
n_1	Ranksummen for stikprøve 1
n_2	Ranksummen for stikprøve 2

$$\sigma_W = \sqrt{\frac{n_1 n_2(n_1+n_2+1)}{12}} \tag{B.2}$$

hvor

σ_W	Middelværdien af stikprøven
n_1	Stikprøvens spredning
n_2	Stikprøvens størrelse

ANOVA-4 faktore

Dette afsnit viser supplerende formler til beregningen af ANOVA-testen fortaget i projektets databehandling.

$$SD^2_{Indenfor} = \frac{(n_1 - 1) \cdot SD_1^2 + (n_2 - 1) \cdot SD_2^2 + ... + (n_k - 1) \cdot SD_k^2}{n_1 + n_2 + ... + n_k - k} \tag{B.3}$$

hvor

$SD^2_{indenfor}$	Spredningen indenfor grupperne
n_k	Antal registeret i hver gruppe
SD_k	Spredning i hver gruppe
k	Antallet af grupper

$$SD^2_{Mellem} = \frac{n_1 \cdot (\overline{x}_1 - \overline{x})^2 + n_2 \cdot (\overline{x}_2 - \overline{x})^2 + ... + n_k \cdot (\overline{x}_k - \overline{x})^2}{k - 1} \tag{B.4}$$

hvor

$\overline{x}$	Middelværdi for hele teststørrelsen
$\overline{x}_k$	Middelværdi for stikprøverne
k	Antallet af popluationer (kategorier)
n_k	Antallet af værdierer i en stikprøve
SD_k	Spredningen for stikprøven

BILAG

C Målesnit

Dette bilag inholder de 15 målesnit, som undersøgelse i projektet. Hver lokalition er angivet med et billede, hvor glatførestation er angivet samt målesnittet. Yderligere er der i bilag, angivet en oversigt for de målesnit, som er rykket i projektet.

I forbindelse med data udtrækingen er syv af målesnittet valgt, at flyttet i forhold til glatførestations placering, grundet de lokale forhold, angivet i tabel C.1. Tre af de syv snit er placeret i eller relativt tæt ved en anden hastighedszonen, end den som anvendes i projektet, hvorfor disse er rykket ud/væk fra zonen, da dette ellers vil give et forkert billede i forhold til hastigheden. To af stationerne er placeret i en relativ kort afstand til en by zone begynder, hvorfor disse er rykket længere væk fra zonen begyndelse for, at bilisterne ikke er begyndt at decelerere og derved påvirke resultaterne.

Målernummer	Bemærkning
6016	Placeret i en 70 km/t-zone og ved et helleanlæg
6102	Glaførestationen er placeret ved en sidevej
6105	Glaførestationen er placeret ved en sidevej
6121	Placeret få meter fra begyndelsen af en 60 km/t-zone
6122	Glatførestationen er placeret tæt på en by (Mosebjerg)
6125	Placeret i en 70 km/t-zone
6201	Placeret få meter fra begyndelsen af by.(Holtet)

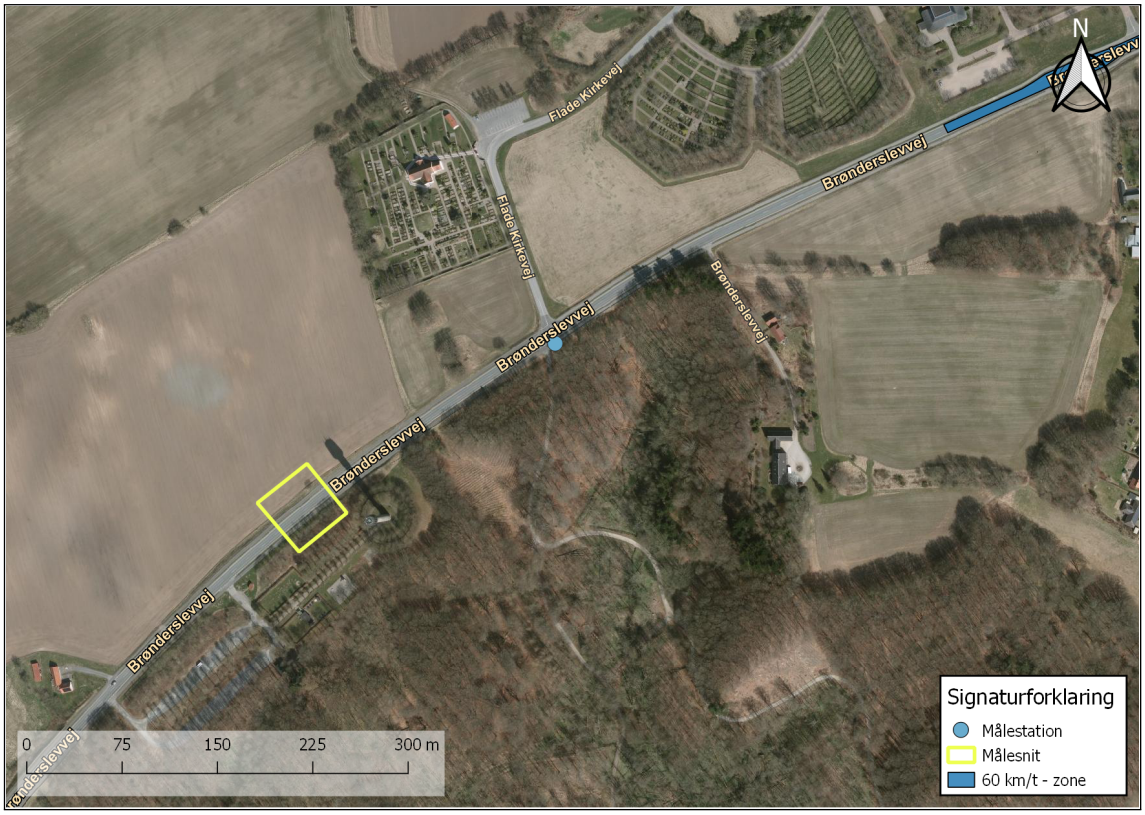
Tabel C.1. Forskudte målesnit i forhold til målestations placering, samt begrundelsen for flytningen.

For de to resterende snit er glatførestationen placeret på en primærvej ved tilslutningen af en sekundærvej. Ud fra dette blev det antaget, at andre svingende bilister kan have påvirket free flow hastigheden for testbilisten, hvorfor måle snittetene blev rykket. Flytningen af målesnitene kan diskuteres, eftersom målingen ikke er udført det eksakte sted, hvorfra vejrdata er trukket fra. For målesnittet rykket grundt hastighedsnedsættelse eller tæt ved en byport vurderes den, at de lokalehastigheds-begrænsninger, påvirker resultaterne mere end

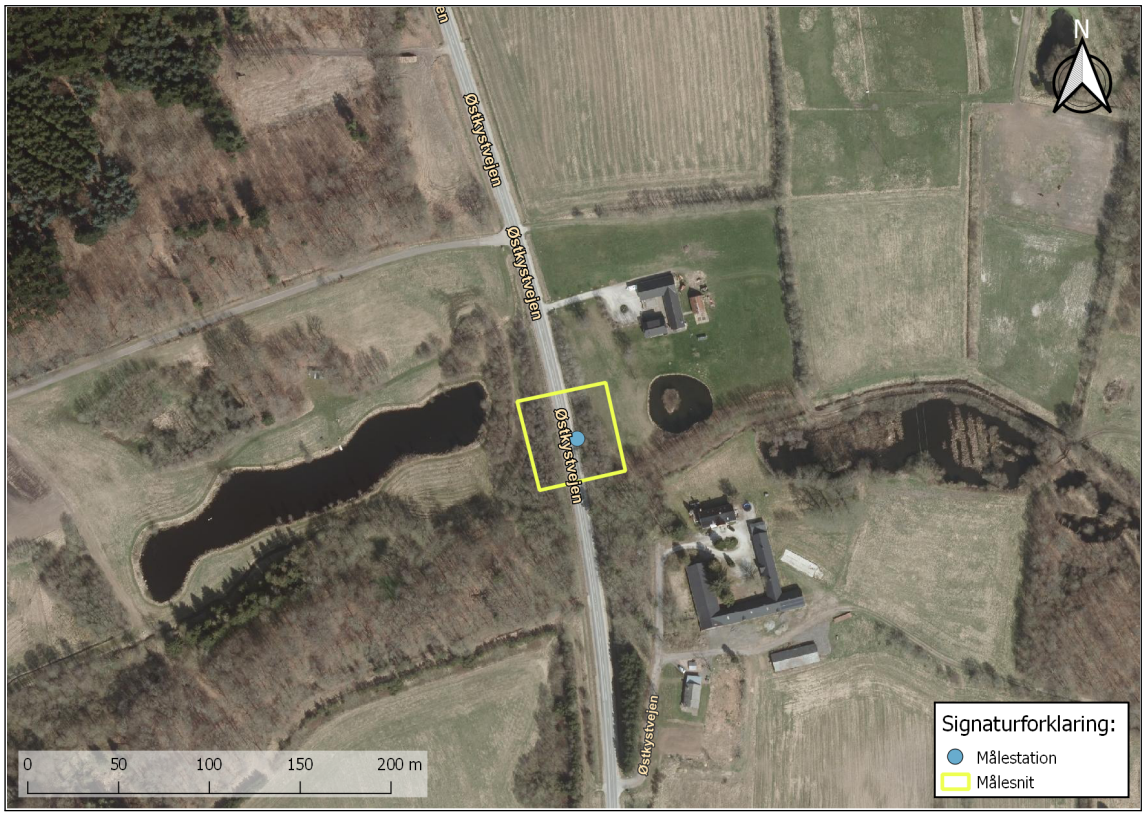
Figur C.1. Målestation 6003 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

Figur C.2. Målestation 6015 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

Figur C.3. Målestation 6016 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

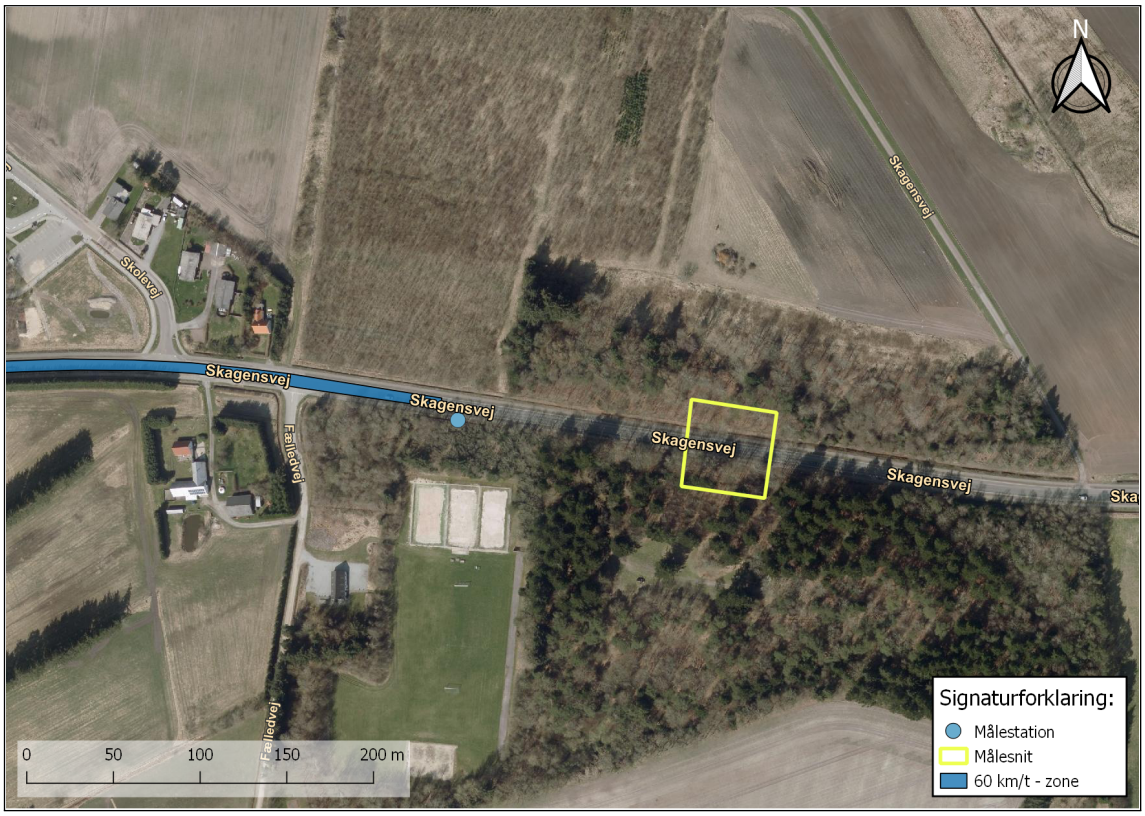


Figur C.4. Målestation 6102 og dens målesnit med indbyrdes afstand.



Figur C.5. Målestation 6102 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

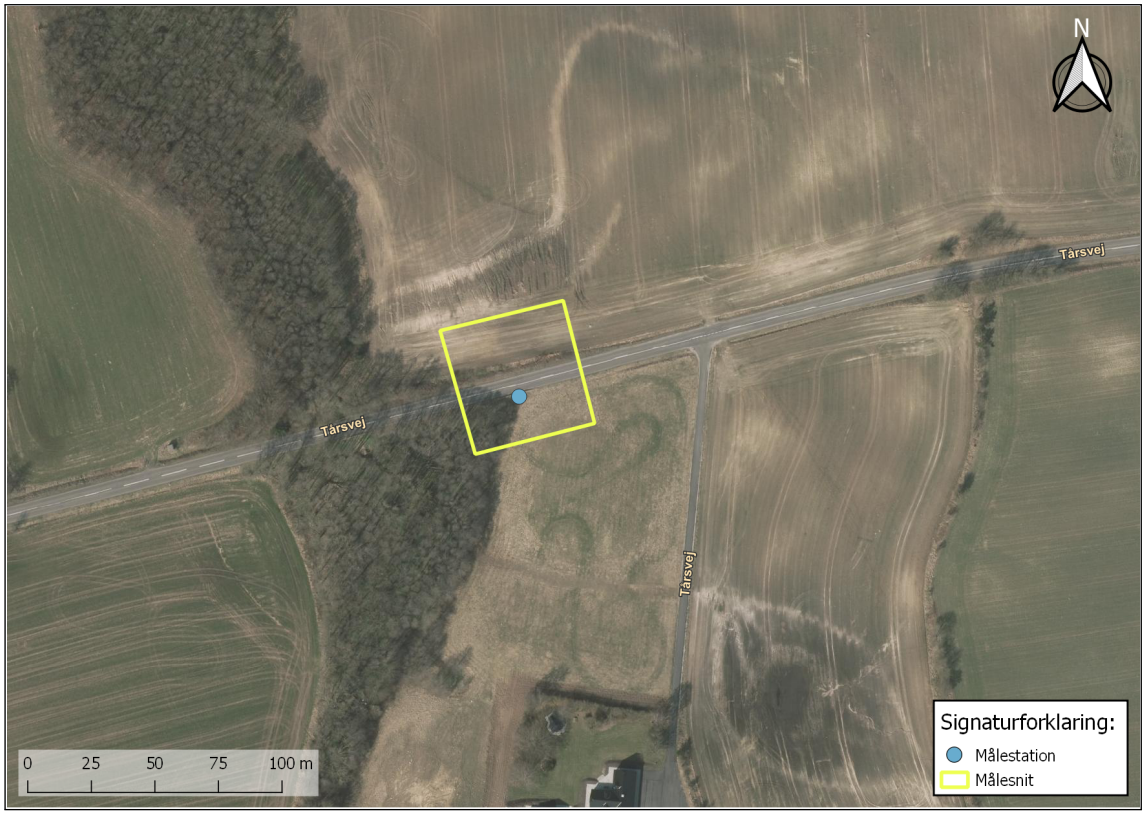
Figur C.6. Målestation 6102 og dens målesnit med indbyrdes afstand.



Figur C.7. Målestation 6121 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

Figur C.8. Målestation 6122 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

Figur C.9. Målestation 6123 og dens målesnit med indbyrdes afstand.



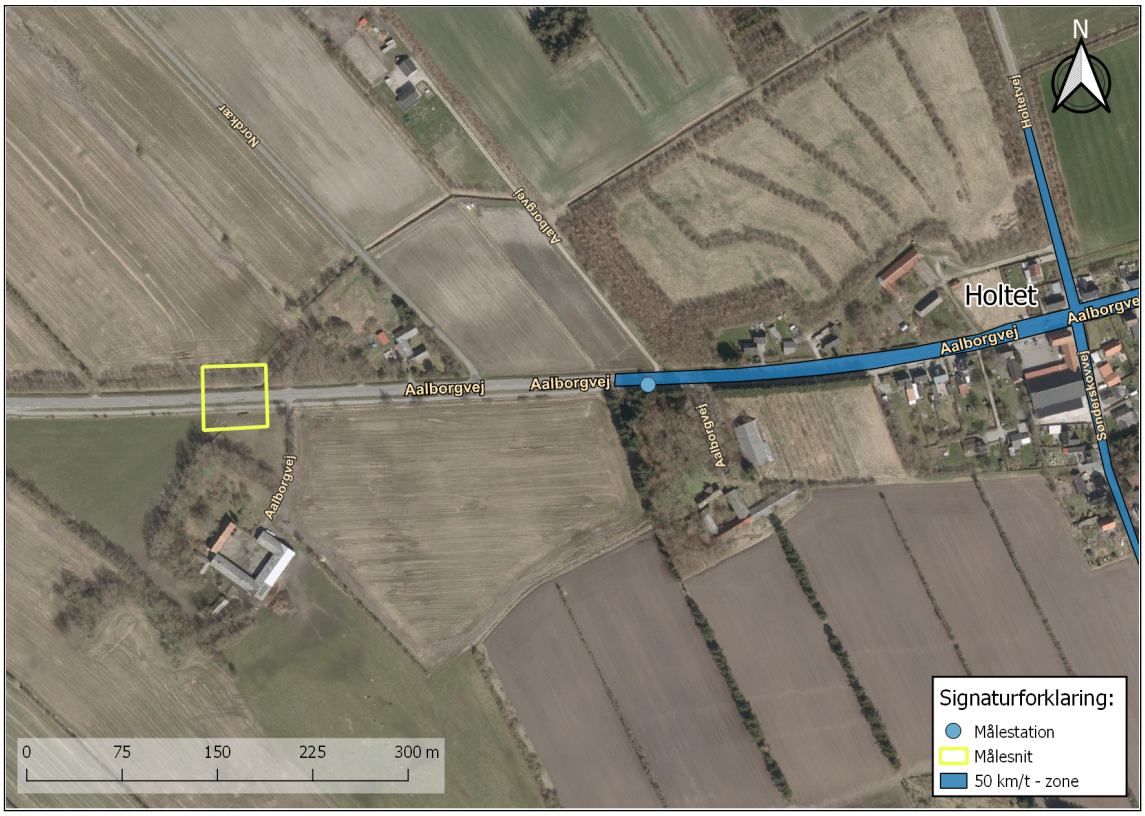
Figur C.10. Målestation 6124 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

Figur C.11. Målestation 6125 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

Figur C.12. Målestation 6125 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

Figur C.13. Målestation 6125 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

Figur C.14. Målestation 6201 og dens målesnit med indbyrdes afstand.



Figur C.15. Målestation 6201 og dens målesnit med indbyrdes afstand.

BILAG

D Antallet af ture fordelt på boks id

Id	Ture	Id	Ture	Id	Ture	Id	Ture	Id	Ture	Id	Ture	Id	Ture
1	18	125	42	237	3	345	20	455	4	575	18	701	33
3	31	127	1	239	1	347	37	461	1	577	29	705	54
5	5	129	1	241	5	351	2	463	8	581	4	709	6
9	8	133	47	243	19	353	1	465	1	583	46	711	129
13	4	137	27	245	6	355	5	467	6	585	5	717	468
15	9	139	15	247	1	357	31	469	2	589	3	721	2
17	43	141	2	249	35	359	34	471	10	591	7	723	3
19	529	143	4	251	9	361	32	473	6	593	11	725	81
21	6	145	6	253	66	363	3	475	471	597	11	731	131
23	8	147	1017	255	6	365	624	477	21	599	1	733	212
29	113	149	27	257	6	369	6	481	641	601	132	735	31
31	5	151	3	259	80	371	141	487	71	603	5	739	77
33	188	153	40	261	1	373	14	489	7	605	4	741	145
37	1	155	371	265	15	375	10	491	58	609	5	743	261
39	3	157	7	267	118	377	23	493	26	613	1	749	4
41	9	159	3	269	569	379	1042	495	9	615	17	751	11
43	19	161	7	271	9	381	1179	497	512	617	163	753	98
45	75	163	26	273	4	383	1525	499	6	619	23	755	4
47	66	165	2	275	7	385	483	503	77	621	2	757	10
49	4	167	25	277	40	387	247	505	97	623	33	759	3
51	10	169	51	279	4	389	1162	507	4	625	10	761	1
53	383	171	24	281	2	391	984	509	52	627	76	763	1
55	1	173	619	283	18	393	86	511	24	629	7	765	2
57	20	175	76	285	97	395	14	515	15	631	34	769	4
59	17	177	12	287	1	397	2	517	1	635	155	773	1
61	2	179	1	289	22	399	19	519	65	639	6	777	2
63	5	181	2	291	16	401	20	523	9	641	79	779	5
65	3	183	1	293	805	403	645	525	11	647	42	781	2
67	23	185	20	299	62	405	5	527	110	649	28	783	2
69	16	187	16	303	44	409	763	529	576	651	13	785	45
73	1	189	7	305	7	411	43	531	79	655	22	787	14
75	6	193	1	307	11	413	7	533	15	659	4	789	2
77	10	195	105	309	1	415	6	535	4	661	60	813	2
79	2	199	107	311	3	417	381	537	9	663	55	819	3
81	5	201	1	313	25	419	383	539	23	665	12	821	6
83	15	205	2	315	43	425	23	541	11	667	6	829	33
85	16	207	10	317	20	427	91	543	65	669	2	833	4
93	802	209	6	319	178	431	67	545	2	671	377	835	29
97	10	211	137	321	75	433	104	549	6	673	2	837	6
99	10	215	80	323	50	435	1	551	3	675	1	839	136
103	7	217	410	325	1	437	7	555	1	677	6	841	27
105	4	219	1	327	10	439	12	557	125	679	6	843	6
109	2	221	13	329	3	441	13	559	10	681	3	845	16
111	1	223	2	331	57	443	7	561	29	683	6	849	2
113	1	225	13	335	18	445	37	563	2	685	2	855	2
115	22	227	16	337	8	447	3	565	4	687	1	857	2
117	2	229	13	339	42	449	16	567	288	689	13	859	2
119	6	231	31	341	52	451	81	571	9	695	14	863	321
121	60	233	2	343	13	453	121	573	16	699	87		

Tabel D.1. Antallet af turer fordelt på boks id.

BILAG

E Statistiske undersøgelser

Dette Bilag indeholder understøttende statistiske resultaterne til analysen foretaget i Kapitel 5. Resultaterne fremgår i kapitlet, af teksten, men er i dette bilag opstillet på tabel form.

Middeleffekter for temperaturintervallerne

Temperatur [°C]	Middeleffekt [km/t]	Nedre 95% CI [km/t]	Øvre 95% CI [km/t]	P-værdi
-15/-10 til -10/-5	-0,81	-4,62	3,01	0,678
-10/-5 til -5/0	0,02	-1,54	1,58	0,980
-5/0 til 0/5	-2,78	-3,48	-2,07	0,000
0/5 til 5/10	-0,59	-1,04	-1,33	0,011
5/10 til 10/15	0,50	0,035	0,96	0,035

Tabel E.1. Middeleffekten mellem temperatur kategorierne, med tilhørende 95% konfidensintervaller og P-værdi

Middeleffekter - vandspejlstykkelsen

Vandspejlstykkelse [mm]	Middeleffekt [km/t]	Nedre 95 % CI [km/t]	Øvre 95 % CI [km/t]	P-værdi
Tør/Fugtig	2,78	2,87	1,68	P ≤ 0,000
Fugtig/Våd	- 0,74	0,42	-1,90	P =0,212
Våd/Meget våd	-6,95	-4,54	-9,36	P ≤ 0,000

Tabel E.2. Middelhastigheden ved forskellige vandspejlstykkelser og registreret ture med tilhørene 95% konfidensintervaller, samt p-værdi.

Forskel i korrigeret værdier

Temperatur [°C]	Tør vej [km/t]	Fugtig vej [km/t]	Våd vej [km/t]	Meget våd vej [km/t]
-15 til -10	- 1,58 (71)	- 1,68 (10)	-	-
-10 til -5	0,23 (276)	- 0,71 (118)	10,2 (7)	0,08 (7)
-5 til 0	- 0,07 (2.218)	0,11 (1.163)	0,6 (46)	4,03 (129)
0 til 5	- 0,16 (3.480)	0,23 (2.349)	- 0,25 (100)	- 1,97 (39)
5 til 10	- 0,06 (5.816)	0,11 (2.804)	- 1,43 (197)	- 1,94 (95)
10 til 15	- 0,05 (6.247)	0,3 (1.652)	- 1,19 (195)	- 2,85 (71)

Tabel E.3. Forskel i middelhastigheden i forhold til korrigeret og ukorrigeret parameter.

95% konfidensinterval for de korrigeret værdier

Temperatur [°C]	Tør vej [km/t]	Fugtig vej [km/t]	Våd vej [km/t]	Meget våd vej [km/t]
-15 til -10	74,30-78,54	73,38-84,70	-	-
-10 til -5	79,70-81,85	73,43-76,73	57,89-71,37	54,34-67,89
-5 til 0	79,96-80,73	74,72-75,77	60,41-65,66	58,73-61,88
0 til 5	80,87-81,48	78,66-79,41	77,10-80,70	74,17-79,89
5 til 10	81,12-81,59	79,62-80,29	77,35-79,90	76,71-80,42
10 til 15	80,33-80,78	79,36-80,24	77,24-79,81	76,63-80,90

Tabel E.4. 95% konfidensintervaller for korrigeret middelhastigheder.

Konfidensintervaller for korrigeret middeleffekterne

Vejtilstand / Temperatur	Tør [km/t]	Fugtig [km/t]	Våd [km/t]	Meget våd [km/t]
-15 til -10	P ≤ 0,000 (-6,90 til -2,62)	P = 0,461 (-7,81 til 3,53)	-	-
-10 til -5	P = 0,482 (-1,52 til 0,72)	P ≤ 0,000 (-7,77 til -4,42)	P ≤ 0,000 (-23,29 til -9,80)	P≤ 0,000 (-26,84 til -13,28)
- 5 til 0	P = 0,001 (-1,33 til -0,34)	P ≤ 0,000 (-6,54 til -5,33)	P ≤ 0,000 (-20,77 til -15,50)	P ≤ 0,000 (-22,46 til -19,26)
0 til 5	Ref	P ≤ 0,000 (-2,62 til -1,66)	P =0,014 (-4,10 til -0,45)	P =0,005 (-7,02 til -1,27)
5 til 10	P <0,369 (-0,21 til 0,55)	P ≤ 0,000 (-1,67 til -0,76)	P ≤ 0,000 (-3,86 til -1,23)	P = 0,006 (-4,89 til -0,73)
10 til 15	P =0,001 (-1,00 til -0,24)	P ≤ 0,000 (-1,91 til -0,84)	P ≤ 0,000 (-3,97 til -1,33)	P =0,028 (-4,56 til -0,26)

Tabel E.5. P-værdi for forskellen mellem den enkelte kategori og referenceværdien, samt 95 % konfidensintervaller for middeleffekten.