

Ibrahim Razia
STATENS VEGVESEN

«Analyser av linjeføringsparametere i forbindelse med kjøring i kurven, samt sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet».

Hovedoppgave i Erfaringsbasert master i veg og jernbane

Hovedveileder: Kelly Pitera, IBM
Medveileder: Arek Zielinkiewicz, Statens vegvesen
November 2019



Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet av vegplanlegger Razia Nwe Ni Oo Ibrahim, fra Statens vegvesen region øst.

Oppgaven markerer slutten på det erfaringsbaserte masterprogrammet, studieretning veg, ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

Oppgaven er skrevet på deltid med oppstart høsten 2018 og avsluttet våren 2019

Tema for oppgaven er Grunnparametre og deres påvirkning i kurver. Grunnparametre som er benyttet og studert i oppgaven er fart og friksjon, horisontalradius, overhøyde, stigning og kurvevinkel. Hensikten med oppgaven er å studere og vurdere om dagens vegnormaler er gode nok.

Dette arbeidet har vært en del av FOU-programmet 'Vegutforming' i regi av Statens Vegvesen, Vegdirektoratet.

Jeg vil takke min intern veilederen i Statens Vegvesen, Arek Zielinkiewicz, for en god veiledning gjennom hele oppgaven og for nyttige tilbakemeldinger. Også vil jeg rette en stor takk til veilederen fra NTNU, Kelly Pitera for gode tips og råd til organisering og oppbygging av oppgaven.

Det var krevende og utfordrende å jobbe med masteroppgaven ved siden av fulltids jobb. Men jeg har lært meg mye gjennom dette halvåret og sitter igjen med mye ny kunnskap som jeg vil kunne nytte videre i arbeidslivet.

Lillehammer, 29 Nov. 2019
Razia Nwe Ni Oo Ibrahim

Razia Ibrahim

Sammendrag

Formålet med masteroppgaven har vært å studere sammenheng mellom grunnparametre og trafikkulykker i kurven, samt sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet.

Ved kjøring i kurven, virker en del krefter på kjøretøyet og det vil føre til glidning innover i kurven eller utover i kurven hvis det ikke er likevekt mellom kreftene.

Bruk av riktige grunnlagsverdier for planlegging av veger er en viktig del av vegbygging. Betydningen av fart, friksjon og horisontalradius er stor, spesielt i kurver hvor tverrfallet motvirker sidekrefter på kjøretøyet

For å gjennomføre arbeidet er det utført en litteraturstudie av norske og internasjonale kilder om fart, friksjon, horisontalradius, overhøyde, stigning, kurvevinkel, kreftene i kurven og sammenhengen mellom disse.

Dagens norske normaler omtaler ikke begrepet kurvevinkel.

I oppgaven er kurvevinkel tatt med som et eget tema og undersøkes hvorvidt kurvevinkel har sammenheng med kjørefart.

Det ble brukt to beregningsmetoder i oppgaven. I den første benyttes grunnlagsverdier for dimensjonering fra N100(2019) for å beregne kreftene i kurven.

Fartsdatabase fra målestasjoner og data fra NVDB er brukt i den andre for å sjekke sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet.

Studiet viste at glidning innover i kurven kan skje ved bratte stigning, større horisontalradius og mindre fart mens glidning utover i kurven kan skje med mindre horisontalradius og større fart. Overhøyde hadde ikke betydelig for glidning innover i kurven mens det var motsatt for glidning utover i kurven. Uten overhøyde er det sjans for glidning utover i kurven enda større.

Ut fra analysen mellom kurvevinkel og hastighet fant jeg en betydelig sammenheng.

Resultatet viste at det er korrelasjon mellom hastighet og kurvevinkel. Hastighet i seg selv har stor sammenheng med ulykkesfrekvensen. Derfor vil jeg konkludere at kurvevinkelen er av stor betydning for trafikksikkerheten.

Abstract

The purpose of this thesis is to study the relationship between basic parameters and traffic accidents in the curve, as well as correlation between degree of curve and speed.

When driving in the horizontal curve, several forces act on the vehicle and it will cause sliding inward or outward in the curve if the forces in the curve are not balanced. The use of properly founded values for road planning is an important part of road building. The significance of speed and friction, and horizontal radius is great especially in curves where the cross-section counteracts side forces on the vehicle.

In order to carry out the work, a literature study of Norwegian and international about speed, friction, horizontal radius, superelevation, gradient, degree of curve, the forces in the curve, and connection between them has been carried out.

The relationship between the height of the center of gravity and the vehicle's stability is examined in the task. In this work, consequences related to the center of gravity and the vehicle's stability have been investigated to see how these may lead to traffic accidents.

The degree of curve is not mentioned in the Norwegian norms today. The task has included degree of curve as a topic and examined how the curve angle is related to driving speed.

Two calculation methods have been used in the task. In the first method, the basis and values from Norwegian road design N100 are used to calculate the forces in the curve. Speed database from measurement stations and data from the Norwegian Road Database is used in the second method to check the correlation between degree of curve and speed.

The study showed that sliding inward in the curve can occur with combinations of steep climb, greater horizontal radius and less speed, while sliding outwards in the curve can occur with less horizontal radius and greater speed. The superelevation did have much influence when sliding inward in the curve while it was opposite for sliding outwards in the curve. Without superelevation, the likelihood of sliding out of the curve is even greater.

Based on the analysis between degree of curve and speed, a significant relationship was found. The results showed that there is a correlation between speed and degree of curve. Speed itself has a high correlation with the frequency of accidents. Therefore, one could conclude that degree of curve is significant for traffic safety.

Innhold

Sammendrag	2
Abstract	3
Figurliste	6
Forkortelser og definisjoner	8
1 INNLEDNING	10
1.1 Bakgrunn	11
1.2 Formål	12
1.3 Problemstilling	12
2 Litteratur	13
2.1 Generell informasjon om N100	13
2.1.1 Lov og regler	13
2.1.2 Forutsetninger	13
2.1.3 Endringer	13
2.2 Parametere som inngår i dimensjonering av veg	14
2.3 Grunnparameterne	15
2.3.1 Fart	16
2.3.2 Friksjon	17
2.4 Linjeføringsparameter	19
2.4.1 Horisontalkurveradius	20
2.4.2 Kurvevinkel / Degree of curve	21
2.5 Krefter i kurven	21
2.5.1 Tverrfall	22
2.5.2 Stigning	23
2.6 Litteratur om ulykker	24
2.6.1 Litteratur om vogntogulykker	24
2.6.2 130 dødsulykker med vogntog	25
2.6.3 Sammenheng mellom ulykker og fart	28
2.6.4 Sammenheng mellom stigning og ulykker	31
2.6.5 Sammenheng mellom friksjon og ulykker	33
2.6.6 Sammenheng mellom ulykker og horisontalradius	34
2.6.7 Sammenheng mellom ulykker og overhøyde	35
2.6.8 Sammenheng mellom velt og et høyere tyngdepunkt	36
2.6.9 Sammenheng mellom fart og kurvevinkel	38
3. Metode	39
3.1 Metode for litteratursøk	39
3.2 Metoder for databehandling	41
3.2.1 Beregningsmetode 1	42
3.3 Datagrunnlag for beregningsmetode 1	46

3.3.1 Valg av vegtyper	46
3.3.2 Valg av stigning.....	48
3.3.3 Valg av overhøyde.....	49
3.3.4 Valg av friksjon.....	50
3.3.5 Valg av referansebil.....	50
3.4 Beregningsmetoden 2	51
3.4.1 Målemetode	51
3.4.2 Utarbeidelse av data	51
3.4.3 Lineær Modell	54
4.Resultater	57
4.1 Resultater for problemstilling 1	57
4.1.1 Glidning innover i kurven	58
4.1.2 Glidning utover i kurven	60
4.1.3 Realistisk situasjon utenfor tettbygde strøk.....	66
4.1.4 Realistisk situasjon for Glidning innover i kurven.....	66
4.1.5 Realistisk situasjon for Glidning utover i kurven.....	69
4.1.6 Sammenhengen mellom kjørefarten i en kurve og faren for å skli utover/innover	72
4.1.7 Sammenheng mellom maksimal radius og friksjon	73
4.1.8 Sammenheng mellom maks høyde før velt og fart.....	74
4.2 Resultater for problemstilling 2.....	75
4.2.1 Presentasjon av resultater	75
4.2.2 Sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet.....	76
5 Oppsummering	79
6 Diskusjon.....	82
Problemstilling 1	82
Problemstilling 2	83
7. Konklusjon.....	84
8. Anbefaling	86
9. Referanseliste.....	87
10. Vedlegg	91

Figurliste

Figur 1: Oversikt over grunnparameterne som ligger til grunn for de ulike linjeføringsparameterne, og hvilke grunnparametre som innvirker på de ulike parameterne. (Statensvegvesen, 2019b)	14
Figur 2: Oversikt over ulike grunnparametre og hvilke forhold de er avhengige av. (Statensvegvesen,2019b)	15
Figur 3: Viser prinsippet for fastsettelsen av dimensjonerende verdier for reaksjonstid og øyehøyde. (Statensvegvesen, 2019b)	16
Figur 4: Dekomponering av friksjon (Statens vegvesen, 2019b)	17
Figur 5: Typisk verdier for friksjonskoeffisienten mellom hjul og vegdekke. (Paste, 2015)	18
Figur 6: Totalfriksjon fordelt på side- og bremsefriksjon ved ulike fartsgrenser (Staten Vegvesen, 2019b)	19
Figur 7: Krefter på kjøretøy i kurve (Statens vegvesen, 2019b)	20
Figur 8: Illustrasjon av kurvevinkel (Choueiri, 1994)	21
Figur 9: Kreftene som virker på kjøretøyet (Piarce,2003)	21
Figur 10: Takfall (Staten Vegvesen, 2019b)	22
Figur 11 : Ensidig fall (Staten Vegvesen, 2019b)	22
Figur 12: Begreper som brukes i vertikalkurvaturen (Hovd-2014)	23
Figur 13: Risikofaktorer relatert til vogntogulykker fra 8 studier. (Assum og Sørensen,2010)	
Figur 14: Utvikling og antall drepte i tungbilulykker i 23 europeiske land. Perioden 2011-2013 sammenlignet med 2004-2006. (Langeland og Phillips, 2016)	26
Figur 15: Typisk scenarier for utløsende mekanismer i alvorlige ulykker med tunge kjøretøy. (Langeland og Phillips, 2016)	27
Figur 16: Antall dødsulykker i 2013 hvor høy fart har vært medvirkende faktor (Haldorsen,2013).	28
Figur 17: Virkninger på ulykker av nedsettelse av fartsgrenser. R. Elvik, (2009).	28
Figur18: Sammenheng mellom fart og ulykkesfrekvens. (Nilsson ,2004)	29
Figur 19: Risikofaktorer knyttet til vegen, ut ifra 37 studier i Norden. (Assum og Sørensen, 2010).	30
Figur 20: Tunge kjøretøys kjørefart i stigning (Hovd,2014)	31
Figur 21: Illustrasjon forholdet mellom ulykkesfrekvens/kostnad og stigning (Krebs og Kloeckner, 1977)	32
Figur 22: Risikofaktorer knyttet til veg, ut ifra 37 studier i Norden (Assum og Sørensen, 2010).	33
Figur 23: Relativ ulykkesfrekvensen knyttet opp mot horisontalkurvatur (Sakshaug, 2001)	34
Figur 24: Overhøydens innvirkning på grensen for velt for kjøretøy ved ulik statisk veltstabilitet. Rolleovergrensen er like $9,81 \text{ m}^2/\text{s}$. (Olsen og Ystenes, 2008)	35
Figur 25 Risikofaktorer relatert til fører av vogntog (Assum og Sørensen, 2010).	36
Figur 26 Illustrasjon av faktorer som påvirker til velt. (Hendry,2002.)	36
Figur 27: Vekt og tyngdepunkt i førstegangssimulasjon, Hendry 2002.	37
Figur 28: Likningen i form av resultatet fra GLM modell. (Lamm og Choueiri,1987)	38
Figur 29: krefter på kjøretøy i kurve (Granlund, 2008)	42
Figur 30: Komponenter av Krefter i horisontalplanet	43
Figur 31: Dimensjoneringsklasser og vegtype/grunnlagsverdier som er brukt i oppgaven. (Statens Vegvesen, 2019)	47

Figur 32: Regneark for beregning av v forbikjørefelt i stigning. (Håndbok V 120,2019)	48
Figur 33: Overhøyde for nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger (Staten Vegvesen, 2019b).	49
Figur 34: Verdier på sidefriksjon som er brukt i beregningene	50
Figur 35: Dimensjonerende modulvogntog som har utgangspunktet brukt i beregninger.	50
Figur 36: Eksempelvis databaseinnhold fra en målestasjon	52
Figur 37: Eksempelvis på måling av kurvevinkel fra bestemte kurver	53
Figur 38: Et utsnitt av Grunnlag data som har brukt til bygging av GLM modell	53
Figur 39: Viser sammenheng mellom variablene i form av Spreman Rank order korrelasjoner	
Figur 40: Parameter Estimatas av lineær modell hvor 5 høyeste gjennomsnittshastighet som avhengig variable og kurvevinkel og ÅDT som uavhengigs variabler.	56
Figur 41: Parameter Estimatas av lineær modell hvor 5 høyeste gjennomsnittshastighet som avhengig variable og kurvevinkel som uavhengigs variabelen.	56
Figur 42: Resultatet fra GLM modell som viser i form av tabell	56
Figur 43: Grunnlag verdier som har brukt i beregninger	57
Figur 44: Sammenheng mellom stigning og farten.	57
Figur 45: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	58
Figur 46: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	59
Figur 47: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	60
Figur 48: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	61
Figur 49: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning med overhøyde	62
Figur 50: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning uten overhøyde	63
Figur 51: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	64
Figur 52: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	64
Figur 53: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	65
Figur 54: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning	65
Figur 55: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	66
Figur 56: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	67
Figur 57: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	67
Figur 58: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	68
Figur 59: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	69
Figur 60: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning	70
Figur 61: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	70
Figur 62: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.	71
Figur 63: Sammenhengen mellom kjørefarten i en kurve og faren for å skli utover/innover.	72
Figur 64: Sammenheng mellom maksimal radius og friksjon	73
Figur 65 Sammenheng mellom maks. høyde før velt og fart med overhøyde for lastebil og	74
Figur 66 Sammenheng mellom maks. høyde før velt og fart med utenoverhøyde for lastebil	74
Figur 67: 5 høyeste gjennomsnittshastighet og kurvevinkel i lineær sammenheng	76
Figur 68: Parameter Estimatas for lineær modell hvor 5 høyeste gjennomsnittshastighet som avhengig variable og kurvelvinkel som uavhengig variabler.	77
Figur 69: GLM modellen i form av 3D-som viser sammenheng mellom fart, ÅDT og kurvevinkel.	77
Figur 70: Modulerte resultater av 5 høyeste 95 % fraktil for V80	78
Figur 71: sammenlignes av R kvadrat verdi mellom avhengige og uavhengige verdi	81

Forkortelser og definisjoner

SVV	Statens vegvesen
ÅDT	Årsdøgntrafikk, antall kjøretøy som passerer et vegsnitt i løpet av et år (i begge retninger), dividert med 365 dager
HB	Håndbok
NVDB	Nasjonale vegdatabank.
UAG	Ulykkesanalysegruppen til Statens vegvesen.
NTP	Nasjonale transportplan.
GLM	Den generaliserte lineære modellen
Nasjonale hovedveg	Overordnet veg som knytter sammen landsdeler og regioner, og som forbinder Norge med utlandet.
Øvrig hovedveg	Overordnet veg som knytter sammen distrikter, områder og byer og tettsteder.
Ulykkes frekvens	Antall personskadeulykker per million kjøretøykilometer
V85 85 %	Dette er farten som ikke overskride av 85 prosent av kjøretøyene.
Overhøyde	Kjørebanelens tverrfall i forbindelse med en kurve
Tverrfall	Kjørebanelens helning på tvers av vegens lengdeakse
Veg	Offentlig eller privat veg, gate eller plass som er åpen for alminnelig ferdsel.
Kjørebane	Den delen av vegen som er bestemt for vanlig kjøring, kan inkludere flere kjørefelt.
Kjørefelt	Hvert enkelt av de langsgående felt som en kjørebane er delt opp i ved oppmerking, eller som er bred nok for trafikk.
Fartsprofil	Framstilling av variasjon i fartsnivå langs en veglinje avhengig av veg geometri/standard.
Forbikjøringsfelt	Ekstra kjørefelt for forbikjøring, for eksempel i stigninger.
Fartsnivå	Representativ verdi for fart langs en vegstrekning eller i et snitt på vegen. Aktuelt nivå kan være 85 %- fraktil (den farten som 85 % av bilistene ikke overskrider).

Føreforhold	Beskrivelse av forholdene på vegbane eller annet ferdselsareal.
Horisontalkurvatur	Veglinjas linjeføring i horisontalplanet.
Horisontalkurve	Kurve i vegens horisontalprojeksjon.
Horisontalkurveradius	Radius i en sirkelbue i vegens horisontalprojeksjon.
Normalprofil	Tverrsnitt på tvers av lengderetningen av veg, bru og tunnel med gitte areal for hver lengdeprofil

1 Innledning

Ulykker med tunge kjøretøy med påfølgende velt, skjer dessverre ganske ofte langs norske veier. Det er flere faktorer og årsaker bak disse ulykkene. Noen av faktorene er blant annet høy last og tyngdepunkt på selve kjøretøyet, fart, stigning, overhøyde, sidekrefter i svingen, og ytreforhold som været. I denne oppgaven skal jeg forsøke å se nærmere på årsaken bak disse.

Linjeføringen er en av de viktigste delene i vegutformingen, og består av horisontal og vertikal linjeføring. Linjeføringen av vegen påvirker fartsnivået, førernes reaksjon, vegens videre forløp, siktforhold, komfort osv.

Urealistisk linjeføring med krappe kurver, sterke stigninger og høybrekk/lavbrekk, kan gjøre kjøringen mer krevende og kan stille førere overfor problemer de ikke mestrer. Spesielt gjelder dette for tunge kjøretøy som kjøres i svinger med maks. stigning.

Ut fra politirapporter i Norge, skjer over halvparten av møte- og utforkjøringsulykkene i svinger utenfor byer og tettsteder (Elvik & Muskaug, 1994).

Elvik (2007) i sin studie nevnte at risiko for å skje trafikkulykker i kurver varierer sterkt og er avhengig av bl.a.: kurveegenskaper (kurveradius, avbøyningsvinkel), vegens tverrfall og tverrprofil, vertikalkurvatur og avstand til andre kurver. (Elvik, 2007).

Når man kjører i kurver, virker sentrifugalkraften på kjøretøyet, og det kan føre til velt eller skrens når den er for stor.

Ulike studier viser en sammenheng mellom linjeføring og ulykker. Det finnes bare ganske få norske undersøkelser om effekten av tungekjøretøy som kjører i kurven med min/maks. stigning. Vanligvis er denne effekten dårlig kjent. Planleggerne og brukerne bør ha forståelse om kreftene i kurven som virker på tunge kjøretøy.

Ved å studere hva som blir konsekvensen ved å bruke grenseverdier på alle kritiske parametere, for eks. maksimal stigning, minimal horisontalradius samt forsøk på fartsprofiler med tungekjøretøyer i kurven, kan man se om vegnormalen er god nok.

1.1 Bakgrunn

Denne oppgaven er et samarbeid med et pågående forsknings- og utviklingsprogram innen Vegutforming som gjennomføres av Statens vegvesen.

Hovedformålet med FOU-programmet er å skaffe mer kunnskap som vil ha en avgjørende betydning for prioritering av effektive trafikksikkerhetstiltak i framtiden. Programmet skal gi verdifulle innspill til Nasjonal transportplan for perioden 2018–2027.

FOU-programmet har flere temaer og oppgaver.

Programmet for Vegutforming ble vedtatt på et etatsledermøte den 29. august 2014.

Dette er et fireårig forsknings- og utviklingsprogram i Statens vegvesen. Programmet startet opp i januar 2016 og går ut 2019.

Bestillingen fra Vegutforming mener at vi i dag mangler nyere forskning innen dette feltet, slik at det må stilles krav om å forske mer på linjeføring innen vegplanlegging og Vegutforming. Dagens vegnormaler er basert på gammel kunnskap. Sammenhengen mellom kostnad og kvalitet spiller også en viktig rolle i vegbygging i Norge

Vegnormalene omfatter en rekke krav til geometrisk utforming av veger. Ved bestemmelse av vegens geometri inngår geometriske minimums- eller maksimumsverdier. Disse verdier betegnes grunnparametre og er bestemmende for vegutforming.

De bestemmer hvordan en god veg skal bygges og er avgjørende blant annet for trafikksikkerhet, fremkommelighet, og komfort.

Fart er den viktigste grunnparameteren ved vegutforming. Den gir retningslinjene videre med hensyn til linjeføring, tverrprofil og sikt.

Dagens parametre er bygget på både gamle erfaringer og forskningsresultater, og har utviklet seg gradvis i takt med økt kunnskap, og etter hvert som økende trafikk har gjort det nødvendig å planleggerne vegene bedre.

I denne oppgaven skal jeg derfor studere hva som er konsekvensene ved å bruke grenseverdier på alle kritiske parametre, for eks. maksimal stigning, minimal horisontalkurvatur, høy fart, lavt friksjon, og maksimal overhøyde ved kjøring kurven, og tar en vurdering om de parametre som brukes i dag til vegutforming er tilstrekkelige. Det vil også studere om sammenheng mellom fart og kurvinkelen.

1.2 Formål

Oppgaven har som formål å gjøre en vurdering av grunnparametre og verdier som er grunnlaget til utforming av veger i Norge.

Som frøste problemstilling i oppgaven vil forskes om hastighet, horisontalradius, overhøyde, stigning, friksjon med tanken om i hvilken grad disse parameterne vil påvirke til å skje trafikkulykker, spesielt vogntogulykker. Det forutsettes at tunge kjøretøy ikke klarer å holde konstant fart i stigninger, mens de lette kjøretøyene klarer det.

Sentrifugalkraften virker i kurven og trekker kjøretøy utover i svingen. Dersom denne kraften blir for stor, kan dette føre til velt eller skrens. Overhøyde og friksjons motvirker sentrifugalkraften. Mange studier har vist at det er sammenheng mellom fart, horisontalradius, overhøyde, stigning, friksjon og ulykkesfrekvensen. Ved å studere hva som er konsekvensen av å bruke grenseverdiene av disse, kan vi finne ut om hvilke parametere og faktorer som kan føre til ulykker, særlig tungekjøretøy.

Som andre problemstilling vil jeg studere om sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet. I Norge brukes vi ikke ordet kurvelvinkel lenger i forbindelse med dimensjonering og prosjektering av veger. Derfor i denne oppgaven, er det bestemt å finne ut om kurvevinkel har en betydning i forhold til fart.

Deretter kan denne nye kunnskaps gi forslag til endringer i vegnormalene.

1.3 Problemstilling

Problemstilling for denne masteroppgaven er følgende:

1. Hva er konsekvensene ved å bruke grenseverdier på alle kritiske parameter fra Håndbok N100 (2019), med fokuserer på maks. stigning, min. horisontalradius, overhøyde, friksjon og fart ved kjøring i kurven?
2. Hvilken betydning har kurvevinkel i forhold til fart?

2 Litteratur

2.1 Generell informasjon om N100

Dette kapittel presenteres en kort beskrivelse av Håndbok N100, forutsetninger bak de geometriske kravene i håndbok, Parametere som inngår i dimensjoneringsgrunnlag, og endringer som er gjort i det nye håndbok N100 (2019).

2.1.1 Lov og regler

Vegnormaler er en fellesbetegnelse for alle normaler i Statens vegvesens håndbokserie som inneholder krav til bl.a. bygging og utforming av veger, tunneler, bruer og ferjekaier, rekkverk og trafikksikkerhetsutstyr.

Vegnormalene kom ikke før enn på 1960-tallet og det var begrenset med fagkunnskap innenfor veg-gateutforming før dette. Derfor måtte en del av kunnskapen hentes fra utlandet.

Mange av norske metoder for planlegging og bygging av veger er opprinnelig fra USA som på 60-tallet hadde et etablert forsknings- og fagmiljø innenfor vegbygging.

Håndbok N 100 veg-gateutforming er som vegnormal kravdokumenter som har hjemme i forskrift etter veglovens § 13 for anlegg av all offentlig veg.

Vegnormalene har to nivå av krav: skal og bør. Der skal-kravet er det viktigste.

2.1.2 Forutsetninger

Forutsetningene for de geometriske kravene i håndbok er:

- Våt, men ren og isfri kjørebane
- Kjøring i daglys
- Frie kjøreforhold
- Grunnparametre knyttet til personbiler, unntatt for stigninger som dimensjoneres ut fra tungtrafikkens egenskaper.

2.1.3 Endringer

Det har vært jobbet med revisjonsarbeid på Håndbok N100 i de siste årene og det har kommet ut en ny utgave i 2019.

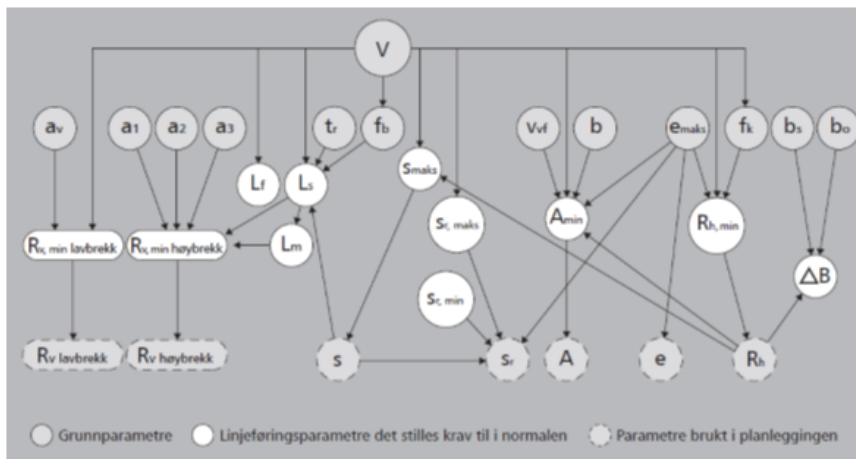
De viktigste endringene i den nye håndboka er:

- 1) innarbeiding av eksisterende NA-rundskriv
 - Fartsgrense 110 km/t
 - Modulvogntog

- Rundkjøring og miljøgater
- 2) Færre dimensjoneringsklasser for veger
 - 3) Nytt beregningsgrunnlag for linjeføringskrav
 - 4) Utvidet bruk av gateutforming og noen nye og utbedrede gateløsninger.

2.2 Parametere som inngår i dimensjonering av veg

Det er mange parametere som ligger til grunn ved dimensjonering av vegen og hvordan den blir utformet. Ved fastsetting av de ulike parameterne for vegens geometriske linjeføring som er gitt i Håndbok V120, er det mange forskjellige grunnparametre som inngår i ligninger basert på ulike fysiske lover og forutsetninger, og som således bestemmer de minimum-parametere som vi kan bruke. (Statens vegvesen, 2019b)
En endring av en minsteparameter vil derfor bety at ulike grunnparametre får en annen verdi.



Figur 2.3: Oversikt over sammenhenger over hvilke grunnparametre som inngår i formelgrunnlaget for beregning av linjeføringsparametere i håndbok N100 Veg- og gateutforming

V = fartsgrense (med eventuelle fartstillegg)	L_r = forbikjøringsikt lengde
a_v = vertikalakselerasjon	L_s = stoppsikt lengde
a_1 = øyehøyde	L_m = møtesikt lengde
a_2 = beregningsmessig objekthøyde	s = stigning
a_3 = beregningsmessig kjøretøyhøyde	s_{maks} = største tillatte stigning
t_r = reaksjonstid	s_r = resulterende fall
f_b = bremsefriksjon	$s_{r, maks}$ = største tillatte resulterende fall
f_k = sidefriksjon	$s_{r, min}$ = minste tillatte resulterende fall
V_{vf} = relativ vertikal fart	A = klotoidparameter
b = hjulavstand	A_{min} = minste klotoidparameter
b_s = sporingsøkning	e = overhøyde
b_o = overheng	e_{maks} = største tillatte overhøyde
R_v = vertikalkurveradius	R_h = horisontalkurveradius
	$R_{h, min}$ = minste horisontalkurveradius
	ΔB = breddeutvidelse

Figur 1: Oversikt over grunnparameterne som ligger til grunn for de ulike linjeføringsparametere, og hvilke grunnparametre som innvirker på de ulike parameterne. (Statensvegvesen, 2019b)

2.3 Grunnparameterne

Parameterne har forbindelse til hverandre.

Mange av parameterne som inngår i dimensjonering av vegen, forteller hvordan en god trafikksikker veg skal bygges, slik at den kan gi god optisk informasjon om vegens geometri, komfort og fremkommelighet.

Noen av parameterne er med bare i beregningen av geometriske minimums- eller maksimumsverdier, og bidrar indirekte til den geometriske utformingen av vegen.

Totalt er det 14 ulike grunnparametre, og disse kan vi dele inn i 4 ulike hovedgrupper. Det er parameter som er

- Statistiske variable
- Variabler knyttet til påvirkning på kjøretøy/bilfører
- Variabler knyttet til omgivelsene (vegen)
- Variabler knyttet til bilføreren – treg reaksjonstid

Farten er hoved grunnparametre som er direkte knyttet til bilfører og har innvirkning på flere andre parametere som det har vist i figuren 2.

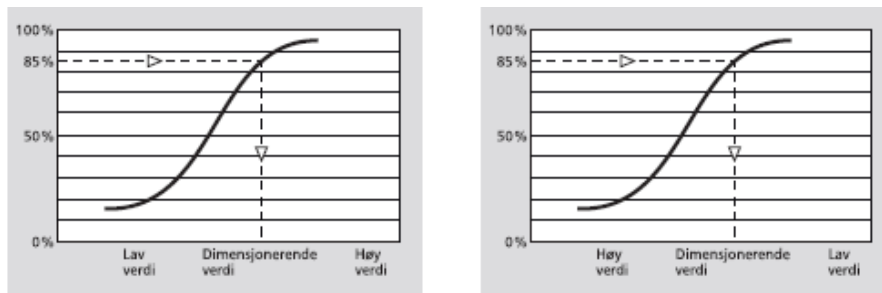
Men en annen parameter som vertikalakselerasjon er kun fastsatt ut fra et krav om hvor stor belastning bilføreren kan bli utsatt for.

Grunnparametere	Konstant	Variabel - dimensjoneringsklasse	Variabel - kjøretøy
a_1	x		
a_3	x		
b	x		
t_r	x		
a_2		x	
V		x	
V_D		x	
a_v		x	
v_{vf}		x	
e		x	
f_t		x	
f_k		x	
f_b		x	
s		x	
b_k			x
a			x
r			x
b_s			x
b_o			x

Figur 2: Oversikt over ulike grunnparametre og hvilke forhold de er avhengige av. (Statensvegvesen, 2019b)

Noen av grunnparametre har konstant verdi, mens andre er avhengig av dimensjoneringsklassen eller kjøretøytype. Disse grunnparametre kan beskrive for eksempel 85 % av alle aktuelle tilfeller. Det betyr at dimensjonerende verdi forutsettes bestemt ut fra en statistisk fordeling.

Eksempelvis for parameteren reaksjonstid, forutsettes 85 % av personbilførerne å ha mindre verdi enn dimensjonerende verdi.



Figur 3: Viser prinsippet for fastsettelsen av dimensjonerende verdier for reaksjonstid og øyehøyde. (Statensvegvesen, 2019b)

Det er dette prinsippet som ligger til grunn for fastsetting av de ulike geometriverdiene for hver dimensjoneringsklasse i normalen.

2.3.1 Fart

Farten i denne sammenheng kan uttrykkes som hastigheten av et kjøretøy som måles i kilometer per time [km/t].

Fart er en viktig inngangsparameter for utforming av veger og gater.

Ved dimensjonering av veger er farten en av de viktigste grunnparametre.

Dette er fordi farten er den mest sentrale parameter som ligger til grunn for krav til beregning av minste horisontalkurveradius, klotoideparametere, siktlengder og vertikalkurveradier i prosjekteringstabellen.

Fartsgrensen varierer fra 60 til 110 km/t for de ulike dimensjoneringsklassene i Håndbok N100(2019).

2.3.2 Friksjon

Friksjon er en meget viktig parameter som har stor betydning i forbindelse med drift/vedlikehold, vær/ytre forhold og trafikkulykker.

Friksjon kan defineres som den motstanden mot bevegelsen som opptrer mellom to flater som er i kontakt med hverandre. Verdien som bestemmer friksjon, er avhengig av en del faktorer, eksempelvis om overflaten på vegdekket er våt eller tørr, dekkfaktorer, sesongvariasjoner, lokalisering, målebetingelser, trafikk tetthet m.m.

Høye i sin studie utalte at god friksjon er en grunnleggende kravet for sikker biltrafikk. (Høye, 2012).

Verdien på friksjon måles med en koeffisient som varierer mellom 0 og 1. Jo lavere tall jo dårligere friksjon mellom et gummidekk og en vegoverflate.

Hvis friksjonskoeffisienten nedsettes fra f.eks. 0,5 til 0,3, øker stopplengden for en bil med fartsgrense 80 km/t fra 73 til 106 meter. (Ragnøy, 1986).

Totalfriksjonen er summen av friksjon for nedbremsing og friksjon for å holde kjøretøyet på vegen ved kjøring i kurven. Men totalfriksjon er ikke direkte med i beregningene av minimums eller maksimumsverdier for linjeføringen. Totalfriksjonen danner grunnlaget for bremse og sidefriksjon.

Verdien på friksjon kan måles ved hjelp av mange metoder og med ulike utstyr.

Det er tre måleprinsipper som kan benyttes ifølge Dahlen (2015) og Nonstad (2015).

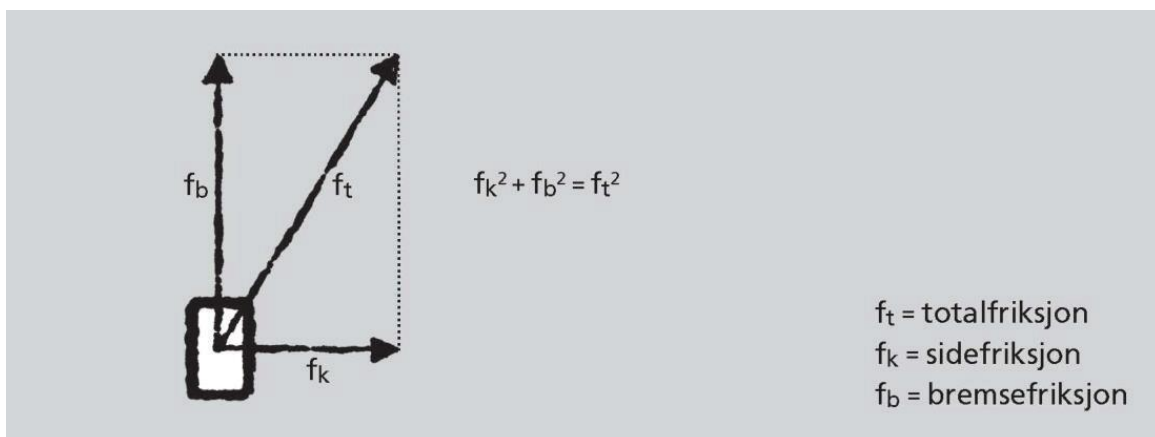
Det er (1) måling av bremselengde, (2) retardasjonsmåling, og (3) måling ved forskjellige typer slipp (konstant slipphastighet eller variabel slipphastighet).

Det finnes avansert utstyr for å måle friksjon på vegdekker, målere spesialisert for måling på vinterføre, håndholdt utstyr, spesialutstyr og friksjonsmålere til luftfart.

Dimensjonerende friksjonsverdi beregnet ut fra disse målingene kalles totalfriksjon. Verdien for sidefriksjon regnes ut på grunnlag av totalfriksjonen.







Vegdekkets friksjonsegenskaper beskrives i utgangspunktet som en konstant som forutsettes å dekke 85 % av vegoverflata ved våt, men ren og isfri overflate og kjøring i daglys.. (Staten vegvesen, 2019a).

Prinsippet for fordelingen mellom bremse- og sidefriksjon er vist i Figuren 4 nedenfor.



Figur 4: Dekomponering av friksjon (Statens vegvesen, 2019b)

Eksempler på typiske verdier for friksjonskoeffisienten mellom hjul og vegdekke er vist i figur 5 nedenfor. Verdiene som vises er typisk for Statens Vegvesen.

<p>Tørr, bar veg: Friksjonskoeffisient 0,80-1,00. (Foto: Knut Opeide, Statens vegvesen)</p> 	<p>våt, bar veg: Friksjonskoeffisient 0,40-0,90. (Foto: Knut Opeide, Statens vegvesen)</p> 
<p>Fast sand på hardpakket snø eller is (Se kapittel 12.6): Friksjonskoeffisient 0,30-0,50. (Foto: Torgeir Vaa, Statens vegvesen)</p> 	<p>Tørr sand på is eller snøføre: Friksjonskoeffisient 0,25-0,35 (Foto Torgeir Vaa, Statens vegvesen)</p> 
<p>Tørr is/snøføre: Friksjonskoeffisient 0,15-0,30. (Foto: Werner Harstad, Statens vegvesen)</p> 	<p>Våt is: Friksjonskoeffisient 0,05-0,15. (Foto: Knut Opeide, Statens vegvesen)</p> 

Figur 5: Typisk verdier for friksjonskoeffisienten mellom hjul og vegdekke. (Paste, 2015)

Fartsgrense [km/t]								
	40	50	60	70	80	90	100	110
f_t	0,638	0,575	0,528	0,491	0,461	0,437	0,416	0,397
f_k	0,249	0,224	0,195	0,182	0,157	0,131	0,108	0,079
f_b	0,588	0,529	0,490	0,456	0,434	0,416	0,401	0,389

Figur 6: Totalfriksjon fordelt på side- og bremsefriksjon ved ulike fartsgrenser (Staten Vegvesen, 2019b)

2.4 Linjeføringsparameter

Med en vegs linjeføring menes vegens forløp i horisontal- og vertikalplanet. (Høye, 2012)

Linjeføringsparametere bestemmer vegens geometri og utforming. En riktig utformet veg har en riktig linjeføring som gir trafikantene gode optiske bilder av vegens videre forløp.

Kravene til den minimale eller den maksimale verdien til horisontal og vertikalkurve er gitt i Håndbok N100.

Disse verdiene blir beregnet ut ifra formelgrunnlagt med grunnparametre som inngangsdata.

Vegnes linjeføring påvirker mange parametere i vegens geometri og utforming. Eksempelvis er stoppsikt lengde som forteller nødvendig bremselengde til et kjøretøy, eller stigningen som beskriver høydeforskjeller i vertikalplanet.

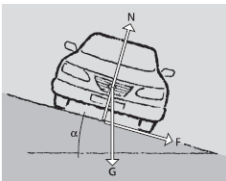
Uforventede store endringer kan stille førere overfor problemer de ikke mestrer. De vil kunne utsettes for større påkjenninger ved f.eks. å måtte forholde seg til en uventet krapp kurve eller en bratt oppover- eller utforbakke. Spesielt gjelder dette for tunge kjøretøy.

2.4.1 Horisontalkurveradius

Horisontalkurven defineres i kartplanet med X- og Y-koordinater for hvert profilnummer. En veks horisontalkurvatur (svingen) beskrives vanligvis ved kurveradius og avbøyingsvinkel (retningsendring).

Ved kjøring i svingen med konstant fart, vil en bli påvirket av en konstant sidekraft.

Minste horisontalkurve bestemmes ut fra ønsket om likevekt mellom kreftene som virker på kjøretøyet.



Figur 7: Krefter på kjøretøy i kurve (Statens vegvesen, 2019b)

Minste horisontalkurveradius ($R_{h, \min}$) beregnes ut fra følgende formel:

$$R_{h, \min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{\max} + f_k)} \quad [\text{m}]$$

N120 (2019b)

Parameterne V , e_{\max} og f_k er med i beregningen av minste horisontalkurveradius:

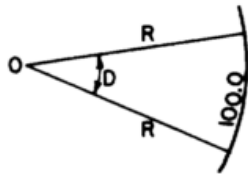
V = fartsgrense (med eventuelle fartstillegg) [km/t]

e_{\max} = maksimal overhøyde [m/m]

f_k = dimensjonerende sidefriksjonsfaktor

2.4.2 Kurvevinkel / Degree of curve

Krumningsgraden, D, er den vinkelen som undertrykker en 100-fots bue langs kurven.



• Definition

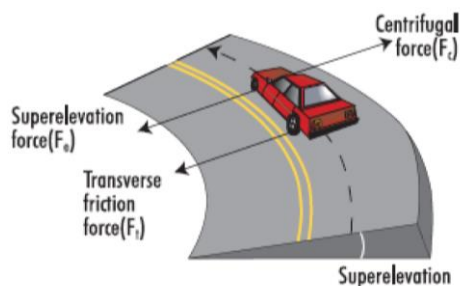
$$DC_{ft} = \frac{360^\circ}{2 \pi R} \left[\frac{\text{Degree}}{100 \text{ ft}} \right]$$
$$= \frac{5729,6}{R} \left[\frac{\text{Degree}}{100 \text{ ft}} \right]$$

DC_{ft} : radius of curve [ft]

Figur 8: Illustrasjon av kurvevinkel (Choueiri, 1994)

Som det er beskrevet om kurvevinkel-definisjonen, er D den vinkelen som utgår av en 100-fots bue på en sirkel. Ved å sammenligne 100-fots-buen og den totale omkretsen av sirkelen, utvikles en ligning for R i form av D.

2.5 Krefter i kurven



Figur 9: Kreftene som virker på kjøretøyet (Pierce, 2003)

Når et kjøretøy kjører gjennom en horisontalkurve radius (R), vil kreftene som virker på kjøretøyet kunne føre til glidning innover eller utover i svingen.

Sentrifugalkraften trekker kjøretøy utover i kurven, og friksjonskraften og overhøyden trekker kjøretøy innover i kurven. Disse kreftene skal balansere hverandre for at det ikke skal skje velt i svingen.

Dersom farten i svingen er for stor, vil kjøretøyet kunne gli av vegbanen. At farten er for stor, betyr at sentrifugalkraften overviner sidefriksjonskraftens (f_k) og tyngdekraftens komponent (Gs) som virker innover i kurven.

Ulike studier viser en sammenheng mellom vogntogulykker og stigning. Det finnes ganske få norske undersøkelser om effekten av tungekjøretøy som kjører i kurver med min/maks. stigning. Vanligvis er denne effekten dårlig kjent.

Ved å studere konsekvensene av å bruke grenseverdier på alle kritiske parameter, for eks. maks stigning, minimal horisontalradius samt forsøk på fartsprofiler med tunge kjøretøyer i kurver, kan man se om Håndbok N100 (2019) er god nok.

2.5.1 Tverrfall

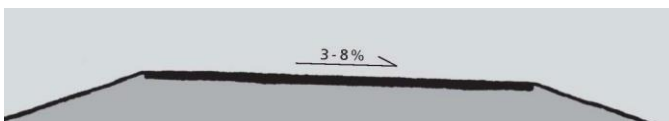
Tverrfall defineres som vegens helning på tvers av kjøreretningen.

I følge Håndbok V120, skal det være tosidig fall (takfall) på rettstrekninger og ensidig fall i kurven.

I følge Håndbok N100, skal det være 3 % helning på rettstrekninger og maksimal ensidig framgård av prosjekteringstabellene i hver dimensjoneringsklasse.



Figur 10: Takfall (Staten Vegvesen, 2019b)



Figur 11 : Ensidig fall (Staten Vegvesen, 2019b)

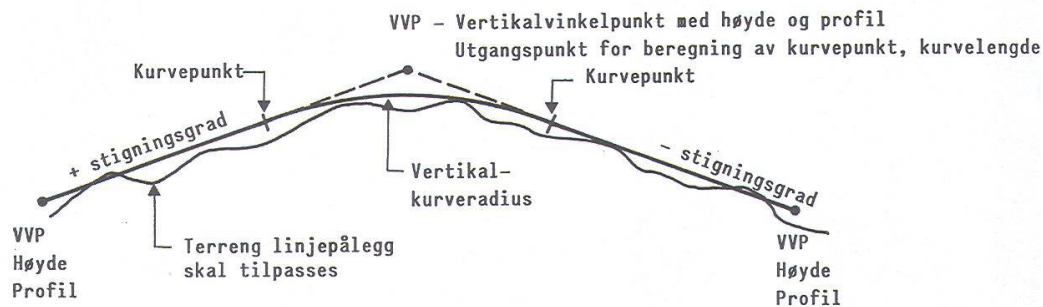
Tverrfall brukes av hensyn til vannavrenning, for å motvirke sidekrefter i kurver og for å oppnå bedre kjørekomfort. (Staten Vegvesen, 2019b)

Når man kjører i en kurve, virker sentrifugalkraften på kjøretøyet. Det skal alltid være ensidig fall i kurven slik at det kan delvis motvirke sentrifugalkraften.

2.5.2 Stigning

I følge Statens vegvesen er stigning definert som høydeforskjell dividert med horisontal avstand i vegens lengderetning. Stigningsgraden er vanligvis angitt i % og positiv i stigning og negativ i fall.

Stigningsgraden inngår i formelarket for beregning av siktlengder og resulterende fall. Verdien til stigningsgraden bestemmes ut fra dimensjoneringsklasse, og kravene til største tillatte stigningsgrad bygger blant annet på krav til framkommelighet for tunge kjøretøy, kjørekomfort, kapasitet og sikkerhet.



Figur 12: Begreper som brukes i vertikalkurvaturen (Hovd-2014)

Dimensjonering av riktig stigningsgrad er viktig selv om den har stor innvirkning på mange forhold sånn som fart, kapasitet, sikkerhet, skjæringsmasser og vegens estetikk.

Maksimal stigning for vegklasser H1 og H5 er 6% og for H3 med fartsgrensen 110 km/t er den 5%.

For H01 er maksimal stigning 8%. Kravene til disse verdiene er knyttet til hvor en har minste horisontalkurveradius.

2.6 Litteratur om ulykker

2.6.1 Litteratur om vogntogulykker

Tunge kjøretøy er 'kjøretøy med en totalvekt større enn 3,5 tonn og en lengde større enn 5,6. Ulykker med tunge kjøretøy har økt betydelig i de siste årene. Det er utført mye arbeid for å få bedre kunnskap om ulykkesårsak for å kunne forebygge disse ulykkene.

Velteulykker med vogntog er en type ulykke som skjer nesten hver dag langs norske veier. Undersøkelser som er gjort av Keall, Newstead og Watson i 2006 og Krull, Khattak og Council i 2000, viser at velteulykker hvor føreren mister kontroll over kjøretøyet, ofte er mer alvorlige enn andre ulykker og oftere blir dødsulykker.

Risikofaktorer fra UAG- rapporter viser at høy fart er en av faktorene bak vogntog-ulykker. Også vektforskjellen mellom vogntog og motpart utgjør en alvorlig fare for de lettere kjøretøyene.

I 2008 ble det registret 254 vogntogulykker hvorav 24 fikk dødelig utfall.

Jo høyere fart, vekt og masseforskjell, jo mer alvorlig vil konsekvensene av et sammenstøt bli.

2.6.2 130 dødsulykker med vogntog

I denne rapporten utført av Transportøkonomisk institutt, har de sett på forskjellig litteratur relatert til tunge kjøretøysulykker. UAG- rapporter fra årene 2005-2008 om dødsulykker med vogntog innblandet, var med som forskningsmateriale for denne rapporten. (Assum og Sørensen, 2010).

I 1997 har Amundsen, Raner og Leite gjennomført en ulykkesanalyse av 294 politiregistrerte ulykker der vogntog og lastebiler med tilhenger var innblandet.

Møteulykker var den største ulykkesgruppa og utforkjøring var den neste største.

Halvparten av møteulykkene var skjedd i kurver og det ble satt opp noen risikofaktorer.

Disse er kjørefart, skrens, problemer med veggrep, vogntogfører feilbedømmer hvor andre biler befinner seg, bremsesvikt, velt, sikring av last og vått og glatt føre.

Statens Havarikommisjon for Transport (SHT) har også jobbet med ulykkesanalyser og publiserte 8 rapporter i årene 2005-09. Tre rapporter var om møteulykker, tre om velt i kjørebanelen, én om utforkjøringsulykker og en temarapport om tre vinterulykker. Fra disse rapportene har de sammenfattet og satt opp risikofaktorer relatert til vogntogfører, vogntog, motpartfører, motpartkjøretøy, veg og annet. Dette er vist i figur 13.

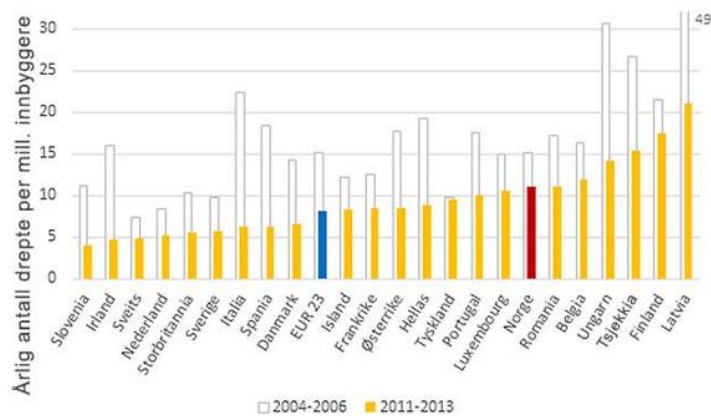
Risikofaktorer	SHT	SHT	SHT	SHT	SHT	SHT	SHT	SHT	I alt
	2006	2007a	2008a	2009d	2008b	2007	2009b	2009c	
Vogntog									
Fører									
Fart (etter forholdene)	✓	✓	✓		✓			✓	5
Bilbeite	✓	✓	✓						3
Arbeidsmiljø/sikkerhetskultur	✓	✓						✓	3
Rus	✓								2
Helbred/helse	✓						✓		2
Føredyktighet					✓				1
Utdanning		✓							1
Kjennskap til kjøretøy			✓						1
Kjørehviletid	✓								1
Lengde på arbeidsdag	✓								1
Regeletterlevelse fra bedrift	✓								1
HMS	✓								1
Vogntog									
Kjøretøy									
Feil konstruksjon		✓	✓						2
Sikring av last		✓		✓					2
Stabilitet av last		✓		✓					2
Tilpasning trekker og tilhenger		✓							1
Dekk					✓				1
Vekt (energiforskjell)						✓			1
Bremse								✓	1
Slitasje / feil								✓	1
Motpart									
Fører									
Fart (etter forholdene)						✓			1
Alder						✓			1
Erfaring						✓			1
Kjennskap til kjøretøy						✓			1
Føredyktighet						✓			1
Distraksjon/uoppmerksomhet						✓			1
Motpart									
Kjøretøy									
Kjøreegenskaper						✓			1
Dekk						✓			1
Veg									
Sving	✓		✓			✓		✓	4
Vegstandard	✓			✓		✓		✓	4
Glatt føre					✓	✓		✓	3
Ujevn vegdekke			✓			✓		✓	3
Sideterreng/vegskulder						✓	✓		2
Vegbredde						✓		✓	2
Overhøyde								✓	1
Farlig strekning	✓								1
Sikt						✓			1
Annet									
Redningstjeneste	✓						✓		2
Solblending							✓		1

TØI rapport 1061/2010

Figur 13: Risikofaktorer relatert til vogntogulykker fra 8 studier. (Assum og Sørensen, 2010)

Det har skjedd 130 dødsulykker med vogntog i Norge fra 2005 til 2008, 12 av dem var velteulykker i kurven. I disse 130 var 135 vogntog involvert. Av de 135 er trekkvogn med semitrailer overrepresentert. Det er satt opp 22 risikofaktorer for velteulykker i kurven i denne analysen. I 8 tilfeller var lastens høye tyngdepunkt en medvirkende faktor.

Når det gjelder trafiksikkerhet, er Norge ett av landene i verden som ligger i toppen. Men ifølge transportøkonomisk instituttrapport, utgjør ulykker med tunge kjøretøy omtrent 35 % flere drepte per innbygger enn gjennomsnittet i Europa.



Figur 14: Utvikling og antall drepte i tungbilulykker i 23 europeiske land. Perioden 2011-2013 sammenlignet med 2004-2006. (Langeland og Phillips, 2016)

Langeland og Phillips konkluderte i sin rapport ‘tunge kjøretøy og trafikkulykker, Norge sammenlignet med andre land i Europa’ at med at spredt lokalisering av virksomheter har medført mye tung godstrafikk på et veinett-preget av mye sving og lite med atskilte kjøreretninger. (Langeland og Phillips, 2016)

Rapporten har fokusert på faktorer som innvirker på ulykker. Der har de presentert to hovedtyper av mekanismer som utløser ulykker med tunge kjøretøy i Norge. Den første faktoren er forårsaket av føreren og den andre innvirkning av kjøretøyet og veien. Det første scenariet har beskrevet menneskelige faktorer sånn som uoppmerksomhet og trøtthet. Det andre scenariet sier noe om fysiske påkjenninger som overviner kjøretøyenes veigrep og stabilitet, særlig for lastebiler og vogntog som har større utfordringer i kurven.



Figur 15: Typisk scenarier for utløsende mekanismer i alvorlige ulykker med tunge kjøretøy. (Langeland og Phillips, 2016)

Noen karakteristiske kjennetegn ved tunge kjøretøyulykker er plukket ut av disse studiene, «en dybdeanalyse av 130 dødsulykker med vogntog» utført av Transportøkonomisk institutt i 2010, TØI rapport om Tunge kjøretøy og trafikkulykker – Norge sammenlignet med andre land i Europa i 2016, og dybdeanalyse av dødsulykker i vegtrafikken (2005-2008) av statens vegvesen i 2009.

- Trafikkulykker domineres av møteulykker og utforkjøringsulykker, særlig med vogntog.
- Mange vogntogulykker skjer i kurver, og 2 av 3 utforkjøringsulykker med vogntog inntreffer i kurven.
- Høy fart etter forholdene har vært en medvirkende faktor i om lag halvparten av dødsulykkene i 2008. Også soving og tretthet/uoppmerksomhet er av de viktigste faktorene bak trafikkulykker.
- Manglende førerdyktighet.
- Glatt føre og dårlige værforhold er overrepresentert.
- Forhold knyttet til vegen og vegmiljøet har vært medvirkende faktorer i 29 % av dødsulykkene i 2008.
- Vogntog er mer utsatt for ulykker i svinger, og semitrailere og kjøretøy med høyt tyngdepunkt er særlig utsatt for velt.
- Omtrent halvparten av møte- og utforkjøringsulykkene med lastebil skjer på veier som er for smale til at to vogntog kan møtes . En like stor andel av ulykkene skjer i svinger eller på veier med redusert friksjon.
- De peker på fart og manglende førerdyktighet som viktige risikofaktorer generelt.
- At vogntogulykker er så alvorlige, kan forklares med høy vekt og stor masseforskjell mellom tunge kjøretøy og personbiler.
- Høy last kan føre til at vogntoget velter uten forutgående skrens. Veinormalene tar ikke like mye hensyn til faren for velt som for skrens (Olsen og Ystenes, 2018).

2.6.3 Sammenheng mellom ulykker og fart

Fart er en av de viktigste grunnparametre i geometrisk utforming som har stor betydning for trafikkikkerheten. Høy fart er ofte en medvirkende faktor som mer eller mindre årsak til en ulykke.

Fartsgrensen angir maksimal tillatte kjørefart, mens fartsnivå er den gjennomsnittsfarten som faktisk blir kjørt på strekningen. Endres fartsgrensen, endres gjennomsnittsfarten og antall trafikkulykker med drepte og skadde (Elvik, 2014).

Tabellen nedenfor viser andel av dødsulykker i 2013 hvor høy fart var medvirkende faktor i 35% av tilfellene.

Fart	Årsaksgrad			I alt
	Avgjørende	Stor	Mindre	
Høy fart etter forholdene	10	19	8	37
Godt over fartsgrensen	10	11	2	23
I alt	20	30	10	60
Andel av dødsulykkene				35 %

Figur 16: Antall dødsulykker i 2013 hvor høy fart har vært medvirkende faktor (Haldorsen,2013).

I perioden 2005-2013 har høy fart medvirket i gjennomsnittlig 44 % av alle dødsulykkene ifølge en rapport i dybdeanalyse av dødsulykker i vegtrafikken. (Haldorsen,2013).

I rapporten «Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken» (2005-2008) er det vist at i om lag halvparten av dødsulykkene (119 ulykker), har ett eller flere kjøretøy hatt høy fart etter forholdene eller kjørt over fartsgrensen.

Fart er en av de hyppigste risikofaktorene som forekommer i de fleste ulykker ifølge UAG rapporter.

I 2004 har Elvik, Christensen & Amundsen har gjort en studie om nedsettelse av fartsgrensers innvirkning på ulykker.

I figuren nedenfor viser resultatene av denne studien. (beregnet med potensmodellen).

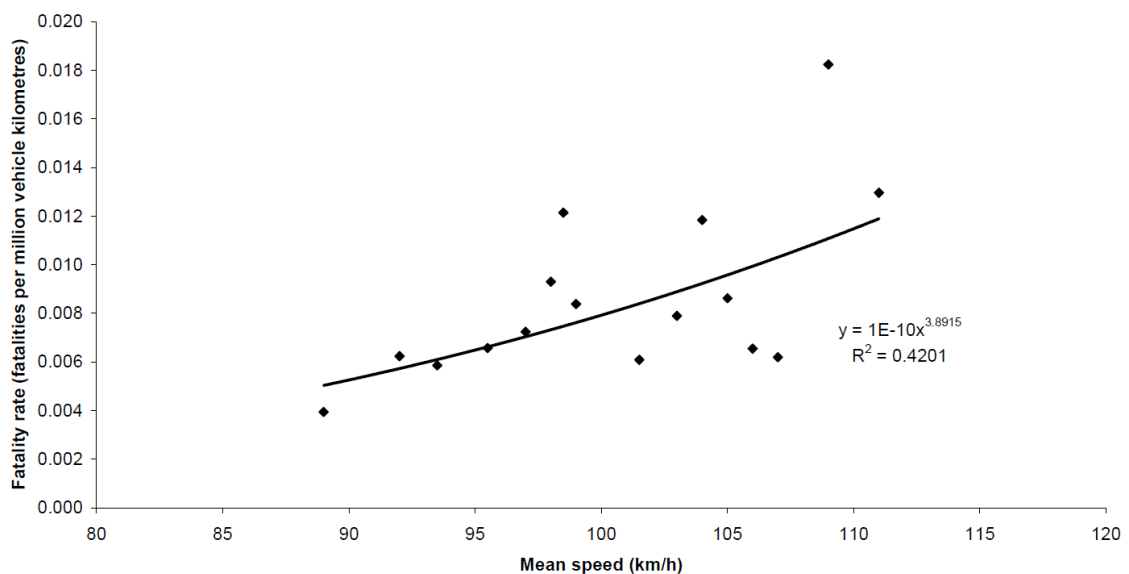
Tabell 1.17.3: Virkninger på ulykkene av nedsettelse av fartsgrensen (beregnet med potensmodellen). Prosent endring av ulykkestall.

Fartsgrensendring	Ulykkensalvorlighetsgrad	Prosent endring av antall ulykker	
		Beste anslag	Usikkerheti virkning
Fra 70 til 60 km/t	Dødsulykker	-18	(-12; -23)
	Personskadeulykker	-10	(-7; -14)
Fra 60 til 50 km/t	Dødsulykker	-20	(-14; -26)
	Personskadeulykker	-12	(-8; -16)
Fra 50 til 40 km/t	Dødsulykker	-24	(-17; -31)
	Personskadeulykker	-14	(-10; -19)
Fra 50 til 30 km/t	Dødsulykker	-38	(-27; -47)
	Personskadeulykker	-23	(-16; -30)

Figur 17: Virkninger på ulykker av nedsettelse av fartsgrenser. R. Elvik, (2009).

Det har vært studier som har som mål å utforske forholdet mellom fart og antall ulykker, hvorav de fleste antyder at økt hastighet er forbundet med flere ulykker eller økende ulykkesfrekvens. (Nilsson, 2004; Elvik 2004; Taylor 2002).

Hastighet er en viktig faktor som årsaker til trafikkulykker og deres alvorlighetsgrad. Effekten av endring i fart på trafiksikkerhet har blitt grundig undersøkt av Nilsson (2004), og det ble funnet at endringer i antall ulykker (eller ulykkesfrekvens) kan være knyttet til endringer i hastighet i henhold til en powerfunksjon. Positive sammenhenger mellom endringer i fart og ulykker ble funnet, selv om størrelsen avhenger av typer ulykker. Eksempelvis er dødelig og skade ulykker. (Elvik ,2004)



Figur18: Sammenheng mellom fart og ulykkesfrekvens. (Nilsson ,2004)

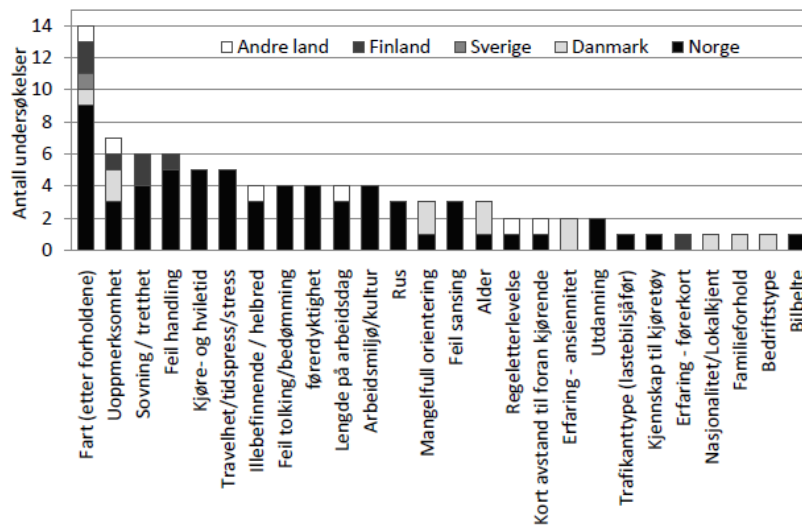
Nilsson i studie har forsket om sammenhengen mellom hastighet og ulykkesfrekvens basert på et tverrsnitt av veier i Sverige.

Figuren 18 presenterer et utvalg av studier som er gjort av ham.

Hvert datapunkt er en kombinasjon av gjennomsnittlig hastighet og dødsulykkesfrekvens. I følge denne funksjonen øker dødeligheten i forhold til gjennomsnittlig hastighet (x) opphøyet i en faktor på 3,89.

I 2010 har Assum og Sørensen gjort oppsummert risikofaktorer fra 37 studier fra Norden. Ut ifra disse har de funnet risikofaktorer knyttet til vegen, (Assum og Sørensen, 2010).

Resultatet fra de gjennomgåtte studier har angitt risikofaktorer for fører av vogntog. Ut fra figuren ser man at høy fart er en av de hyppigst forekommende risikofaktorene.



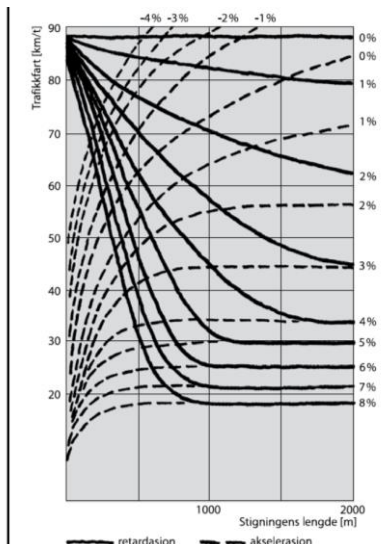
Figur 19: Risikofaktorer knyttet til vegen, ut ifra 37 studier i Norden. (Assum og Sørensen, 2010).

2.6.4 Sammenheng mellom stigning og ulykker

Vegens utforming kan påvirke førerens fartsvalg i forbindelse med sterke stigninger, krappe kurver og smale vegbredder.

I stigning vil tunge kjøretøy og busser lider mest, særlig mot toppen av bakken hvor fartsreduksjonen kan være signifikant. (Rotach, 50).

På lange strekninger med nedoverbakke, kan tunge kjøretøy med høy hastighet oppleve bremsesvikt.



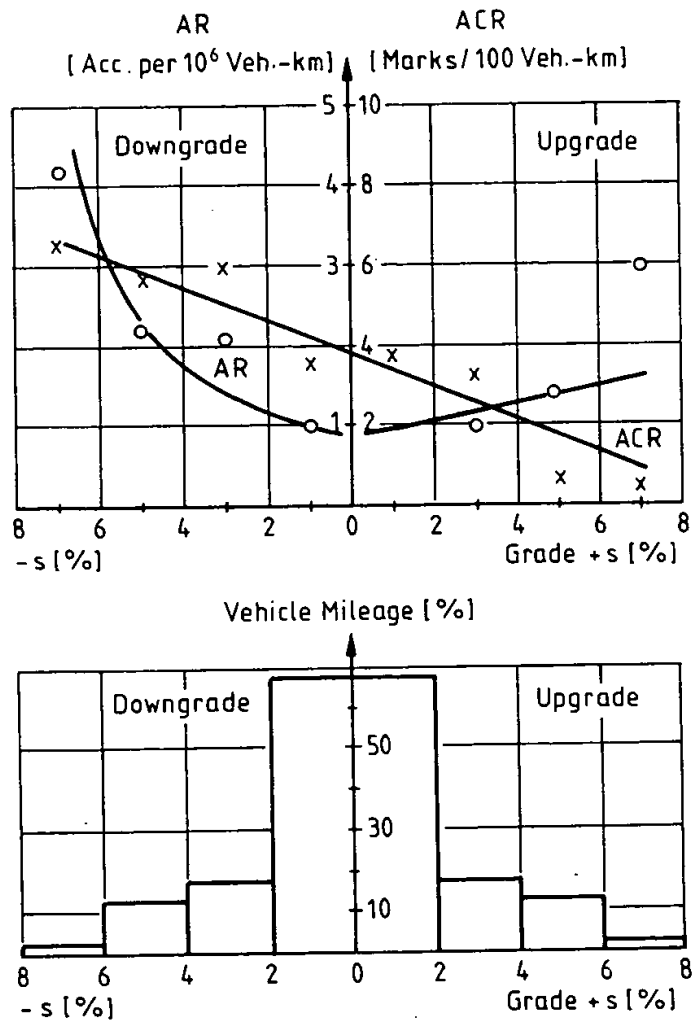
Figur 20: Tunge kjøretøys kjørefart i stigning (Hovd,2014)

Som det vises i figuren 20, vil en ved relativt bratte stigninger få en relativt stor reduksjon i tunge kjøretøys fart. Dette fører til stor fartsforskjell mellom lette og tunge kjøretøy, noe som fører til at det oppstår et ”behov” for forbikjøringer, og som kan føre til økt i antall ulykker.

En undersøkelse av Bitzl for tyske landlige veier, viste en positiv sammenheng mellom stigning og ulykkesfrekvens.

Det viste også en sammenheng forhold mellom stigningsnivå og ulykkesfrekvens i en annen studie som er gjort av Bitzl på tyske motorveier. Han refererte i rapporten at med bratte stigning mellom 6 % til 8% er enda større sjanse for å skje trafikkulykke enn stigning som er mindre enn 2 %.

Det har også gjort en forskning av Krebs og Kloeckner på to felt veg i Tyskland. De utalte i rapporten at stigning mindre enn 6 % har relativt liten påvirkning for ulykkesfrekvensen og ulykkesfrekvens øker med økende stigning. (Krebs og Kloeckner, 1977)



Figur 21: Illustrasjon forholdet mellom ulykkesfrekvens/kostnad og stigning (Krebs og Kloeckner, 1977)

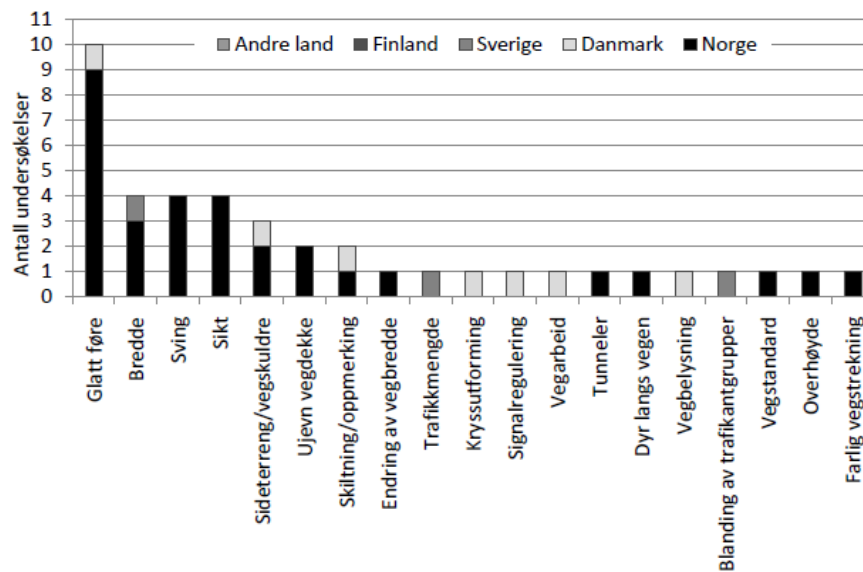
2.6.5 Sammenheng mellom friksjon og ulykker

Det er flere faktorer som kan medvirke til en ulykke.

Dårlig vær og føreforhold er regnet som en av dem,-og det var i alt 41 ulykker i 2008 på grunn av det.

Ulykkesrisikoen på snø- og isete veger er 3-6 ganger større enn for tørre og bare veger, ifølge Hvoslef (1988).

Lav friksjon er den viktigste medvirkende faktoren på hva som gir problemer ved ulike typer vinterforhold.



Figur 22: Risikofaktorer knyttet til veg, ut ifra 37 studier i Norden (Assum og Sørensen, 2010).

I figuren 22 viser risikofaktorer relatert til 37 studier fra Norden og Assum har gjort. Figuren tyder på at glatt føre er den største risikofaktoren.

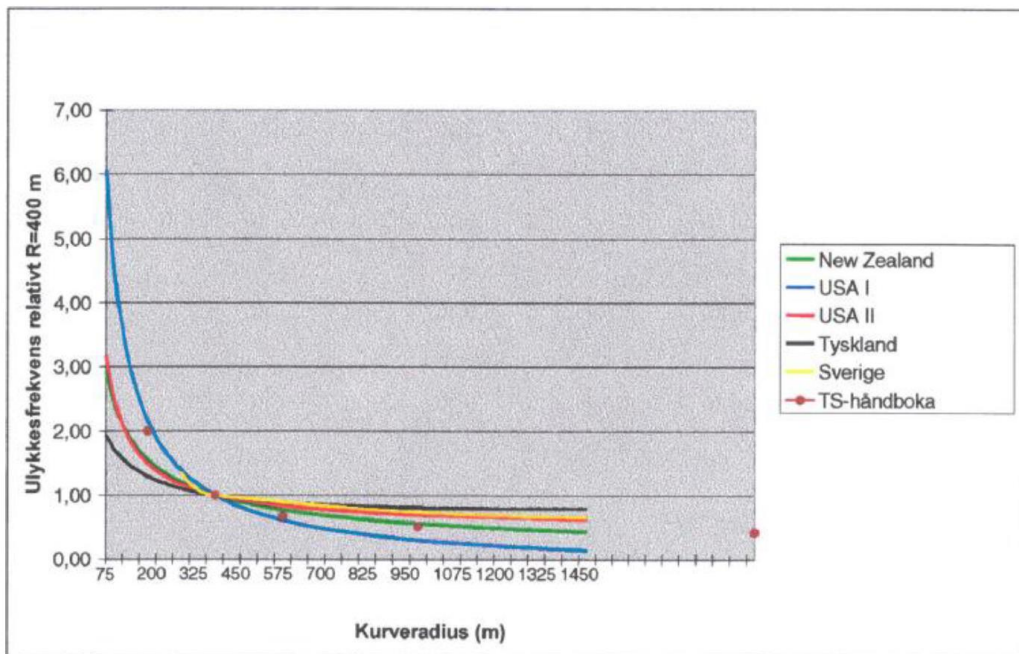
2.6.6 Sammenheng mellom ulykker og horisontalradius

Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken i 2008 viser at nesten halvparten av dødsulykkene skjer i kurver. Vegens horisontale og vertikale linjeføring har vært medvirkende faktor i 6 % av dødsulykkene (15 ulykker) i 2008.

Mange studier tyder på at ulykkesfrekvensen øker når horisontalkurveradiusen reduseres. Wilson (1968) har studert ulykkesfrekvensen i horisontalkurver og rapporterte at ulykkesfrekvensen i horisontalkurve med $r < 170$ m ($D > 10$) var fem ganger større enn på kurver med $r > 910$ m ($D > 2$).

Sakshaug har også vist i sin litteratur at ulykkesfrekvensen kunne knyttes opp mot horisontalkurvatur. (Sakshaug 2001).

I figuren 23 vises sammenheng mellom ulykkesfrekvens og horisontalkurvatur.



Figur 23: Relativ ulykkesfrekvensen knyttet opp mot horisontalkurvatur (Sakshaug, 2001)

2.6.7 Sammenheng mellom ulykker og overhøyde

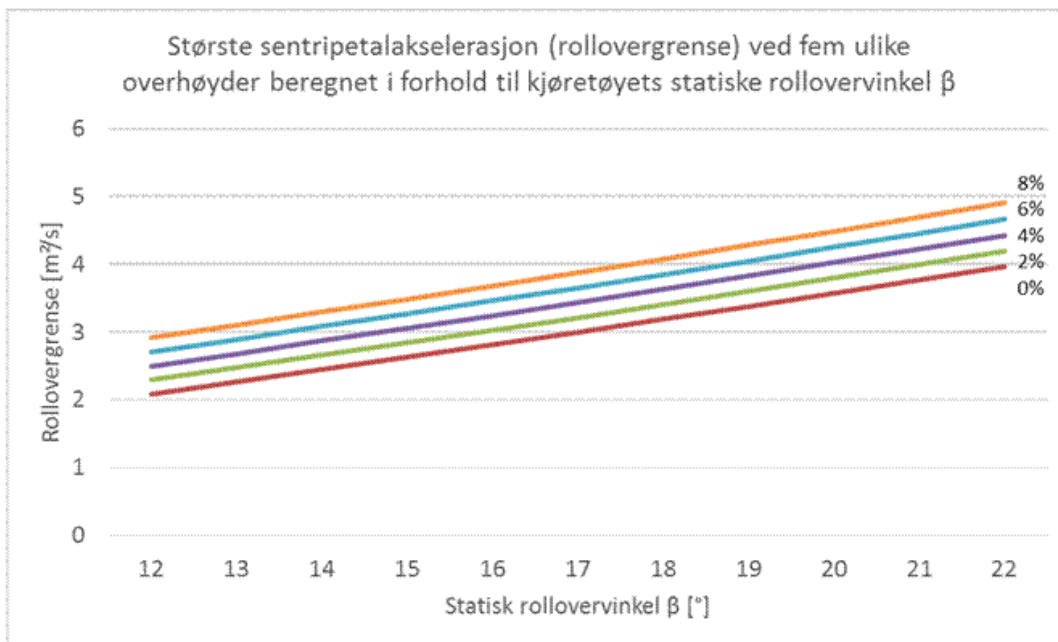
Det er flere faktorer som medvirker til at en ulykke inntreffer.

Virkingen av vegens tverrfall på ulykkesrisiko gjelder ikke tverrfall per se, men i hvilken grad tverrfallet er optimal i en kurve. (Høye, 2012).

En studie ble gjort på strekninger og kurver hvor ulykker har skjedd i 2006 av Christensen og Ragnøy. Resultatet av dette studiet presenterte at ulykkesrisikoen øker med 0,95% når tverrfallet økes med 1 prosentpoeng. Det har beskrevet med formelen slik: Relativ ulykkesrisiko = $0,0095 * \text{Tverrfall} + 0,990$. Christensen & Ragnøy (2006)

I 2008 viste Olsen og Ystenes i sin rapport 'Tiltak mot velt og utforkjøring med tungekjøretøy' at riktig bruk av overhøyde er viktig i kurven.

I Figuren fra deres studie viser resultatet av overhøydens innvirkning på velt. Ut fra figuren kan man se om overhøydens positive innvirkning mot velt på kjøretøy med ulik veltstabilitet. Prosentvis forbedring ved økning av overhøyden er størst ved lav veltstabilitet. (Olsen og Ystenes, 2008)



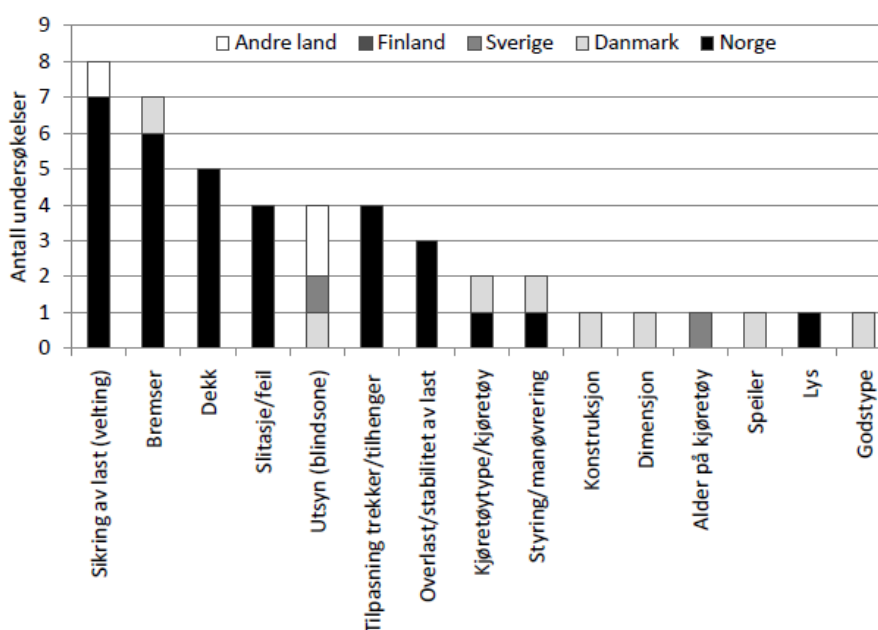
Figur 24: Overhøydens innvirkning på grensen for velt for kjøretøy ved ulik statisk veltstabilitet. Rollovergrensen er like $9,81 m^2/s$. (Olsen og Ystenes, 2008)

2.6.8 Sammenheng mellom velt og et høyere tyngdepunkt

Ulykker med tungekjøretøy med velt skjer ganske ofte på norske veier. Den største risikofaktoren for velt er et høyt tyngdepunkt i situasjoner med sideakselerasjon.

I Norge har et høyt tyngdepunkt av lasten vært en medvirkende faktor i åtte av 15 eneulykker med vogntog i årene 2005-2008 (Assum og Sørensen, 2010).

Figuren nedenfor viser de risikofaktorer relatert til fører av vogntog ut ifra 37 studier i Norden. Totalt 26 faktorer som har blitt identifisert. Dårlig Sikring av last er den hyppigst nevnte faktoren. (Assum og Sørensen, 2010).



TØI rapport 1061/2010

Figur 25 Risikofaktorer relatert til fører av vogntog (Assum og Sørensen, 2010).

Unit	Body Type	Axle Group Mass (t)		COG Height (m)
		Forward Group	Rear Group	
lead semi-trailer	tanker	16.5	20.0	2.00
	stock	18.5	23.0	2.61
rear semi-trailer	tanker	16.5	20.0	2.05
	stock	18.5	23.0	2.66

Figur 26 Illustrasjon av faktorer som påvirker til velt. (Hendry,2002.)

Blant vogntog er trekkvogn med semitrailer særlig utsatte for velteulykker i kurve i sammenligning med lastebiler med slepevogn eller påhengsvogn (Assum og Sørensen, 2010).

Fart	Arsaksgrad			I alt
	Avgjørende	Stor	Mindre	
Høy fart etter forholdene	10	19	8	37
Godt over fartsgrensen	10	11	2	23
I alt	20	30	10	60
Andel av dødsulykkene				35 %

Figur 27: Vekt og tyngdepunkt i førstegangssimulasjon, Hendry 2002.

Hendry viste i sin rapport “Stability and on-road performance of multi-combination vehicles with air suspension systems” at Den maksimale høyden for tyngdepunktet til tunge kjøretøy kan være opp til 2,66 m. (Hendry 2002.)

Flere studier har vist at brede og lave kjøretøy har lavere velterisiko mens smale og høye biler har høye velte risiko. (Harwin og Brewer, 1990; Robertson, 1989; Robertson og Kelley, 1989; Whitfield og Jones, 1995).

2.6.9 Sammenheng mellom fart og kurvevinkel

Sammenhengen mellom fart og kurvevinkel er ikke omtalt i norske litteratur. Men internasjonalt har de fleste studier vist at kurvevinkel er den primære faktoren i prognosen for ulykker i horisontalkurver.

Lamm og Choueiri utførte en studie i 1989 med hensyn til å forbedre trafikksikkerheten på tofelts kjøreveier utenfor tettsteder i New York.

De valgte å se på 261 veger og studerte om det var sammenheng mellom kjøretøyenes hastighet på veiene og geometriske parameter.

Blant annet så de på sammenhengen mellom kjørehastigheten, kurvevinkel og andre parameter og sammenhengen mellom ulykkesfrekvens, kurvevinkel og andre parameter.

Ved bruk av regresjonsanalysen har de fant ut at det er sterk korrelasjon mellom hastighet og kurvevinkel.

Reduced Equation

$$V85_e = 58.656 - 1.135DC$$

$$R^2 = 0.787$$

$$F = 1921.16$$

$$SEE = 3.259$$

Figur 28: Likningen i form av resultatet fra GLM modell. (Lamm og Choueiri, 1987)

Her er DC i ligning betyr kurvevinkel og V85 betyr 85% fraktil.

Ligning fra regresjonsanalysen mellom hastighet og kurvevinkel viste seg at det er sterk sammenheng mellom disse to variablene. Verdi av R^2 forteller at når tallet er 0,78, er det 78 % i variasjon. Hvis verdien av R^2 er stor, er det god korrelasjon mellom variablene. Ut fra ligningen kan man tolke at hastighet minker med økning i kurvevinkel.

3. Metode

Dette kapitlet beskrives framgangsmåte som ble brukt å utføre litteraturstudie og databehandling i oppgaven. Det har benyttet to forskningsmetoder for å finne relevant tema, gjennomføre problemstillinger, og å komme fram til målet.

Litteraturstudie har vært den første metoden som har brukt i oppgaven av relevante vegnormaler fra Norge, politirapporter som handler om dybdeanalyser av ulykker i trafikken, og, samt faglitteratur om tema grunnparametre, fart, friksjon og årsaker bak vogntogulykker. En del av litteratur fra utland har også brukt innenfor tema vegutforming og trafikksikkerhet. Det neste metode som har benyttet i oppgaven har vært analysering og databehandling av trafikkdata gjennom innhenting av registeringspunkt i Norge.

3.1 Metode for litteratursøk

Hovedhensikten med litteraturstudie er å søke og samle alt faglitteratur som er relevant for problemstillinger i oppgaven.

Søkemotoren som ble brukt å finne relevant tema er først og fremst Google Scholar, ettersom der det kan finnes faglitteratur fra hele verden. Og andre søkemotorenes er NTNU Universitetsbibliotek – Oria og Statensvegvesen bibliotek – Oria.

De mest grunnleggende faglitteratur som er benyttet i oppgaven er Vegnormaler fra Norge fordi oppgaven baserer seg i hovedsak på dimensjoneringsgrunnlag fra Håndbok N100 og faglitteratur fra Håndbok N200.

I kapittel. 2 i litteraturdelen har tatt med generell informasjon om N100 og videre i kapittel. 4.1 forklares de datagrunnlag fra Håndbok N100 som har brukt i oppgaven.

Litteraturstudie som ble forsøkt å finne i begynnelsen av nevnte søkemotorer er innenfor følgende temaer: vegutforming og grunnparametene fart, friksjon, horisontalradius, stigning, overhøyde og sammenheng mellom hver av disse og trafikkulykker.

Videre er det også søkt opplysninger om krefter i kurven samt deres påvirkning til trafikkulykker. Noen av rapporter fikk jeg gjennom veilederen min og benyttet i oppgaven.

Selv om en av problemsstilling i oppgaven handler om veltulykker av tungekjøretøy i kurven og påvirkning av grunnparameterne, ble det forsøkt å finne faglitteratur ved de nevnte søkemotoren ovenfor. Litteratur som ble truffet og ble videre benyttet er

- Temaanalyse av 130 trafikkulykker med vogntogulykker. (Assum,2010)
- Tunge kjøretøy og trafikkulykker, Norge sammenlignet med andre land i Europa. (Langeland,2010)
- Ulykkesanalyser som har gjort av Statens Havarikommisjon for Transport. (SHT) Statens havarikommisjon (2011)

Det ble også søkt faglitteratur om sammenheng mellom stigning og ulykker.

Generell teori om stigning har benyttet fra Håndbok (N100, N120) og litteratur handler om sammenheng mellom stigning og ulykker har benyttet fra transport Research gjort av Bitzl og Pucher. (henviser til litteratur 2,659)

I oppgaven har jeg også tatt med et tema som handler om kurvevinkelen. Det finnes veldig lite litteratur om kurvevinkel i Norge. Tema om kurvevinkelen var med i de gamle vegnormaler, men ikke lenger på dagens vegnormaler. Så var det ikke lett å finne og samle litteratur om kurvevinkelen og hvordan kurvevinkelen kan påvirke til å skje ulykker.

Men en relevant rapport innenfor kurvevinkel ble funnet ved å søke 'degree of curve and traffic accident' på engelsk. Dette rapporten var veldig nyttig for meg og ble benyttet både i litteratur og gjennomføringsdelen.

Rapporten som ble brukt i oppgaven er: A design procedure to determine critical dissimilarities in horizontal alignment and enhance traffic safety by appropriate low-cost or high-cost project. (Lamm, R. og Choueiri, M ,1987)

Når det gjelder med litteratur fra utland, er en del faglitteraturer benyttet i oppgaven. Det var en del rapport og studier fra Sverige om trafikksikkerhet og grunnparametre, en del fra USA om grunnparametre, og noen forskningsstudier fra Europa.

Søkeord som ble brukt for å finne relevant litteratur var både på norsk og engelsk.

Engelske ord som ble benyttet å søke litteratur er blant annet road geometry for traffic safety, horizontal alignment, horizontal curve accident, centrifugal forces, gradient, slope, degree of curve osv. Norske søkeord som ble brukt å søke litteratur er veggeometri, vegutforming, vogntogulykker, krefter i kurven, sidefriksjon, glatt føre, grunnparametre, velteulykker med tungekjøretøy osv.

3.2 Metoder for databehandling

Metoden for analysen i oppgaven er en kvantitativ metode.

I denne masteroppgaven har jeg valgt å jobbe med to beregningsmetoder.

Ved bruk av beregningsmetoden 1, vil finne ut om hva er konsekvensen ved å bruke grenseverdier på alle kritiske parameter fra Håndbok N100 (2019), med fokuserer på. maks. stigning, min. horisontalradius, overhøyde, friksjon og fart ved kjøring i kurven.

Det første metoden fokuser på ligninger og formler med datagrunnlag fra Håndbok N100 (2019). Her forskers om grunnparametre hastighet, stigning, overhøyde, horisontalradius, friksjon og deres påvirkning til trafikkulykker, samt krefter som virker i kurven.

For å gjøre undersøkelsen, måtte jeg velge først vegtyper som skal undersøkes nærmere.

Selv om oppgaven handler om kjøring i kurven med tungekjøretøy, har jeg valgt vegtyper som er dimensjonert for vogntog og modulvogntog. Ved bruk av de utvalgte vegtyper og deres dimensjoneringsgrunnlag, har alle beregninger gjort i Excel og resultater presenteres i form av graf og tall.

For å finne sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet, er det valgt lineær modell som beregningsmetoden 2.

Nasjonal vegdatabank er staten vegvesens database som kan bruke til å hente informasjon om vegnettet. En del av data her er samlet inn fra Nasjonal vegdatabank (NVDB). Hoveduttakene har vært informasjons om trafikkulykker, ÅDT, og horisontalradius.

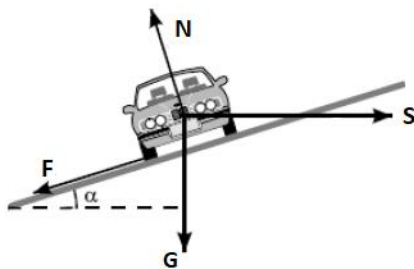
Informasjon om kjøretøyhastighet er innhentet fra utvalgte målestasjoner i Norge. Disse er Akershus, Hedmark, Oppland, Nordland, Hordaland, Trøndelag og Møre og Romsdal. Deretter ble alle disse uttakene og data er bearbeidet i Excel slik at det er klar til å lage regresjonsmodellen.

3.2.1 Beregningsmetode 1

Denne metoden fokuserer på ligninger og formler med datagrunnlag fra Håndbok N100(2019). For å finne ut om hva er konsekvensene ved å bruke grenseverdier på alle kritiske parameter fra Håndbok N100 (2019), med fokuserer på. maks. stigning, min. horisontalradius, overhøyde, og friksjon, fart ved kjøring i kurven vil jeg fokuseres på glidning innover og utover i kurven. Ved kjøring i kurven, virker en del krefter på kjøretøyet. Hvis det ikke er balanse mellom krefter vil dette føres til glidning i kurven, særlig på tungekjøretøyer.

Ved kjøring i en krapp kurve på en bratt stigning veg med dårlig friksjon for en tungekjøretøy vil skape farlig situasjoner, særlig når det ikke er riktig bruk av overhøyde i kurven. Derfor i denne oppgaven er det valgt tungekjøretøy som analyseobjekt og vil finne ut om hvordan grunnparametre og krefter i kurven virker.

Når et kjøretøy beveger seg gjennom kurven, vil en del krefter virke på kjøretøyet.



Figur 29: krefter på kjøretøy i kurve (Granlund, 2008)

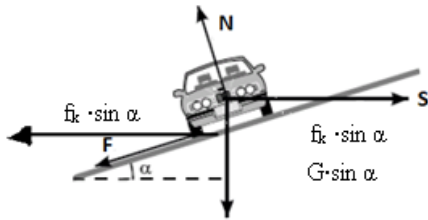
Kreftene som virker på et kjøretøy ved kjøring i kurve, er vist i figuren (29) ovenfor.

S er Sentrifugalkraften som vil trekke kjøretøy utover i kurven som det har vist i figuren.

G som er tyngdekraften fra kjøretøyet, virker mot jorden. F er friksjonskraften som virker mellom bildekket og vegbanen. N er normalkraften som virker på vegoverflaten α og er vegens helning (overhøyde) på tvers av kjørefeltet.

S er sentrifugalkraften som trekker kjøretøyet utover i kurven når det beveger seg med konstant fart gjennom horisontalkurven.

Krefter som motvirker sentrifugalkraften er horisontalkomponenten av henholdsvis normalkraft og sidefriksjon.



Figur 30: Komponenter av Krefter i horisontalplanet

En likevekts betraktning tilsier at

$$S = G + f_k$$

Hvor

S = Sentrifugalkraften

G = Tyngdekraftens komponent

f_k = Sidefriksjonskraften

Kraftlikevekt i horisontalplanet vil gi følgende ligning nedenfor.

$$S = G \cdot \sin \alpha + f_k \cdot \cos \alpha$$

$$S = \frac{m \cdot V^2}{R}$$

$$G = m \cdot g$$

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = M \cdot g \cdot \sin \alpha + F_k \cdot \cos \alpha$$

Ved å sette inn $S = \frac{m \cdot V^2}{R}$, $G = m \cdot g$ og dividere med $\cos(\alpha)$ vil blir formelen slik nedenfor:

$$\frac{m \cdot V^2}{\cos \alpha \cdot R} = m \cdot g \cdot (\tan \alpha + f_k)$$

M elimineres, og settes cosinus = 1 blir

$$\frac{V^2}{R \cdot g} = (\tan \alpha + f_k)$$

Her er:

- \tan = tangens til overhøyden
- f_k = sidefriksjonsfaktor
- v = fart (m/s)
- r = horisontalkurveradius (m)
- g = tyngdeakselerasjon (m/s²)

Glidning innover i kurven

For å unngå glidning innover i kurven må følgende betingelser være oppfylt:

$$e - f_k \leq \frac{v^2}{R * g}$$

(Hovd,2014)

Glidning utover i kurven

For å unngå glidning utover i kurven må følgende betingelser være oppfylt:

$$e + f_k \geq \frac{v^2}{g * R}$$

(Sakshaug,2000)

Sammenheng mellom friksjon og velt

Det er hovedsakelig overhøyde og sidefriksjon som bestemmer hvor krapp horisontalkurve vi kan ha ved en bestemt fart. Vi skal se nærmere på disse sammenhenger.

Friksjonskraftens retning vil være avhengig av kjørefarten. Ved stor fart vil den være rettet inn mot kurvesenteret og motsatt ved liten kjørefart.

Ved å sette sidefriksjonsfaktoren, $f_k = 0$, vil en finne ved hvilken horisontalkurveradius hele sidekraften blir tatt opp av vegens overhøyde. På tilsvarende måte kan en sette $f_k = 0$, og beregne ved hvilken fart friksjonskraften skifter retning for en gitt kurveradius; det vil si at den motvirker glidning innover eller utover i kurven.

Med denne tilnærmelsen så vil grensebetingelsen for når et kjøretøy kan gli innover mot kurvesenteret (ved lav fart) eller utover i kurven (ved stor fart), være gitt ved betingelsen:

$$(f_k + e) \geq \frac{v^2}{R * g} \geq (e - f_k) \text{ og (Hovd,2014)}$$

Videre blir

Ligning for maksimal fart før kjøretøyet vil skli utover i kurven

$$v^2 = (f_k + e) * R * g$$

(Hovd,2014)

Ligning for maksimal fart før kjøretøyet vil skli innover i kurven

$$v^2 = (e - f_k) * R * g$$

(Hovd,2014)

Maksimal høyde før velt

å finne maksimal høyde før velt er

$$h = \frac{(S \cdot \tan \alpha \cdot \frac{b}{2}) + (G \cdot \frac{b}{2})}{S - (G \cdot \tan \alpha)}$$

Haakanes, I. & Ibrahim, R. (2013).

Formelen som har benyttet for å finne minimum horisontalradius

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{maks} + f_k)}$$

Staten Vegvesen, (2019b)

3.3 Datagrunnlag for beregningsmetode 1

3.3.1 Valg av vegtyper

Beregningsmetoden 1 baserer seg i hovedsak på data fra (N100- 2019) Veg- og gateutforming fra Statens vegvesen.

Håndbok N100 Veg- og gateutforming beskriver standardkrav for utforming av veger og gater. Kravene gjelder for alle offentlige veger og gater.

Vegnettet i Norge består av en rekke veger med ulik funksjon, som i vegnormalen inndeles i følgende kategorier:

- Nasjonale hovedveger (H)- De nasjonale hovedvegene utgjør det overordnede nasjonale vegsystemet, knytter sammen landsdeler og regioner, og forbinder Norge med utlandet og har de viktige regionale og lokale funksjoner.
- Øvrige hovedveger (Hø)- Øvrige hovedveger har som primæroppgave å dekke behovet for transport mellom distrikter, områder, byer og bydeler.
- Lokalveger- Lokale offentlige veger som er på et lavere nivå enn de andre. Disse vegene er veger med blandet transport- og adkomstfunksjon. Vegene kan være viktige interne veger i en bygd eller veger fra bygd til bygd. Terreng og bebyggelse vil ofte påvirke vegens plassering og utforming.

Dimensjonering av vegene er delt i ulike klasser. I vegnormalen finnes utformingskrav for klassene, og hver vegtype har prosjekteringstabeller som gir krav til enkeltelementene i linjeføringen. Tabell C3 (Statens Vegvesen, 2019a, 32) viser blant annet dimensjonerende fart, maks overhøyde og minste horisontalkurveradius for de ulike vegklasser.

Disse verdiene står sentralt i beregningene.

I beregningene har ikke tatt hensyn til fartstillegget som brukes i vegnormalen.

I denne oppgaven er det valgt veger som er dimensjonert bare for vogntog og modulvogntog. Disse er H1, H5, H3, Hø1 og Hø2.

	H1	H5	H3	Hø1	Hø2
Vegtype	H/Hø	H/Hø	H/Hø	Hø	Hø
ADT	< 6'	6'-12'	> 12'	< 4'	< 12'
Fartsgrense [km/t]	80	90	110	80	60
Tverrprofil [m]	9	12,5	23	7,5	7,5
Skulder 1 [m]	1	1,5	2,75	0,75	0,75
Kjørefelt 1 [m]	3,25	3,5	3,5 / 3,5	3	3
Indre skulder 1 [m]		0,5	0,75		
Skille kjøreretninger [m]	0,5 FM	1,5 MR	2 MR		
Indre skulder 2 [m]		0,5	0,75		
Kjørefelt 2 [m]	3,25	3,5	3,5 / 3,5	3	3
Skulder 2 [m]	1	1,5	2,75	0,75	0,75
Alternativ utforming [m]				4	
Min. horisontalkurveradius [m]	250	400	800	225	125
Min. klotoide [m]	125	170	260	115	75
Stoppsikt [m]	115	160	230	105	65
Δst1 (stigning)	-9	-14	-20	-10	-4
Δst2 (fall)	12	20	26	15	5
Møtesikt [m]				220	
Forbikjøringssikt [m]	600			600	
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	2 800	5 300	11 000	2 300	900
Min. vertikalkurveradius, lav [m]	1 900	2 300	3 700	1 000	600
Maks. overhøyde [%]	8	8	7,5	8	8
Maks. stigning [%]	6	6	5	8	6
Maks. resulterende fall [%]	10	10	9	11,3	10
Min. resulterende fall [%]	2	2	2	2	2
Kryssløsning	T	P ev.T	P	T,R	T,X,R
Avstand mellom kryss [m]	500	1 000	5 000		
Min. horisontalkurveradius [m]	450	700		400 (T)	200 (T,X)
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	7 100	12 400		5 500	2 200
Avkjørsler	B	AF	AF	B	B
Avstand mellom stopplommer [km]	5	5			
Forbikjøring					
Eget- eller motg. felt	M	E	E	M	
Belysning	I	B	B	I	I/B
Dimensjonerende kjøretøy	MVT	MVT	MVT	VT/MVT	VT/MVT
Dimensjonerende kjøremåte	A	A	A		

Vegtype H1, H5, H3 = Nasjonale og øvrige hovedveger Hø1-Hø2 = Øvrige hovedveger	Belysning B = Krav om belysning I = Ikke belysning	Avkjørsel B = Begrens AF = Avkjørselsfri T = Tillates	Forbikjøring M = fori E = fort
Kryssløsning T = T-kryss X = X-kryss R = Rundkjøring P = Planskilt kryss	Skille mellom kjøreretninger FM = Forsterket midtoppmerking MR = Midtdeler med midtrekkverk	Dimens VT = Vc MVT = l L = Las A/B/C =	

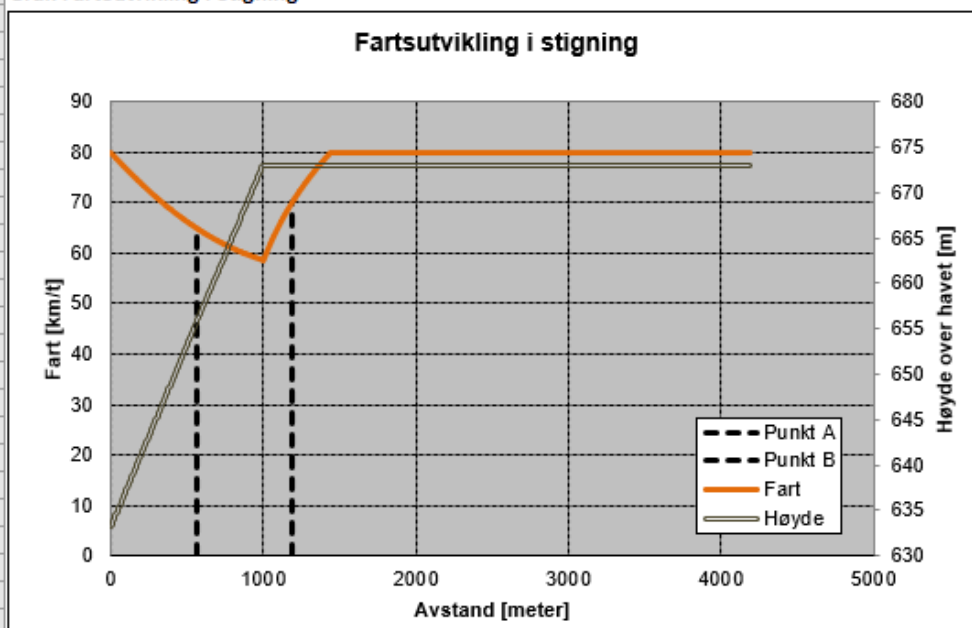
Figur 31: Dimensjoneringsklasser og vegtype/grunnlagsverdier som er brukt i oppgaven. (Statens Vegvesen, 2019)

3.3.2 Valg av stigning

Det skal forskes på kjøring i kurver med stigning. For å vise hvordan farten reduseres ved forskjellig stigning, brukes regneark for beregning av forbikjøringsfelt fra Håndbok V 120. Ut fra regnearket beregnes farten på kjøretøy fra stigning 2 til 8 på 1000 km.

FORBIKJØRINGSFELT I STIGNING			
Regneark for beregning av forbikjøringsfelt i stigninger			
		<i>Version 1.0 / 2012-12-12</i>	
Forenklet stigningsforløp:		Stigning [%]	Lengde [m]
Stigningsforløpet forenkles til opptil 9 delstrekninger, iht beskrivelse i håndbok 265.	L1	4,0	1000
Delstrekningenes stigning og lengde settes i tabellen.	L2		
	L3		
	L4		
	L5		
	L6		
	L7		
	L8		
	L9		
Fartsgrense	Vf	80	km/t <i>Fartsgrensen på veien</i>
Startfart (valgfritt)	V1	80	km/t <i>Hvis startfarten er ulik fartsgrensen, tast inn verdi.</i>
Kritisk fartsdifferanse	$\Delta V_{k,start}$	15	km/t <i>Jmf. Håndbok 265</i>
	$\Delta V_{k,slutt}$	10	km/t
Startprofil (valgfritt)	x1	0,0	m <i>Profilnummer ved starten av L 1.</i>
Starthøyde (valgfritt)	h1	633,2	m.o.h. <i>Høyde ved starten av L 1.</i>
Antall sekunder	T	200,0	sek. <i>Modellens beregningstidsrom</i>
Punkt A der farten < 65 km/t inntreffer etter:		564 m	
Punkt B der farten ≥ 70 km/t inntreffer etter:		1192 m	
Forbikjøringsfeltets lengde, minimum:		629 m	

Graf: Fartsutvikling i stigning

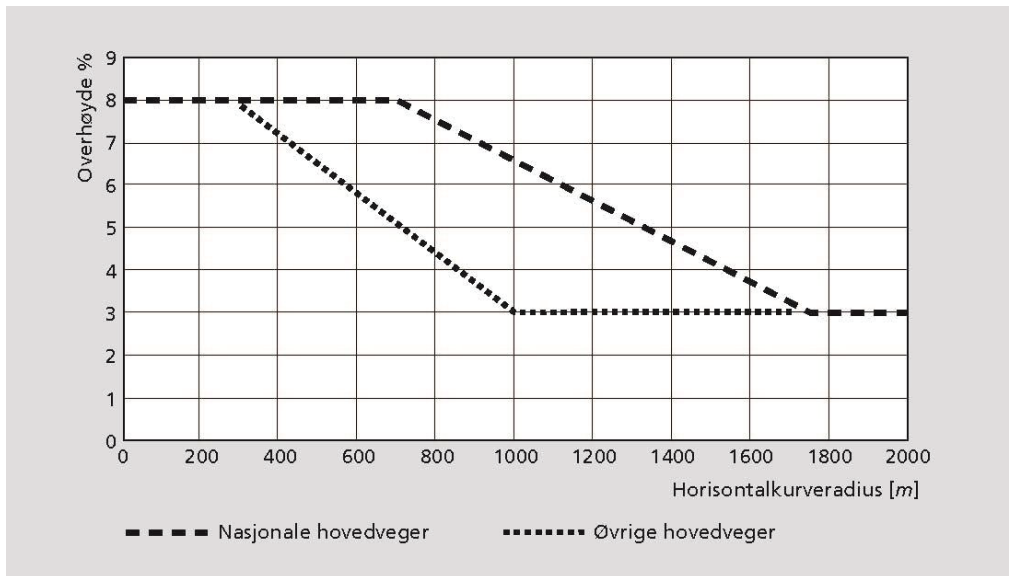


Figur 32: Regneark for beregning av v forbikjøringsfelt i stigning. (Håndbok V 120,2019)

3.3.3 Valg av overhøyde

Ifølge kravene er maksimal overhøyde satt til 8 % for alle veger unntatt H3-vegen. H3-vegen har maksimal overhøyde lik 7.5 %.

Overhøyde for kurveradier større enn minste horisontal kurveradius er avhengig av vegens funksjon. (Statens vegvesen, 2008). Figur 33 viser variasjon av overhøyde med kurveradius.



Figur 33: Overhøyde for nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger (Statens Vegvesen, 2019b).

Maksimal overhøyde inngår i beregning av minste horisontalkurveradius, minste lengde for oppbygging av overhøyde og minste klotoidparameter.

Overhøyden skal kompensere for påført sidekraft sammen med sidefriksjonen ved kjøring i horisontalkurve. Derfor bør overhøyden være god nok i kurven.

3.3.4 Valg av friksjon

For valg av friksjon i beregningen er det antatt at det er lik friksjon på begge hjul.

Sidefriksjonen er den delen av totalfriksjonen som sammen med overhøyden skal ta opp sidekreftene ved kjøring i kurve.

Ved dimensjonering brukes ulike sidefriksjonsverdier for ulike fartsgrenser. Sidefriksjon inngår i formelen for beregning av minste horisontalkurveradius. (Statensvegvesen, 2008).

På våt is	Tørr is	Tørr sand	Våt, bar veg	Tørr bar veg
0,05	0,15	0,35	0,4	0,8

Figur 34: Verdier på sidefriksjon som er brukt i beregningene

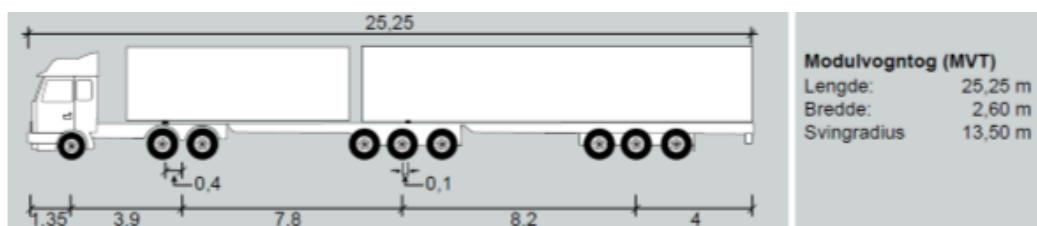
Som matematikk sett er sidefriksjons en del av den totale friksjons. Jeg har kontakt og spurt professor Alex Klein-Paste om valgt av verdi for sidefriksjonskoeffisient på våt is.

Han sa at det kan være god mulig at sidefriksjonskraft er så lav som 0,045. Men føre er jo variabelt og en utenlandsk trailer med dårlige dekk er det ikke utenkelig at det kan ikke genereres mer enn 0,045 sidefriksjon. I tillegg er under slik før fart enda lavere enn 45 km/t da bilen må ha slitet seg oppover på glatt føre.

Verdien til friksjon er vanskelig å definere eksakt, og den er avhengig av mange forskjellige faktorer. Verdien varierer blant annet med vegdekke, føreforhold, kjøretøyenes egenskaper, dekktype og fart. Derfor jeg har vært forsiktig og valgt å bruke 0,05 sidefriksjonskoeffisient på våt is i denne oppgaven. I realiteten kan være friksjonskoeffisient enda lavere.

3.3.5 Valg av referansebil

Den største tillatte bredde for modulvogntog er 2,66 m og lengde 25,5 m. Det er ingen begrensning på kjøretøyets høyde på Norske veger (Staten vegvesen, 2019).



Figur E.7: Dimensjonerende kjøretøy (mål i m)

Figur 35: Dimensjonerende modulvogntog som har utgangspunktet brukt i beregninger.

3.4 Beregningsmetoden 2

3.4.1 Målemetode

Trafikkdata som er benyttet i denne metoden er samlet fra tellepunktene i Norge, samt innhenting fra NVDB. Det finnes 3 forskjellige former for tellinger som brukes i Norge per i dag. Det er Kontinuerlige tellinger (nivå 1 tellinger), Periodiske tellinger (nivå 2 og 3-tellinger) og enkelttellinger. Kontinuerlige tellepunkt telles trafikk døgnet rundt hele året. Periodiske tellingen eller (nivå 2 og 3-tellinger) teller trafikk hvert 4-6 år. Det er veldig god kvalitet på ÅDT-en på første året som trafikken blir telt men kvaliteten synker hvert år fram til neste tellingen. Enkelttellingen gjøres bare når det er nødvending.

I oppgaven er det valgt å bruke kontinuerlig tellinger med hensyn til kvalitet og tilgjengelighet på data.

3.4.2 Utarbeidelse av data

Trafikkdata fra de kontinuerlige tellepunkter har samlet ved hjelp av geodataseksjonene i staten vegvesen. Ved bestilling av data, etterspurte vi å levere trafikkdata etter disse kriterier nedenfor:

- Fartsvalget kan påvirkes av værforholdene. Derfor hentes data inn mellom månedene mai og september.
- Det skal være åpne sideterreng. Derfor velger vi bort data fra f.eks. målestasjoner i tunnel.
- Vi ser kun på data fra målestasjoner utenfor tettbygd strøk uten større byggelementer inntil vegen.
- Vi ser kun på målestasjoner på vegstrekninger skiltet 80 km/t eller høyere. Det betyr at målestasjoner som ligger i 70-soner eller lavere i byer eller tettbebyggede strøk ikke er tatt med

Telledata: Rådata				felt 1 fra JEVNAKER FELT1							
Utskriftsdato: 17. januar 2019				felt 2 fra ROA FELT2							
Tellepunkt: 500756 - BEKKEHALLUM											
EV 16 Hp: 19 Km: 6989											
Dato	Tid	Felt	Antall kjøretøy.	Kortere enn 5.6 meter.	5.6 til 7.5 meter.	7.6 til 12.4 meter.	12.5 til 15.9 meter.	Lengre enn 16.0 meter.	Hastighet gjennomsnitt	Hastighet 85-fraktil	Hastighet 95-fraktil
23.05.2018	01:00	1	13	12	0	1	0	0	85	91	91
23.05.2018	01:00	2	31	27	2	1	0	1	92	100	107
23.05.2018	02:00	1	7	4	1	0	0	2	90	97	110
23.05.2018	02:00	2	18	15	1	1	1	0	88	95	99
23.05.2018	03:00	1	9	5	0	2	1	1	82	90	96
23.05.2018	03:00	2	5	3	0	1	1	0	91	95	115
23.05.2018	04:00	1	23	19	1	1	0	2	83	93	98
23.05.2018	04:00	2	10	7	1	0	1	1	90	101	110
23.05.2018	05:00	1	34	28	0	2	1	3	90	98	102
23.05.2018	05:00	2	8	7	0	0	0	1	93	107	114
23.05.2018	06:00	1	109	94	2	4	1	8	86	95	105
23.05.2018	06:00	2	42	31	1	6	1	3	91	98	110
23.05.2018	07:00	1	253	224	10	8	1	10	87	95	103
23.05.2018	07:00	2	134	119	5	6	1	3	92	100	107
23.05.2018	08:00	1	304	275	5	11	5	8	82	90	95
23.05.2018	08:00	2	216	184	9	8	7	8	85	93	101
23.05.2018	09:00	1	264	230	10	11	1	12	83	90	93
23.05.2018	09:00	2	211	174	6	15	5	11	87	95	105
23.05.2018	10:00	1	198	155	12	11	4	16	81	88	94
23.05.2018	10:00	2	170	138	12	7	2	11	85	92	97
23.05.2018	11:00	1	183	138	11	17	2	15	82	89	97

Figur 36: Eksempelvis databaseinnhold fra en målestasjon

Et utklipp av rådata som vi fikk fra trafikkdata vises som figur 36. Disse rådata består av tellinger for 2 døgn fordelt på totalt 46 tellepunkt. For hver enkelt målestasjon er rådataene vist med veinummer, HP og km.

I dette tilfellet er det brukt 'vi' i oppgaven. Grunnen er at det har vært et samarbeid med to erfaringsbaserte masterstudenter fra SVV med å framskaffe datamateriale for regresjonsanalysen.

Etter å ha fått hastighetsdataen fra trafikkdata, ble de sortert og data fra de respektive målestasjoner ble samlet i hver sin fil. For å finne frem til alle tellepunkter, horisontal kurvatur, og ÅDT, er data fra norsk vegdatabank benyttet. (NVDB).

Horisontalradius fra NVDB deler ut i korte strekninger. For å finne horisontalradius for en helhet kurvatur, er det beregnet vektet gjennomsnitt for horisontalkurvaturen.

Formelen som er benyttet å beregne gjennomsnitt horisontalkurvatur er $(R1 \times S1) + (R2 \times S2) / (S1 + S2)$, hvor R1 er radien og S1 er lengden på kurven.



Figur 37: Eksempelvis på måling av kurvevinkel fra bestemte kurver

Videre ble data for ÅDT og trafikulykker for valgte steder hentet ut fra NVDB. Kurvevinkler er målt ut fra kartet ved bruk av AutoCAD. Eksempelvis er det vist på figur 37. For å måle kurvelvinkel av hver enkelt kurve, måtte vi første skaffe kartgrunnlag for alle bestemte steder.

Datamaterialet som vi har skaffet og bearbeidet til det var klart til å bruke i lineære modellen er vist i figuren 38 nedenfor.

	Dato	Veg nr	HP	KM	Tellepunkt	Rh [m]	fartsgrense [km/t]	målt hastighet gjennomsnitt [km/t]	målt hastighet 85% fraktill [km/t]	målt hastighet 95% fraktill [km/t]	målt hastighet gjennomsnitt av tilfeldighet	målt hastighet 85% fraktill tilfeldig	målt hastighet 95% fraktill tilfeldig	ÅDT	Ulykker, f.eks. per siste 10år	nabokurve JA/NEI	Kurvevinkel [°]
1	19.03.2018	Rv. 2	7	699	400007	1494	80	84	106,8	115,8	83	92	96	3000	1	JA	38
2	26.05.2018	Rv. 2	7	699	400007	1494	80	84	107,2	112,2	84	94	100	3000	1	JA	38
3	23.05.2018	Rv. 2	13	3424	400009	854	80	85	102,6	111,8	85	94	99	3500	0	JA	14
4	26.06.2018	Rv. 2	13	3424	400009	854	80	85	103,6	114,6	86	94	101	3500	0	JA	14
5	23.05.2018	Rv. 2	4	2003	400110	1802	80	84	102,2	112	83	92	99	9000	1	NEI	28
6	26.05.2018	Rv. 2	4	2003	400110	1802	80	84	105,2	112,2	85	94	101	9000	1	NEI	28
7	23.05.2018	Rv. 2	8	3400	400116	1756	80	83	107,4	116,6	82	94	101	3600	0	JA	21
8	26.05.2018	Rv. 2	8	3400	400116	1756	80	83	121,2	131	83	96	105	3600	0	JA	21
9	23.05.2018	Rv. 2	10	6730	400117	1116	80	79	100	105,8	78	89	95	4100	0	JA	75
10	26.05.2018	Rv. 2	10	6730	400117	1116	80	79	103,2	116,4	79	90	97	4100	0	JA	75
11	23.05.2018	Rv. 3	9	30024	400122	503	80	82	94,8	107,2	82	89	94	6100	1	JA	14
12	26.05.2018	Rv. 3	9	30024	400122	503	80	82	98,8	110,8	82	90	97	6100	1	JA	14
13	23.05.2018	Rv. 2	2	5510	400217	573	80	84	101,4	117,6	84	92	96	6400	1	JA	42
14	26.05.2018	Rv. 2	2	5510	400217	573	80	84	106,8	117,6	85	95	102	6400	1	JA	42
15	23.05.2018	Rv. 3	15	19910	400004	1828	80	81	100,6	110,8	81	90	96	3800	2	JA	32
16	26.05.2018	Rv. 3	15	19910	400004	1828	80	81	102	109	82	91	97	3800	2	JA	32
17	23.05.2018	Rv. 25	3	9675	400005	2732	80	70	90,6	96,8	69	82	87	5000	4	JA	19
18	26.05.2018	Rv. 25	3	9675	400005	2732	80	70	91	100,4	70	83	88	5000	4	JA	19
19	23.05.2018	Rv. 3	13	8470	400013	1546	80	87	105,2	121	86	94	103	2300	2	JA	13
20	26.05.2018	Rv. 3	13	8470	400013	1546	80	87	112,4	122,8	88	96	105	2300	2	JA	13

Figur 38: Et utsnitt av Grunnlag data som har brukt til bygging av GLM modell

3.4.3 Lineær Modell

Det har benyttet generaliserte lineære modellen som verktøy for å analyse sammenheng mellom kurvevinkel og fart ved bruk av flere variabler.

Lineære modellen er en statistisk analysemetode som beskriver sammenhenger mellom en avhengig variabel og en eller flere uavhengige variabler. Dette gjøres ved å finne frem til en funksjon, det vil si en forenklet matematisk beskrivelse av den virkelige sammenhengen.

Den mest vanlige formen for lineær modell er lineær regresjon, og den kan se slik ut:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

I dette tilfellet er den avhengige variabelen y = målt hastighet (eks. 85% fraktil)

Uavhengige variable: horisontal radius, ÅDT eller kurvevinkel

b_1, b_2, b_3 = Koeffisienter som relatert til uavhengig variabler

For å finne om det faktisk er sammenheng mellom uavhengige variable og en avhengig variabel, finnes det to metoder innen statistikk beregning som kan benyttes.

Spearman's korrelasjonskoeffisient er et statistisk mål for styrken av et monotonisk forhold mellom variablene. Variablene er en tendens til å endre seg sammen. Men Pearson-korrelasjonen vurderer det lineære forholdet mellom to kontinuerlige variabler. Dette vil være konstant hele veien.

For å måle hvorvidt det er sammenheng mellom variablene, bestemte vi videre om å bruke Spearman rank korrelasjon som vil passer best til problemstilling 2 i oppgaven.

Styrken av variablene i Spearman Rank Korrelasjon beskrives mellom -1 og 1. Som eksempel er det betegnet slik $-1 \leq r_s \leq 1$.

Spearman Rank Order Correlations (80)
MD pairwise deleted
Marked correlations are significant at p < 0,05000

Variable	Rh [m]	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t]	Gjennomsnitt av 5 høyeste 85% fraktil [km/t]	Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t]	Gjennomsnittshastighet [km/t]	85% fraktil av hastighet [km/t]	95% fraktil av hastighet [km/t]	ÅDT	Antall ulykker per siste 10 år	nabokurve	Kurvevinkel [°]
Rh [m]	1,000000	-0,032109	0,089229	0,109191	-0,090611	-0,020327	-0,068543	-0,267744	0,136365	0,060523	-0,387520
5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t]	-0,032109	1,000000	0,623787	0,672061	0,944776	0,065259	0,816999	-0,309156	-0,184166	-0,213062	-0,323327
Gjennomsnitt av 5 høyeste 85% fraktil [km/t]	0,089229	0,623787	1,000000	0,874616	0,522354	0,725547	0,702595	-0,451422	-0,304739	0,005674	-0,095674
Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t]	0,109191	0,672061	0,874616	1,000000	0,631640	0,755830	0,797107	-0,297258	-0,318895	-0,020797	-0,279079
Gjennomsnittshastighet [km/t]	-0,090611	0,944776	0,522354	0,631640	1,000000	0,878896	0,866597	-0,141686	-0,165228	-0,220180	-0,352905
85% fraktil av hastighet [km/t]	-0,020327	0,065259	0,725547	0,755830	0,878896	1,000000	0,963914	-0,210373	-0,250002	-0,081868	-0,179732
95% fraktil av hastighet [km/t]	-0,068543	0,816999	0,702595	0,797107	0,866597	0,963914	1,000000	-0,134327	-0,263920	-0,134693	-0,205748
ÅDT	-0,267744	-0,309156	-0,451422	-0,297258	-0,141686	-0,210373	-0,134327	1,000000	0,116762	-0,143769	0,304566
Antall ulykker per siste 10 år	0,136365	-0,184166	-0,304739	-0,318895	-0,165228	-0,250002	-0,263920	0,116762	1,000000	-0,167145	0,166362
nabokurve	0,060523	-0,213062	0,005674	-0,020797	-0,220180	-0,081868	-0,134693	-0,143769	-0,167145	1,000000	0,000000
Kurvevinkel [°]	-0,387520	-0,323327	-0,095674	-0,279079	-0,352905	-0,179732	-0,205748	0,304566	0,166362	0,000000	1,000000

Figur 39: Viser sammenheng mellom variablene i form av Spreman Rank order korrelasjoner

Rødt fargre i spreman Rank på figuren 39 betyr at det er korrelasjon mellom variablene og verider som vises som svarte verdier betyr at det ikke korrelasjon mellom variablene.

Ut fra figuren 39 ovenfor kan man se at kurvevinkel har korrelasjon med radius, 5 høyestes gjennomsnittshastighet, gjennomsnitt av 5 høyeste 95 % fraktil, gjennomsnittshastighet, og ÅDT. Vi kan dermed bygge lineære modeller for de tre ulike hastighet parameterne

Hvis det er pluss i tallene, betyr det at det er positiv sammenheng.

Statiske signifikant som har $p < 0,05000$ blir eliminert fra analysen. Signifikant nivå (p) i lineær modellen forteller oss om hvor sikkert det er en sammenheng mellom variablene. Jo lavere tallene er, jo bedre er det. Hvis vi har en streng test, godtar vi at signifikante er 0,005. Det vil si at det er 5% sannsynlighet for en feil.

Hvis vi ikke er så strenge, kan tallet være 0,10. Først avgjøres på hvilket nivå hypotesen skal være. For eks. om det kan aksepteres og antas at signifikante er riktig hvis den er 0,005. Hvis tallet over 0,1 tas det ikke med videre. Det blir mindre interessert å tolke de andre variabler.

Som det nevnte den går fra -1 til +1.

Variablene som har korrelasjon ,tar videre med i analysen og kjøres i spreman rank korresjon til det blir rødt på alle verdier.

Modellen bygger og finner ut om alle uavhengige variabler som hadde rød korrelasjon kan bli med sammen i en modell. Dette er presentert i filer «Parameter estimates» i figur 40 og 41 nedenfor.

Parameter Estimates (80)										
Sigma-restricted parameterization										
Effect	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] Param.	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] Std Err	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] t	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] p	-95.00% Cnf Lmt	+95.00% Cnf Lmt	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] Beta (β)	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] St Err (β)	-95.00% Cnf Lmt	+95.00% Cnf Lmt
Intercept	84.11187	1.035168	81.25434	0.000000	82.02940	86.19438				
Kurvevinkel [°]	-0.06749	0.028678	-2.36347	0.022834	-0.12518	-0.00980	-0.314899	0.133802	-0.584075	-0.045724
ÅDT	-0.00018	0.000105	-1.74658	0.087242	-0.00039	0.00003	-0.233697	0.133802	-0.502873	0.035478

Figur 40: Parameter Estimatas av lineær modell hvor 5 høyeste gjennomsnittshastighet som avhengig variable og kurvevinkel og ÅDT som uavhengigs variabler.

Parameter Estimates (80)										
Sigma-restricted parameterization										
Effect	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] Param.	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] Std Err	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] t	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] p	-95.00% Cnf Lmt	+95.00% Cnf Lmt	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] Beta (β)	5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t] St Err (β)	-95.00% Cnf Lmt	+95.00% Cnf Lmt
Intercept	83.21963	0.919362	90.51889	0.000000	81.37113	85.06814				
Kurvevinkel [°]	-0.07409	0.029028	-2.55250	0.013931	-0.13246	-0.01573	-0.345706	0.135438	-0.618023	-0.073390

Figur 41: Parameter Estimatas av lineær modell hvor 5 høyeste gjennomsnittshastighet som avhengig variable og kurvevinkel som uavhengigs variabelen.

Hvis noen av uavhengige variabler er svart i «parameter estimates», må den fjernes fra modellen. Hvis det er flere som er svarte, skal først den med høyest p fjernes. I dette tilfellet må ÅDT fjerne for at det har vist seg svart farge i modellen, og så får vi følgende modellen under.

Etter at det har fått kun statiske signifikante røde variabler, kan vi beslutte med at modellen er riktig bygget.. I hvilken grad er modellen tilpasset realiteten, kan vises ved bruk av R² koefisient.

Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (80)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t]	0.345706	0.119513	0.101169	92.62684	1	92.62684	682.4100	48	14.21687	6.515275	0.013931

Figur 42: Resultatet fra GLM modell som viser i form av tabell

Resultatene er vist i figuren i form av Multiple R².

Hvis verdien av r² er veldig lav, er modellen ikke bra nok. Hvis verdien av r² er stor, er det god korrelasjon mellom variablene. På den måten kan vi si mer om hvorvidt en uavhengig variabel faktisk har en direkte påvirkning på avhengig variabel. Når analysen gjennomføres med flere uavhengige variabler, kalles den multiple regresjonsanalysen.

4.Resultater

4.1 Resultater for problemstilling 1

I dette kapitel skal se på kreftene som virker på kjøretøy ved kjøring i kurven. Beregningsmetoden som er omtalt i kapitel 3, beskriver krefter i kurver her. De hyppigste trafikkulykker er ulykker som skjer i kurver med glatt føre.

Nedenfor viser oversikt over datagrunnlag som ble benyttet å se på krefter i kurven

	H1	H5	Hø1	Hø2
Fartsgrensen	80 km/t	90 km/t	80 km/t	60 km/t
Radius	250m	400m	225m	125m
Overhøyde	8%	0,08%	8%	8%
Stigning	0-8 %	0-8 %	0-8 %	0-8 %

Figur 43: Grunnlag verdier som har brukt i beregninger

Sammenheng mellom stigning og fart ble beregnet ut ved brukt av forbikjørefelt skjema som har omtalt i kap. 3.4.2.

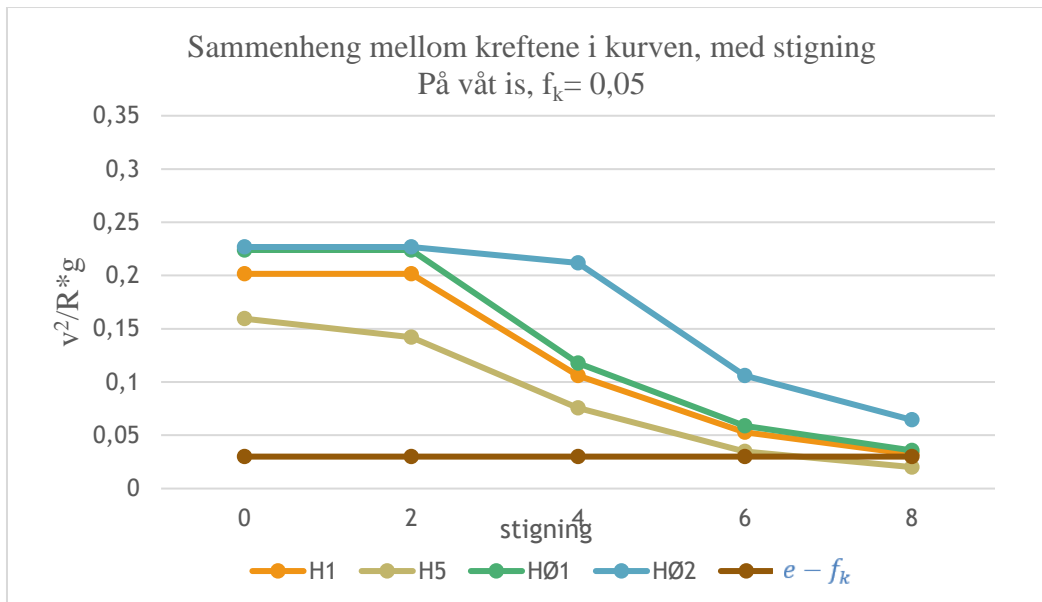
Stigning	Redusert fart med stigning
2	80
4	58
6	41
8	32

Figur 44: Sammenheng mellom stigning og farten.

4.1.1 Glidning innover i kurven

Kjøretøy kan gli innover eller utover i et kjørefelt dersom det ikke er likevekt mellom kreftene i kurven. Dette er omtalt på litteraturdelen på kapittel 2 og metoddelen på kapittel 3.

Figuren 45 nedenfor viser sammenhengen mellom kreftene i kurven med stigning. Størrelsen på sentrifugalkraften beregnes av H1, H5, HØ1, HØ2, og sammenlignes med $e - f_k$.



Figur 45: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

$e - f_k$ blir 0,03 her når $e = 0,08$.

Grafen illustreres sammenheng mellom kreftene i kurven og stigning ved kjøring på våt is.

For å hindre kjøretøy i å gli innover i kurven, må betingelsen $e - f_k \leq \frac{v^2}{R * g}$ være oppfylt.

$\frac{v^2}{R * g}$ er alltid større enn null.

Når sidefriksjon er større enn overhøyde $e = 0,08$, er betingelsen ($e - f_k \leq \frac{v^2}{R * g}$) alltid oppfylt.

Det vil si at glidning innover i kurven kan kun evt. skje ved $f_k < 0,08$.

Figuren 45 viser at kreftene i kurven på H5 vegen, kommer over grenser mellom stigning 6-8 %.

H5 har fartsgrensen 90 km/t i forhold til dimensjoneringsklassen og det er størst av alle vegklasser. Her tyder det på at glidning innover i kurven kan skje når farten og stigning økes. H1 har fartsgrensen 80 km/t og denne vegklassen blir nest største sjans for å skje glidning innover i kurven.

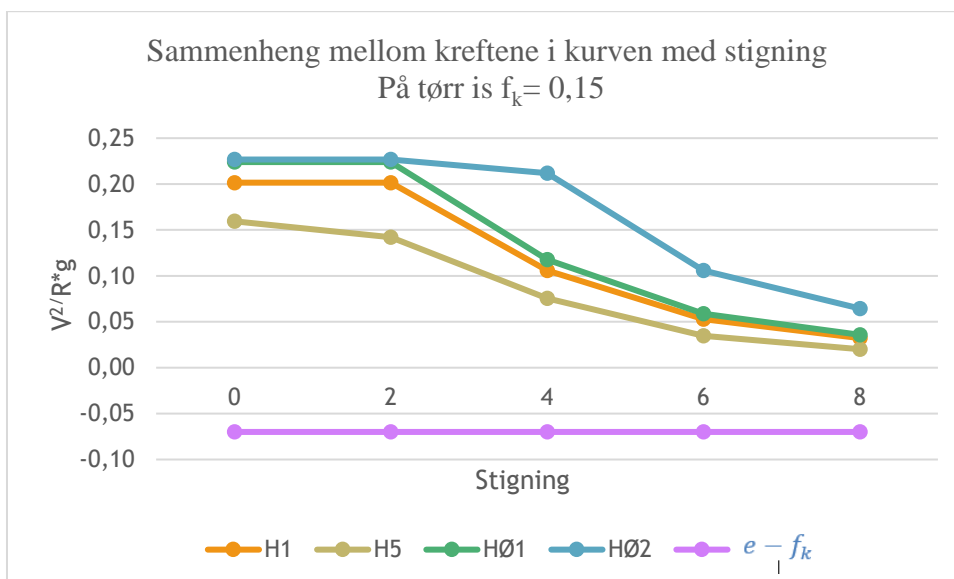
Kreftene blir mindre med en brattere stigning. Det vil si at fart, friksjon og stigning spiller en stor rolle ved kjøring i kurven.

Når det er over 6% stigning, er det plutselig utenfor grense på H5-veg. I figuren 45 har benyttet sidefriksjonskoeffisient 0,05 på våt is. Sidefriksjon er bare en liten del av totalfriksjon, og det er totalfriksjon som ifølge litteratur kan være så liten som 0,05.

Sidefriksjonskoeffisient kan dermed enda lavere. Som professor Alex fra NTNU nevnte, kan farten enda lavere enn det som fremgår av vanlig farsprofil ved glatt føre, da bilen må ha slitet seg oppover.

Resultatet stemmer med litteraturen om at friksjonskraften er rettet innover mot kurvesenteret ved liten fart. Det vil si at det vil skje glidning innover i kurven når retning på friksjonskraften endres og kjørefart blir mindre.

Uten stigning og fartsendring vil sentrifugalkraft være konstant. Med stigning og fartsendring, vil sentrifugalkraft lavere med økende stigning og reduserende fart.



Figur 46: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

På figuren 46, er det benyttet en friksjonskoeffisient = 0,15 som tilsvarer tørr is og kurvene viser at det ikke er noen farlig idet betingelsen er oppfylt.

Dette tyder på at god friksjon er viktig å opprettholde for å unngå trafikkulykker.

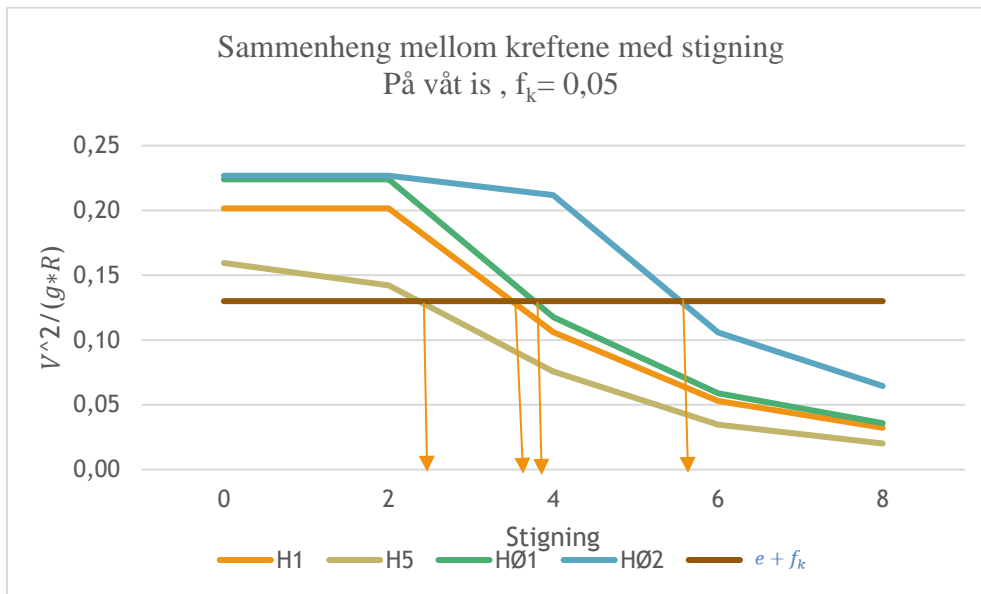
4.1.2 Glidning utover i kurven

For å skje glidning utover i kurven, må sentrifugalkraften større enn friksjonskraft og overhøyde.

Her skal se på kreftene i kurven med overhøyde og uten overhøyde.

For å hindre kjøretøy i å gli utover i kurven, må betingelsen $e + f_k \geq \frac{V^2}{g \cdot R}$ oppfylt.

Med Overhøyde på våt is



Figur 47: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

Her må $e + f_k$ større for at det ikke skal skje glidning utover i kurven.

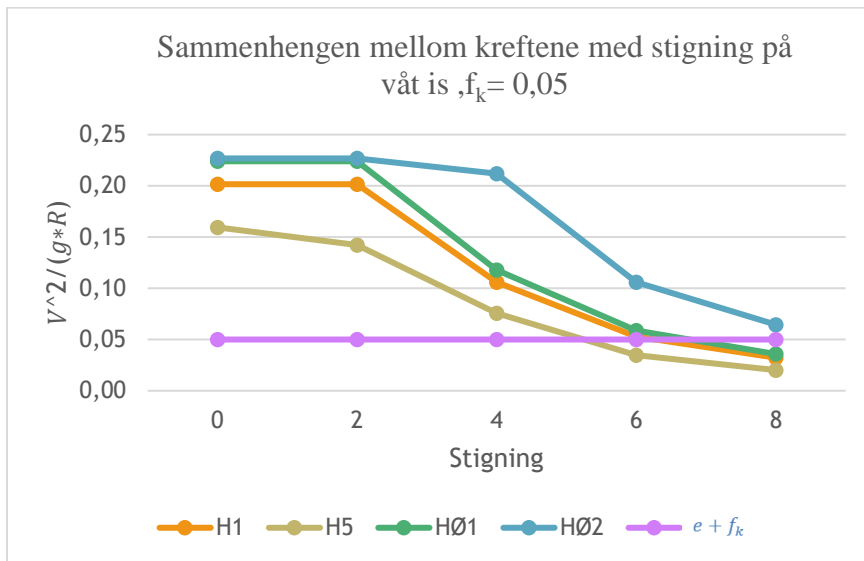
Dette viser at mellom stigning 3-8 %, innvirker ikke muligheten for glidning utover i kurven.

Ut fra figuren kan man tolke at på HØ2-vegen, blir, $\frac{V^2}{g \cdot R}$ større og større fra stigning 5,5 og nedover til 0 % stigning. Glidning utover i kurven kan starte ved stigning 0-6 på HØ2-vegen når sentrifugalkraften økes.

Her kunne man konkludere at Jo mindre horisontalradius er jo større sjanse for å skje glidning utover i kurven.

I dette tilfellet har HØ2 vegen største sjanse for å skje glidning utover i kurven og H5 har minste sjanse. Dette stemmer med litteraturen om ulykkesfrekvensen øker når horisontalradiusen reduseres. (Henviser til kap. 2.6.6)

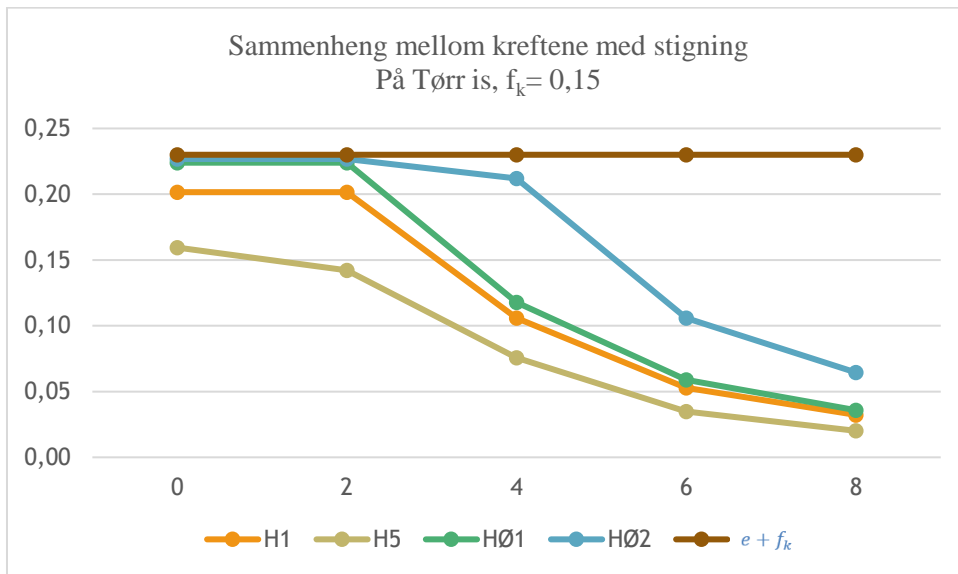
Uten Overhøyde på våt is



Figur 48: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

Uten overhøyde er det enda større sjanse for å skje glidning utover i kurven for alle disse fire veger mellom stigning 0-6.

Med overhøyde på Tørr is



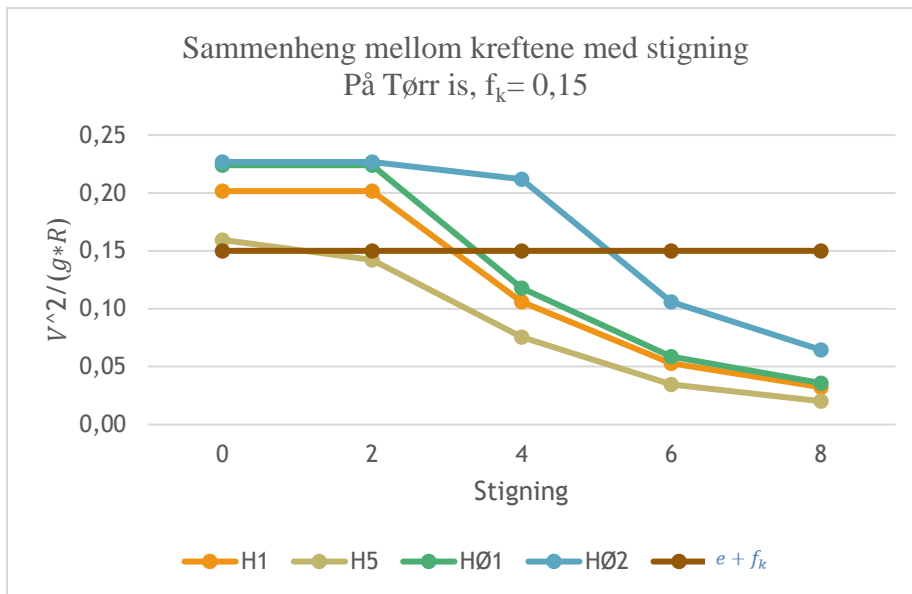
Figur 49: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning med overhøyde

Ved kjøring på tørr is med friksjon 0,15 er det liten sannsynlighet for å skje glidning utover i kurven.

Ut fra figuren 49 kan man se at sentrifugalkrafter for alle vegsklasser er mindre enn friksjonskraft og overhøyde .

Det vil si at betingelsen $e + f_k \geq \frac{v^2}{g \cdot R}$ er oppfylt og ikke fare for å skje glidning utover i kurven. Dette kan man kombinere med litteraturen omtalt i kap.2.6.5 at Ulykkesrisikoen på snø- og isete veger er 3-6 ganger større enn for tørre og bare veger. Hvoslef (1988).

Uten Overhøyde På Tørr is

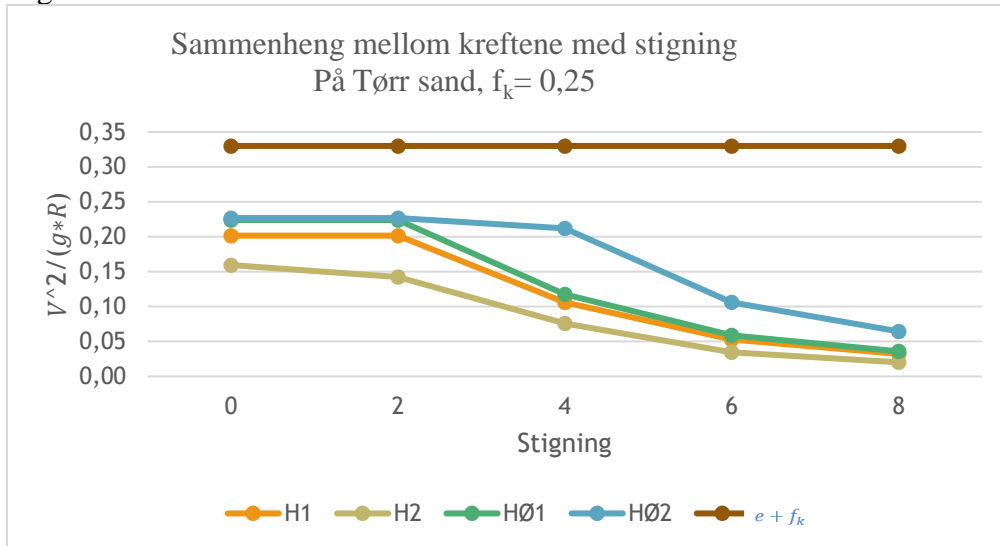


Figur 50: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning uten overhøyde

Ut fra figuren kan man studere at uten overhøyde er større sjanse for å skje glidning utover i kurven enn med overhøyde. HØ2 vegen som har fartsgrensen 60km/t og horisontalradius 125 har største sjanse for å skje glidning utover i kurven. Når vi sammenligner Figur 49 og Figur 50, ser vi at uten overhøyde på figur 50 gir større sjanse for å skje glidning utover i kurven. Dette stemmer med teori om riktig bruk av overhøyde i kurven kan redusere ulykkerisiko i kurven. (henviser til kap.2.6.7)

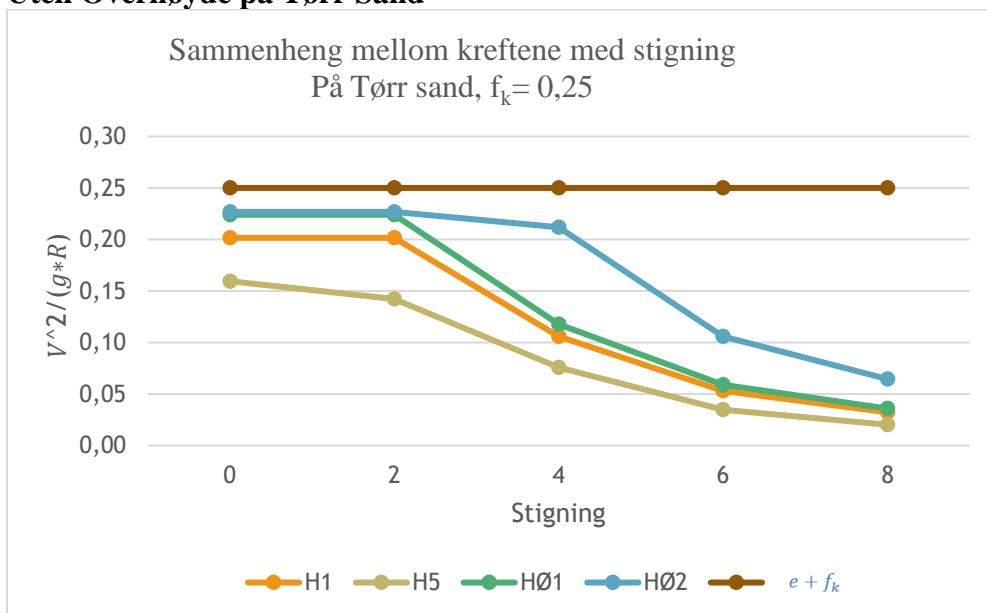
Med Overhøyde På Tørr Sand

Her sammenlignes to figurer for kjøring i kurven med overhøyde og uten overhøyde. Friksjonsforhold er valgt å se på tørr sand med $f_k = 0,25$ og stigning mellom 0-8 %. Det viser seg at det er ingen fare for å skje glidning utover i kurven når det er god friksjon på vegen.



Figur 51: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

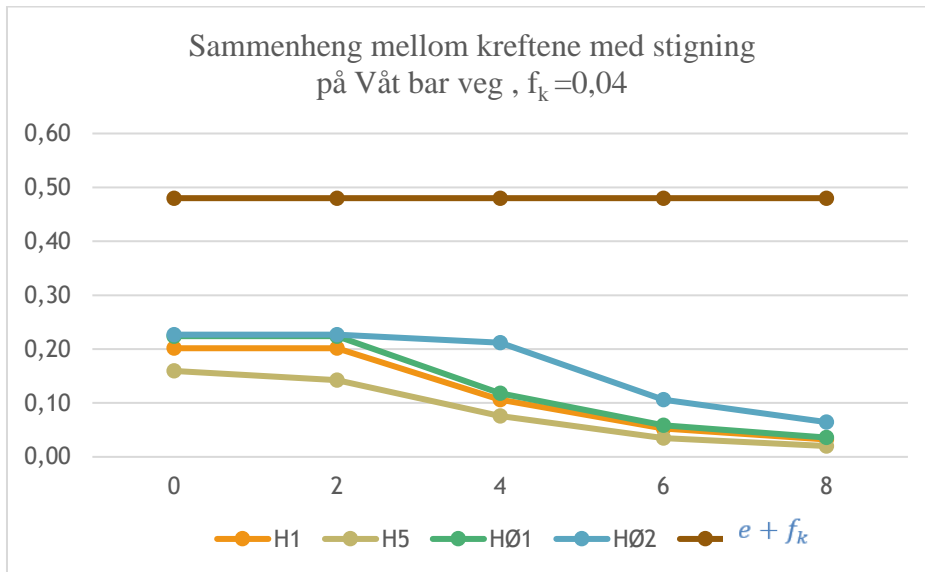
Uten Overhøyde på Tørr Sand



Figur 52: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

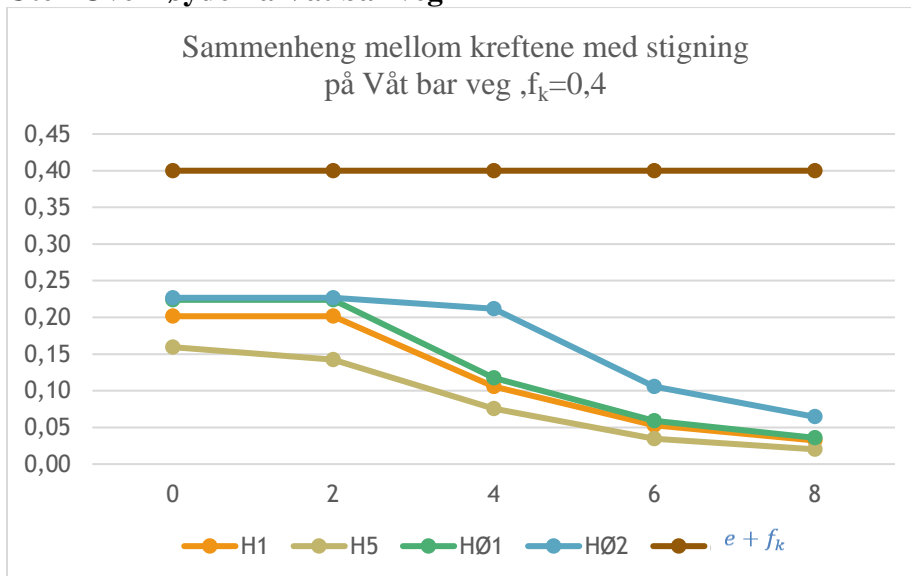
Fra disse to figurer 51 og 52 kan man konkludere at ved kjøring i kurven uten overhøyde er enda større sjanse for å skje glidning utover i kurven enn med overhøyde.

Med Overhøyde På Våt bar veg



Figur 53: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

Uten Overhøyde På Våt bar veg



Figur 54: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning

Ved kjøring på våt bar veg med utvalgt $f_k = 0,4$, ser vi forholdet mellom kreftene i kurven og $e + f_k$.

Det er veldig lite sannsynlighet for å inntreffe ulykke når det er god friksjon på vegen. Som vanlig er HØ2 vegen som har minste radius av alle vegklasser får største sjanse til å skje ulykken.

4.1.3 Realistisk situasjon utenfor tettbygde strøk

I dette tema undersøkes for realistisk situasjon utenfor tettbygde strøk for at det kan skje glidning innover i kurven og glidning utover i kurven

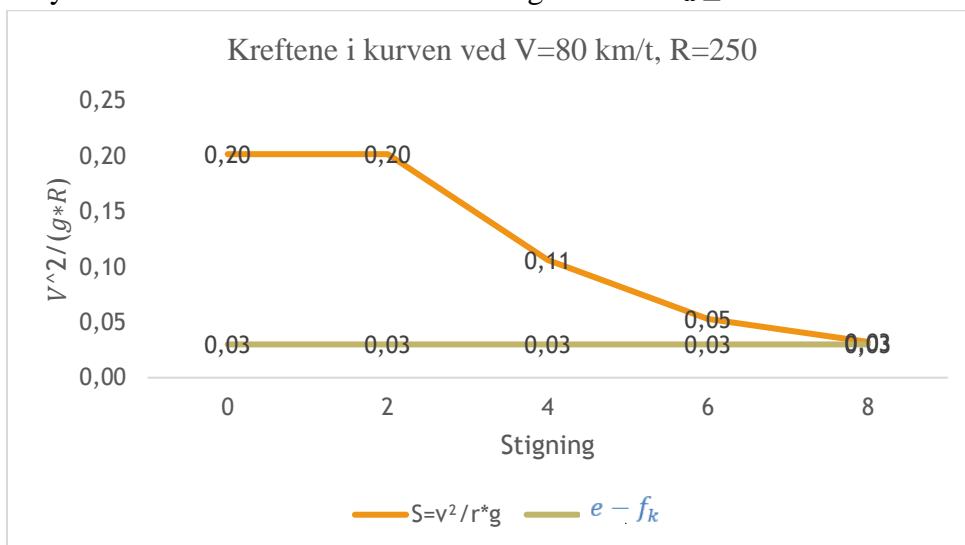
Det er den realistisk situasjon utenfor tettbygde strøk hvor de har kombinasjonen av fartsgrense 80 km/t, stigning og krappe kurver.

Horisontalradius mindre enn det som kreves for ny veg i Håndbok N100 finnes på mange eksisterende veger, pga. av bl.a. utfordrende terreng. Disse er ofte kun skiltet med fareskilt «farlig sving», Derfor jeg har valgt å studere sammenheng mellom horisontalradius og kreftene i kurven.

4.1.4 Realistisk situasjon for Glidning innover i kurven

Her skal se på kreftene i kurven ved forskjellige horisontalradius og studere om størrelsen av sentrifugalkraft.

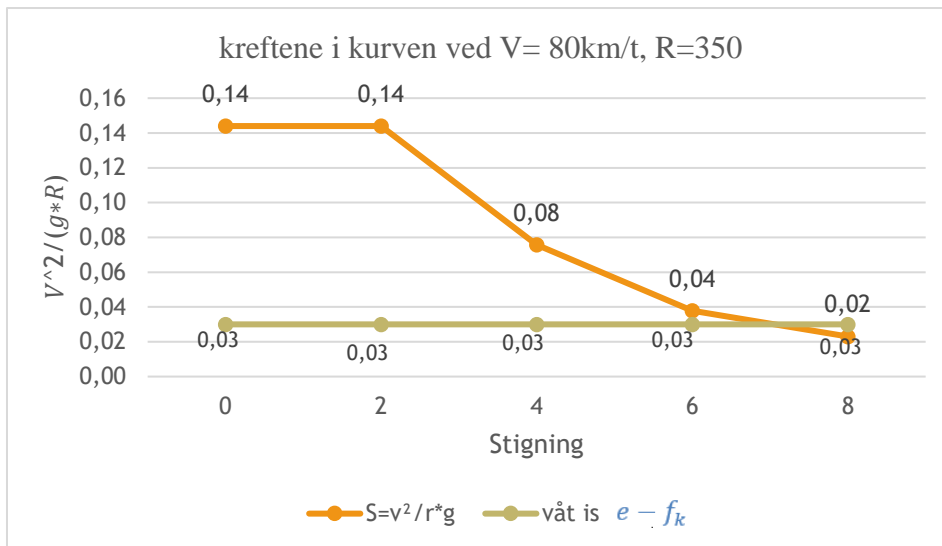
Utrykket for en ikke skal skli innover er gitt ved $e - f_k \leq V^2/127 \cdot R$



Figur 55: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

I figuren (55) har benyttet R=250, e= 8% og $f_k = 0,05$

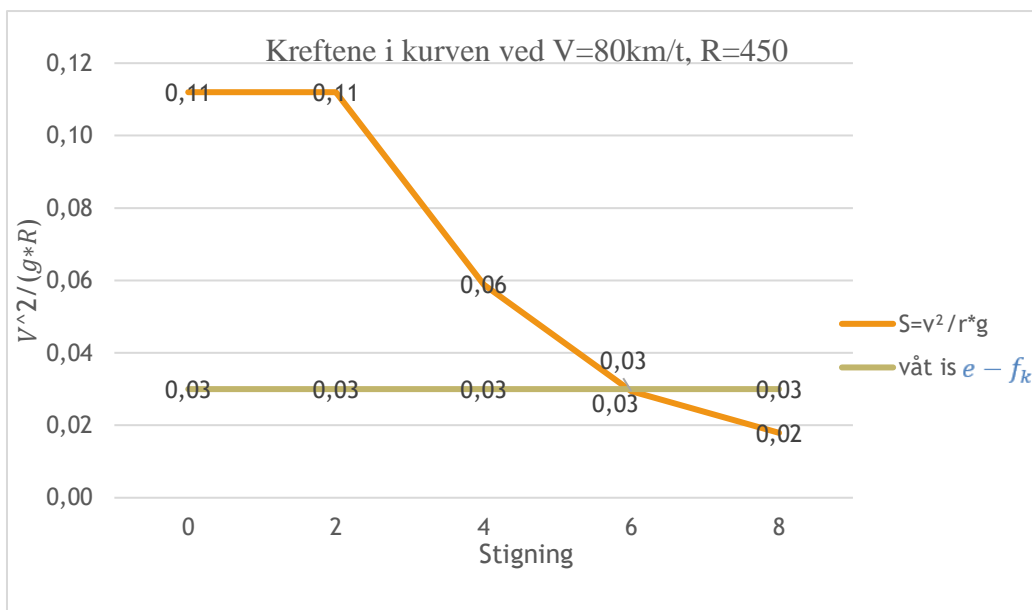
Ut fra figuren kan man se at sentrifugalkraften er større enn e-fk og det ikke er noen farlig før det kommer til stigning 8 % her.



Figur 56: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

Det har benyttet R=350, e= 8% og $f_k = 0,05$ her.

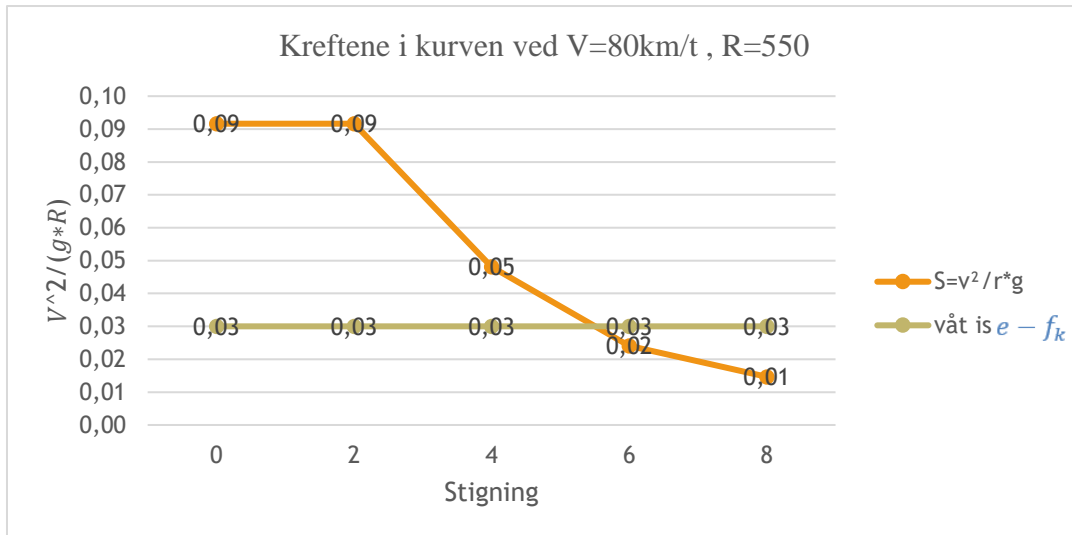
Ut ifra figuren (56) kan man se at størrelsen på sentrifugalkraften blir mindre enn $e - f_k$ ved ca. stigning 7. Det betyr at det er faren for å skje



Figur 57: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

Størrelsen på sentrifugalkraften blir enda mindre med et større horisontalradius.

Faren for glidning innover i kurven kan starte ved stigning 6 i dette tilfellet. Ved stigning 6 er farten bare 35 km/t og den valgte horisontalradius i kurven er 450 m. Her kan man studere at glidning innover i kurven kan skje ved liten fart og større horisontalradius radius

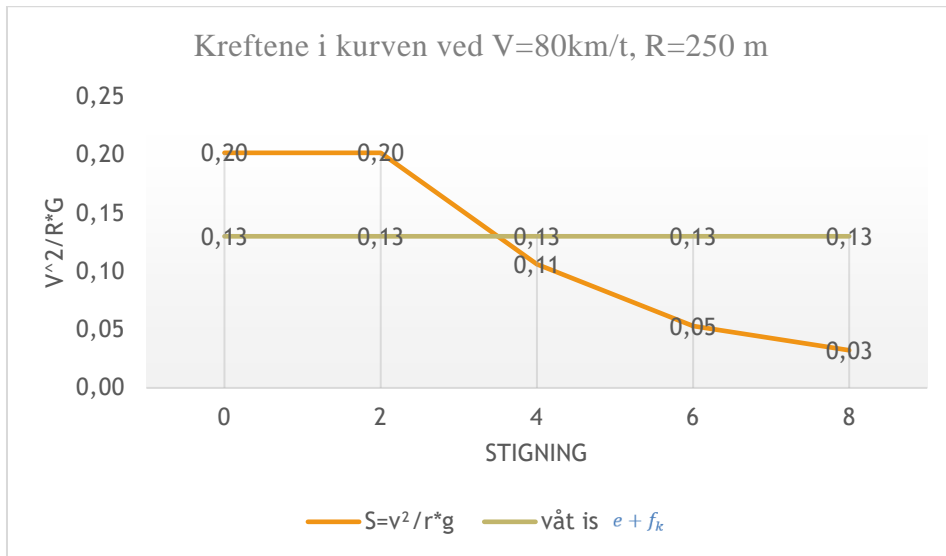


Figur 58: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

Ved radius 550 m blir sentrifugalkraften enda mindre enn $e - f_k$ og det økes sjanse for å skje glidning innover i kurven. Faren for glidning innover i kurven økes med større horisontalradius og liten fart.

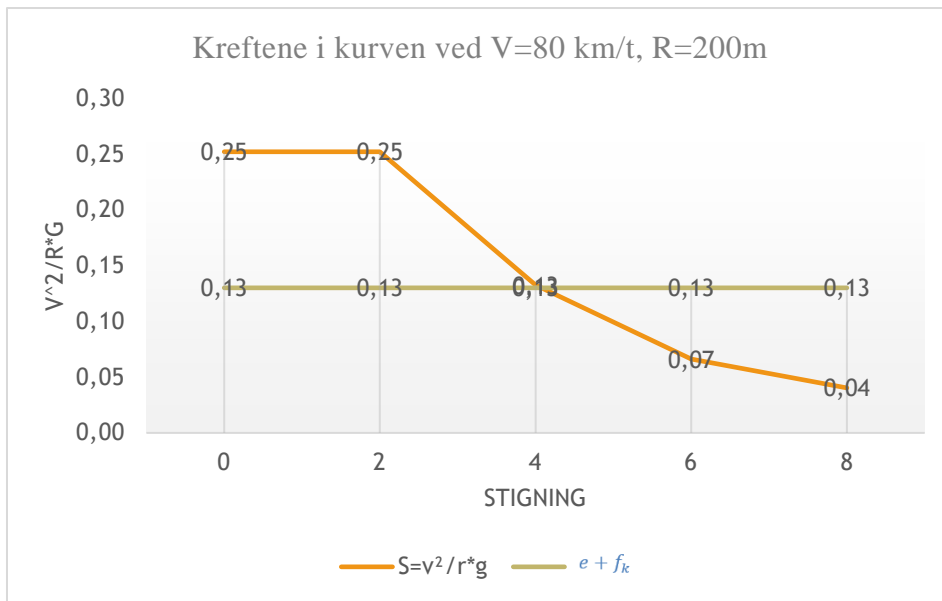
4.1.5 Realistisk situasjon for Glidning utover i kurven

$$e + f_k \geq V^2/127 \cdot R$$



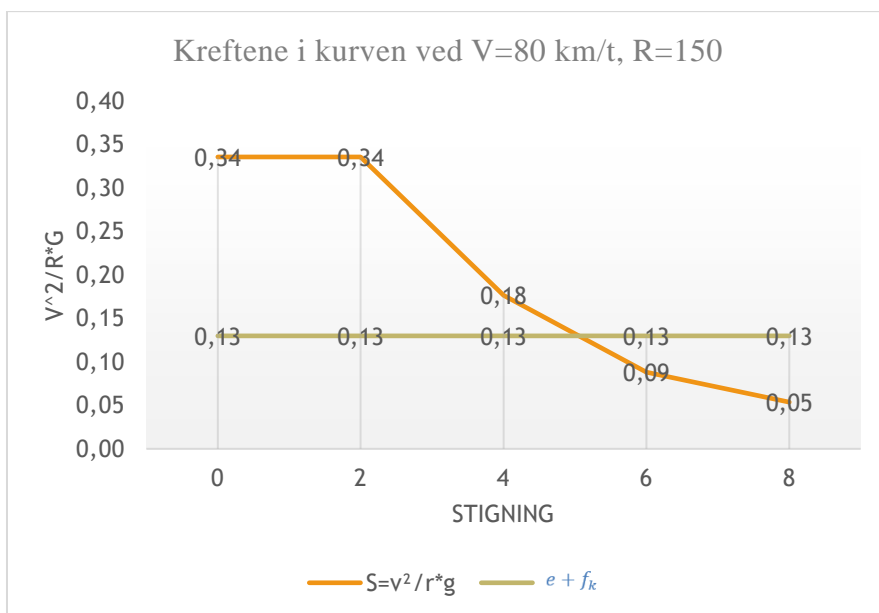
Figur 59: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

I figuren 59 ovenfor har benyttet $R_h=250$ og Her vil studere hvordan påvirker horisontalradius for glidning utover i kurven ved fartsgrensen 80 km/t og $e= 8\%$. Her blir $\frac{V^2}{g \cdot R}$ større enn $e + f_k$ mellom stigning 0-3. Men kreftene blir mindre med bratte stigning. Dette viser seg at glidning utover i kurven kan skje ved stor fart og liten horisontalradius.

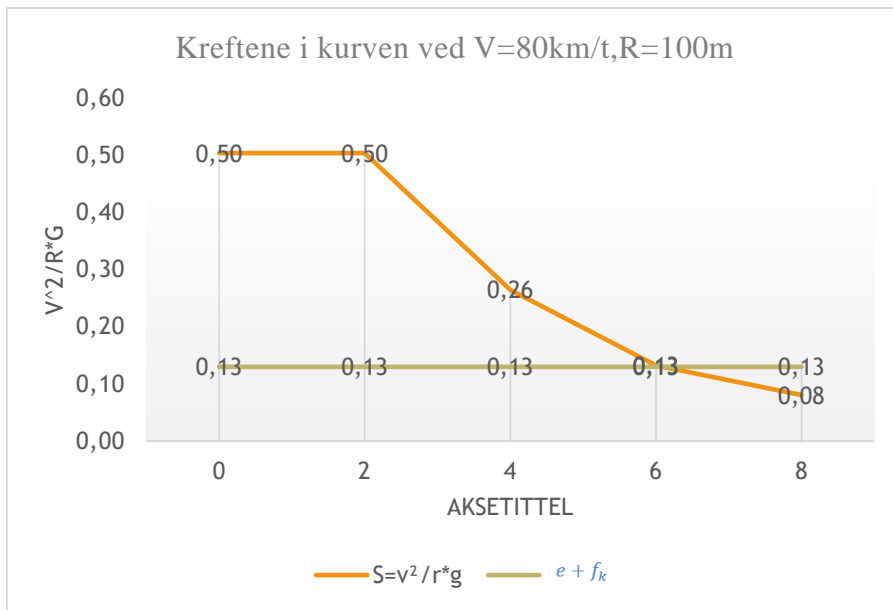


Figur 60: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning

Her er det valgt å bruke horisontalradius 200 m på en 80 km/t veg. Resultatet viser seg at $\frac{v^2}{g \cdot R}$ blir større enn $(e+f_k)$ mellom stigning 0-4. Mellom stigning 4-8 er det ikke noe fare for glidning utover i kurven.



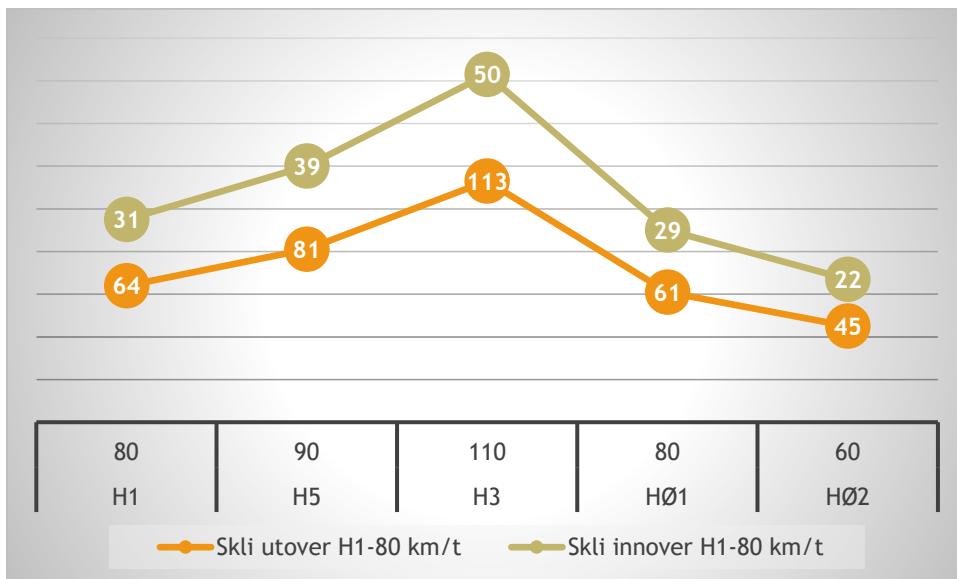
Figur 61: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.



Figur 62: Sammenhengen mellom kreftene i kurver med stigning.

Det har benyttet radius 100 og $\frac{v^2}{g \cdot R}$ bli større enn $e + f_k$ fra 0-6 % stigning. Etter det har beregnet med forskjellige horisontal radius i kurven, fant det ut at glidning utover i kurven kan skje når farten er høyt og horisontalradius er liten.

4.1.6 Sammenhengen mellom kjørefarten i en kurve og faren for å skli utover/innover



Figur 63: Sammenhengen mellom kjørefarten i en kurve og faren for å skli utover/innover.

Ved kjøring på vinters forhold kan friksjons på vejen endres betydelig i forhold til dimensjoneringsforutsetningene om det er våt eller bar vegbane.

Ved en sidefriksjonsfaktor på 0,05, kan en bestemme ved hvilke fart en kjøre gjennom svingen uten at en sklir utover eller innover i kjørebanelen.

På figuren (63) har sammenlignet H1, H5, H3, HØ1, og HØ2 veger for å sjekke om hvilke fart en kan kjøre gjennom kurven uten det skjer glidning innover eller utover i kurven.

For H1- vegen vil en med en hastighet større enn 64.2 km/t sklir utover i kurven, mens en ved hastighet mindre enn 30.8 km/t, vil sklir innover mot kurvesenteret.

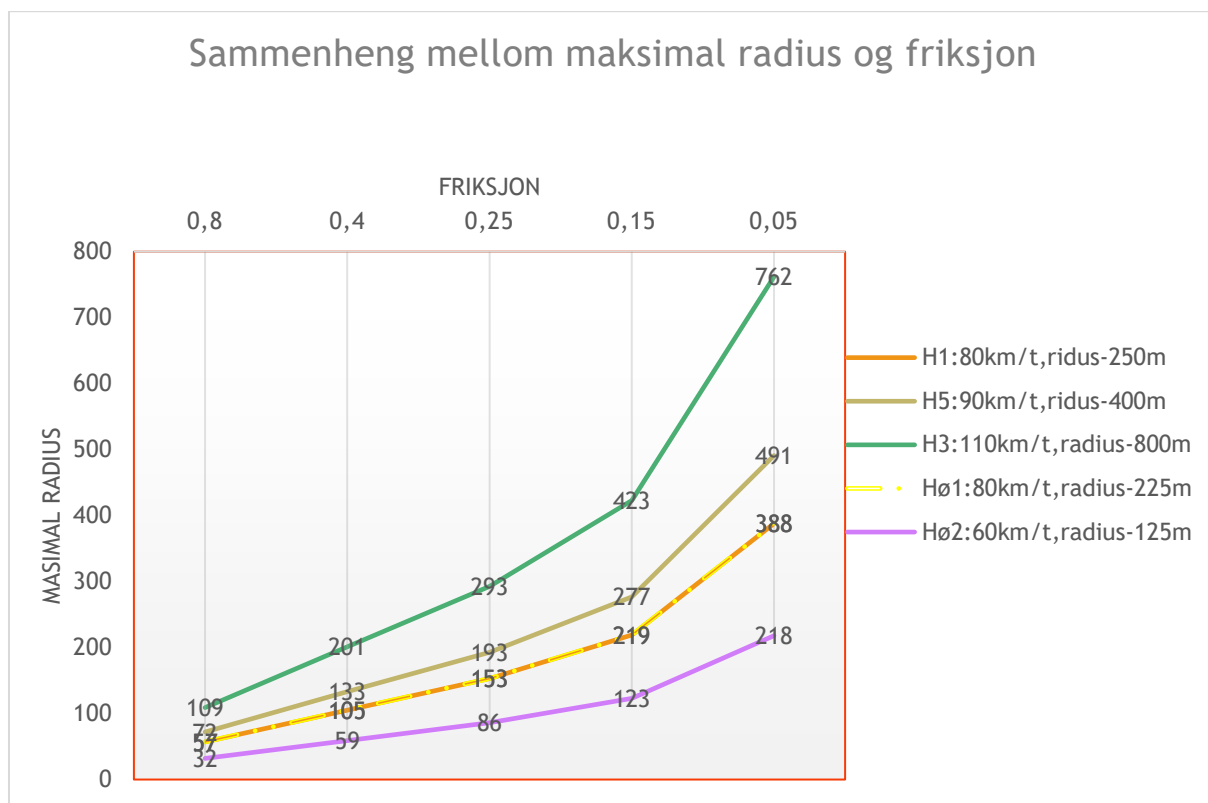
For H5-vegen vil en med en hastighet større enn 81 km/t sklir utover i kurven, mens en ved hastighet mindre enn 39 km/t, vil sklir innover mot kurvesenteret.

For H3-vegen vil en med en hastighet større enn 113 km/t sklir utover i kurven, mens en ved hastighet mindre enn 50 km/t, vil sklir innover mot kurvesenteret.

For HØ1-vegen vil en med en hastighet større enn 61 km/t sklir utover i kurven, mens en ved hastighet mindre enn 29 km/t, vil sklir innover mot kurvesenteret.

For HØ2-vegen vil en med en hastighet større enn 45 km/t sklir utover i kurven, mens en ved hastighet mindre enn 22 km/t, vil sklir innover mot kurvesenteret.

4.1.7 Sammenheng mellom maksimal radius og friksjon



Figur 64: Sammenheng mellom maksimal radius og friksjon

Figuren (64) viser verdier av R_h som trengs å bygge i kurven ved forskjellige føreforhold på veien.

Her er jeg brukt formelen fra Håndbok N100 for å beregne det minste horisontalradius det trengs å kjøre i kurven ved ulike sidefriksjonskoeffisient.

Ut fra figuren 64 kan man tolke at horisontalradius som trengs å bygge i kurven for Hø2 vegklassen når friksjon er (0,05), er 218 m. Standardkrav som satt opp i dimensjoneringsgrunnlag for Hø2-vegen, er 125 m. Det betyr at i realiteten vil dette føre til velt i kurven når føreforhold på veien er dårlig. Det er sammen med vegklassen Hø1 som trengs minimum 388 m horisontalradius ved friksjon 0,05. Kravet for min. Horisontalradius i Håndbok N100 (2019) for vegklasser Hø1, Hø2, og H1 er liten med tanken på kjøring i kurven ved iste veger.

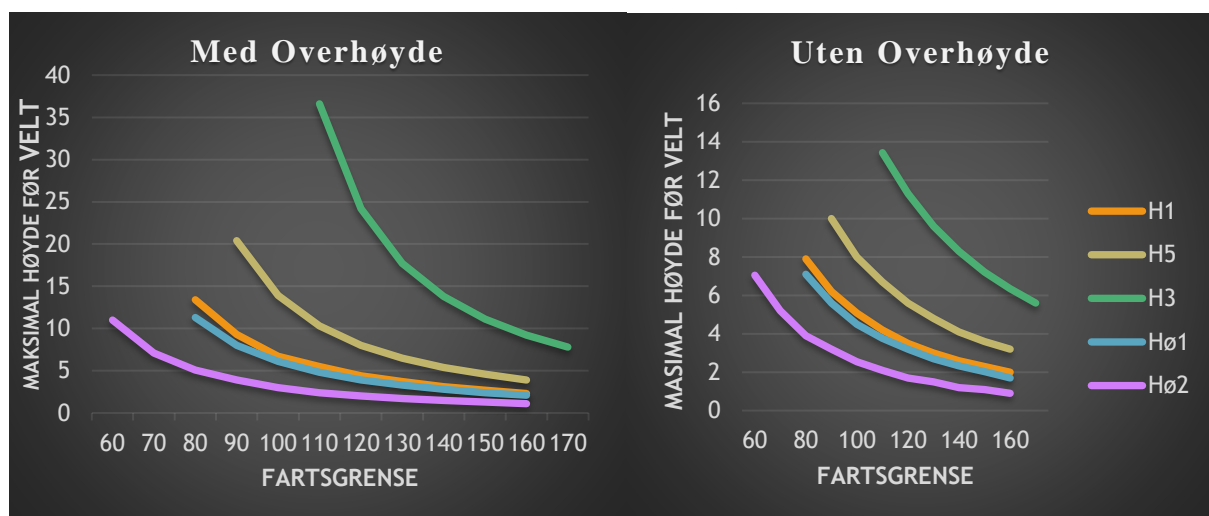
For H3-vegklassen trengs en horisontalradius på 762 m når friksjon er 0,05. Det som satt opp i dimensjoneringsgrunnlag for H3-vegen er 800 m. Her ser jeg at det vil være trygd å kjøre i denne veien ved forskjellige føreforhold.

4.1.8 Sammenheng mellom maks høyde før velt og fart

Litteratur omtalt i kapittel 2.6.8 indikerer at det største risikofaktoren for velt er et høyt tyngdepunkt i situasjoner med sideakselerasjon.

Figuren under støtter opp om dette. Disse viser hvordan fart (før velt) varierer med høyden. Dersom kjøretøyets tyngdepunkt blir høyere, vil farten her bli mindre. Det betyr at stabiliteten blir dårligere.

Sammenheng mellom maks. høyde før velt og fart med overhøyde og utenoverhøyde.



Figur 65 Sammenheng mellom maks. høyde før velt og fart med overhøyde for lastebil og

Figur 66 Sammenheng mellom maks. høyde før velt og fart med utenoverhøyde for lastebil

Hendry i sin rapport utalte at maksimal høyde for tyngdepunkt til tungekjøretøy kan være opp til 2,66 m. Ut ifra de to figurer ovenfor kan man se at maksimal høyden for tungekjøretøy før velt blir mindre når farten blir høyere. (Hendry,2002)

Hvis vi antar at tyngdepunkt er på 2,2 m, har Hø2 veg mulighet til å velte ved fart 110 km/t hvor det maksimal farten før velt er H= 2,2.

Det betyr at sjans for å skje velt i kurven øker når farten blir høyere. Dette stemmer med litteratur om et høyre tyngdepunkt som kan føre til velt og økt hastighet er forbundet med flere ulykker.

Her undersøkes og ser også på sammenheng mellom maksimal høyde før velt og fart uten overhøyde. Dette viser at maksimal høyde før velt blir enda lavere uten overhøyde. Det betyr at det er enda større sjans for å skje ulykke når det er ikke nok overhøyde eller uriktig overhøyde i kurven.

4.2 Resultater for problemstilling 2

Dette kapittel presenteres resultater av problemstilling 2 i oppgaven, hvor målet var å finne om sammenheng mellom hastighet og kurvevinkelen. Resultater fremstilles i form av 2D og 3D figurer ved bruk av lineære modeller.

4.2.1 Presentasjon av resultater

Analysen startert med å bygge opp forskjellige lineære modeller for å finne ut om variable er avhengige av hverandre.

Fartsgrensen som har benyttet i analysen er 80 km/t, 90 km/t , 100 km/t og 110 km/t.

Det var få målestasjoner for hastighet 90 km/t, 100km/t og 110 km/t derfor regresjonsmodellen for disse hastighet fremstilte seg ikke å være statiske signifikant. Dette kan hende pga disse har høyere verdi på horisontalradius.

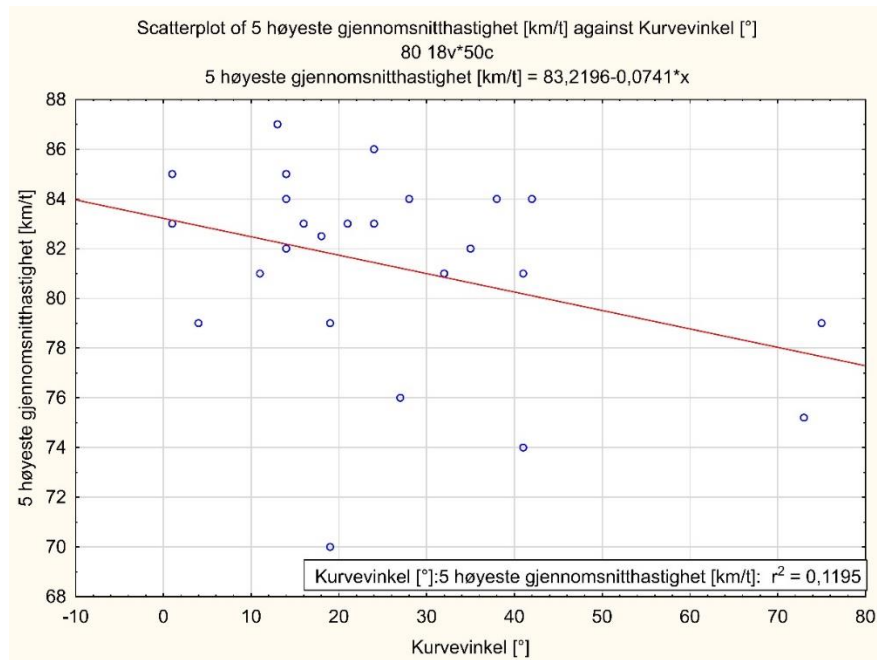
Som det første starter regresjonsanalysen med å diffirensier variablene mellom uavhenging og avhengige.

En av 6 hastighet parametene (gjennomsnittshastighet av 5 høyeste fartsgrense (kmt/) og 85 % fraktil og 95 % fraktil av dem, og, gjennomsnittshastighet av alle forskjellige fartsgrenser og 85 % fraktil og 95 % fraktil av dem) blir en avhengig variable i alle modellene. Resten av parameterne (Rh, ÅDT, Kurvevinkel, nabokurve, antall ulykker per siste 10 år) er uavhengige variablene (x_1 , x_2).

4.2.2 Sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet

Resultatet presenteres i form av 2D når det er bare en uavhengig variabel.

Figuren 67 fremstiller 2D-figur av resultatet for 5 høyeste gjennomsnittshastighet (km/t) FOR V80 og kurvelvinkel i lineær sammenheng.



Figur 67: 5 høyeste gjennomsnittshastighet og kurvevinkel i lineær sammenheng

Figuren 67 viser scatteplott av 5 høyeste gjennomsnittshastighet og kurvevinkelen.

Styrken av forholdet mellom to variabler er vist ved hvor nær punktene er til hverandre.

I dette tilfellet ligger punktskyene litt spredt fra rød linje fordi det var ikke mange målestasjoner som har satt opp ved krappe kurve i landet.

Men ved ser på figuren kan man tolke at det er god korrelasjon mellom 5 høyeste gjennomsnittshastighet og kurvevinkelen. Ved økende kurvevinkel, minker hastighet av 5 høyeste gjennomsnittlig hastighet. Hvor myes den minkes har beskrevet av formen nedenfor.

$$5 \text{ høyeste gjennomsnittshastighet (km/t)} = 83,2196 - 0,074 * x$$

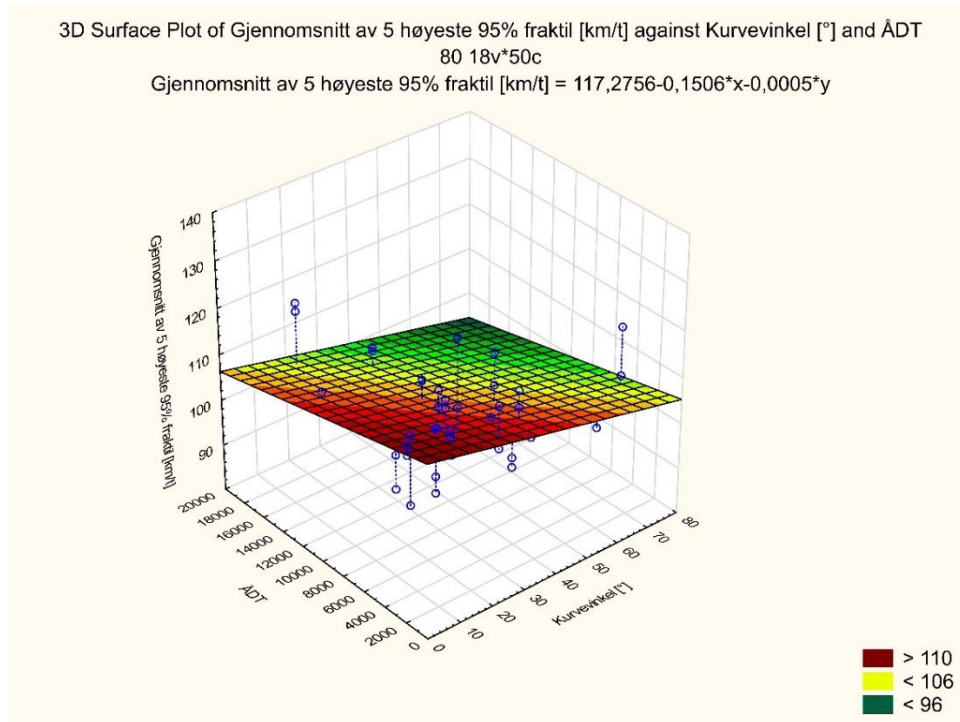
x= kurvevinkel

De neste variablene som viser seg å være korrelasjon, er mellom avhengig variabel (gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil) og uavhengig variabler (kurvelvinkel og ÅDT).

Parameter Estimates (80)										
Sigma-restricted parameterization										
Effect	Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t] Param.	Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t] Std Err	Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t] t	Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t] p	-95.00% Cnf.Lmt	+95.00% Cnf.Lmt	Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t] Beta (β)	Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t] St.Err.β	-95.00% Cnf.Lmt	+95.00% Cnf.Lmt
Intercept	117.2756	2.125127	55.18525	0.000000	113.0004	121.5508				
Kurvevinkel [°]	-0.1506	0.058873	-2.55760	0.013825	-0.2690	-0.0321	-0.327537	0.128064	-0.585169	-0.069905
ÅDT	-0.0005	0.000215	-2.55474	0.013925	-0.0010	-0.0001	-0.327171	0.128064	-0.584803	-0.069539

Figur 68: Parameter Estimatas for lineær modell hvor 5 høyeste gjennomsnittshastighet som avhengig variable og kurvelvinkel som uavhengig variabler.

Når det er mer enn en uavhengig variable, kan resultater fremstilles i form av 3D-figur.



Figur 69: GLM modellen i form av 3D-som viser sammenheng mellom fart, ÅDT og kurvelvinkel.

Figuren 69 viser seg at det fant en korrelasjon mellom gjennomsnitt av 5 høyeste hastighet av 95%(km/t), kurvelvinkel og ÅDT. Ut ifra 3D-figuren kan man se at den avhengige variabelen har god korrelasjon med ÅDT og kurvelvinkelen.

Punktene i figuren 69 forteller at farten synker med økende kurvelvinkel og farten er høyere ved lavere ÅDT.

Resultater fremstilles i form av $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$

Effect	Parameter Estimates (80) Sigma-restricted parameterization Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t] Param.
Intercept	117,2756
Kurvevinkel [°]	-0,1506
ÅDT	-0,0005

Figur 70: Modulerte resultater av 5 høyeste 95 % fraktil for V80

hvor $a = 5$ høyeste 95% gjennomsnittshastighet. Ved putting av verdiene i formelen, vil formen være slik:

Gjennomsnitt av 5 høyeste 95 % fraktil (km/t) $a = 117,2756 - 0,1506\text{kurvevinkel} - 0,005\text{ÅDT}$.

3D modellen kun viser korrelasjon mellom variablene hvor det kan studere hvordan avhengige og uavhengige variablene utvikler seg sammen.

Lineære modeller fremstilles et interessant resultat som viser korrelasjon mellom hastighet og kurvevinkel, som har betydning for lengde av kurveradius ved kjøring i kurven.

Derimot viser studiet at faren blir høyere ved lavere ÅDT. Dette høres riktig ut da folk kjøre fortere når det er lite kapasitet i trafikken.

5 Oppsummering

Glidning innover i kurven

Det har studiet sammenheng mellom kreftene i kurven med stigning.

Ut fra studiet fant det ut at det kan skje glidning innover i kurven med et høyere stigning.

Farten blir mindre når stigning økes og det økes sjanse for å skje glidning innover i kurven.

Resultatene viser at det er sammenheng mellom teori og beregninger som har gjort.

Ut fra figuren 45 på resultatdelen, kan man se at H5-vegen kommer på grense ved en stigning på 6% og da kan kjøretøyet begynne å gli innover i kurven

Ved å sammenligne kreftene i kurven for H1, H5, Hø1 og Hø2, fant det ut at det er Hø2 - vegen er det minste farlig vegen å velte i kurven for å skje glidning innover i kurven.

Derimot har H5-vegen største sjanse.

H5 har fartsgrensen 90 km/t og horisontalradius (400m) og Hø2 har bare fartsgrensen 60 km/t og horisontalradius (125 m).

Fra dette studiet kan man lære at glidning innover i kurven kan skje når det er kombinasjon med høy fart og stor horisontalradius.

Glidning utover i kurven

Her undersøkte om når kan skje glidning utover i kurven med overhøyde og uten overhøyde.

Det viste seg om glidning utover i kurven kan skje med et høyere fart, både med overhøyde og uten overhøyde. Det er større sjanse for å skje glidning utover i kurven uten overhøyde.

Glidning utover i kurven kan starte ved stigning 0-6 % for Hø2-vegen med overhøyde og uten overhøyde vil skje fra stigning 0 til over 8 %.

Her er Hø2 vegen største sjanse for å skje glidning utover i kurven som har det minste horisontalradius (125 m) av alle veger og H5 har minste sjansen som har horisontalradius 400m .

Fra dette studiet kan man lærere at glidning utover i kurven kan skje når kjørefart er lav og horisontalradius er liten.

Realistisk situasjon utenfor tettbygden strøk

Her studerte jeg på glidning innover i kurven og glidning utover i kurven ved bruk av forskjellige horisontalradius på formelen.

Ut fra analysen fant det ut at glidning innover i kurven kan skje ved større horisontalradius enn minimumskrav for H1-vegen i Håndbok N100.

Glidning utover i kurven kan skje med mindre horisontalradius som er lavere enn minimumskrav for H1-vegen i Håndbok N100.

Undersøkelsen av glidning innover i kurven viste at ved stigning 6 %, kommer krefter på grensen. Der er farten er bare 35 km/t og den valgte horisontalradius i kurven er 450 m. Her kan man studere at glidning innover i kurven kan skje ved mindre fart og større radius. Derimot kan glidning utover i kurven kan skje med en horisontalradius på $R=100$ m ved stigning 6 %.

I dette tilfellet vil ulykken alltid skje når sidefriksjon er mindre enn overhøyde.

Glidning utover i kurven kan skje ved slakere stigning, større fart og mindre horisontalradius. Overhøyde har stor betydning for å skje glidning utover i kurven. Derimot har overhøyde ikke stor betydning for å skje glidning innover i kurven. Glidning innover i kurver kan skje ved bratte stigning, mindre fart og større horisontalradius.

Sammenheng mellom ulykker og fart

Det har beregnet maksimal farten en kan kjøre før det kan skje glidning innover og utover i kurven ved bruk av formelen.

I formelen har benyttet maksimal overhøyde, minimum horisontalradius og friksjonskoeffisient på 0,05. Resultatene viser at på H1-veg som har fartsgrensen 80 km/t kan glidning utover i kurven skje hvis en kjøre fortere enn 64 km/t og på H5-vegen som har fartsgrensen 90 km/t kan glidning utover i kurven skje hvis en kjøre fortere enn 81 km/t. Det vi si at det er 20 % sjanse for H1-vegen, 10 % sjanse for H5-vegen, 23 % for Hø1-vegen, 25 % for Hø2 vegen. for å skje glidning utover i kurven.

For å skje glidning innover i kurven er 61 % sjanse for H1 vegen, 56% sjanse for H5-vegen, 54 % sjanse for H3-vegen, 63 % for Hø1 Vegen og 62 % for Hø2 vegen. Sjanse for å skje glidning innover i kurven er enda større fordi det kan skje ved lav fart.

Sammenheng mellom høyde før velt og fart

Det er mange faktorer som kan føre til velt i kurven.

I denne oppgaven undersøkes om sammenheng mellom fart og tyngdepunkt på kjøretøyet.

Ut fra studiet fant det ut at økning i hastighet kan føre til tyngdepunkt på kjøretøy blir lavere og det økes sjanse for å skje velt i kurven.

For eksempel på Hø2 vegen som har fartsgrensen 60 km/t, kan velt i kurven skje hvis kjøretøyet målet til et tyngdepunkt på 2,2 m ved en hastighet på 110 km/t. På H1-vegen kan skje velt i kuren hvis en tungekjøretøy oppnå til tyngdepunkt på 2,1 ved en hastighet på 160 km/t. Resultatet tyder på det økes sjanse for å skje velt i kurven ved økning i hastighet.

Sammenheng mellom Radius og friksjon

Det har beregnet maksimal radius som trenges å kjøre i kurven ved ulike føreforhold.

Studiet viste seg at horisontalradius som trenges å bygge i kurven økes med et dårlig føreforhold. Når det er lav friksjon på vegen, trenges enda større horisontalradius for vegklasser Hø1, Hø2, og H1 enn kravet fra N100 (2019).

Studiet som er gjort av Assum og Sørensen i 2010 viste seg at glattføre er av en av den største risikofaktoren som kan medvirke til en ulykke.

Sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet

For å oppsummere resultatene av det som har analysert i lineære modeller, vil sammenlignes verdi av R kvadrat for variabler som viser å ha korrelasjon.

I figuren 71 nedenfor har samlet seg verdi av R kvadrat i en tabell og vil sammenlignes om hvilke av dem er mest signifikant. Ifølge figuren 71, kan man se at sammenheng mellom 5 høyeste 95 % fraktil, kurvelvinkel og ÅDT, har høyest R kvadrat verdi. Det betyr at det finnes mer korrelasjon mellom disse variablene. Korrelasjonskoeffisienten er $r^2 = 0,24$ og det betyr at det er 24 % i variasjon.

Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (80)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
5 høyeste gjennomsnittshastighet [km/t]	0,345706	0,119513	0,101169	92,62684	1	92,62684	682,4100	48	14,21687	6,515275	0,013931

Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (80)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t]	0,492519	0,242575	0,210344	864,9431	2	432,4716	2700,737	47	57,46249	7,526155	0,001460

Avhengig variablene (80 km/t)	Uavhengige variabler	R kvadrat
5 høyeste gjennomsnittshastighet	kurvelvinkel	0,11
5 høyeste 95 % fraktil	Kurvevinkel + ÅDT	0,24

Figur 71: sammenlignes av R kvadrat verdi mellom avhengige og uavhengige verdi

Dessuten har lineære modeller vist at det er sammenheng mellom kurvevinkel og hastighet. Resultater av ut ifra lineære modeller tyder på at jo større kurvevinkel er, jo lavere farten blir. Det er et interessant resultat som viser korrelasjon mellom hastighet og kurvevinkel, som har betydning for lengde av kurveradius ved kjøring i kurven.

6 Diskusjon

Dette kapitlet diskuteres og tolkes resultatene fra analysen. Noen feilkilder som kan bidra til usikkerhet og påvirke analyseresultatene blir nevnt i tolkningen.

Problemstilling 1

I analysen ble det funnet at glidning utover i kurven kan skje både med overhøyde og uten overhøyde.

Glidning innover i kurven kan skje når sidefriksjon er større enn overhøyde.

Resultatene tyder på at ulykker i kurven kan skje både ved krappe og slake kurver.

Det ble også funnet sammenhenger ved kreftene i kurven og horisontalkurvatur på strekninger med fartsgrense 80 km/t.

Kurvene som hadde mindre horisontalradius enn kravet, kan føre til glidning utover i kurven. Glidning innover i kurven kan skje ved større horisontalradius enn minste dimensjonerende horisontalradius.

Når det gjelder med velt i kurven, er mange faktorer som kan føre til å skje ulykken.

Ut fra studiet fant det ut at økning i hastighet kan føre til tyngdepunkt på kjøretøy blir lavere og det økes sjanse for å skje velt i kurven.

Ut fra studiet om sammenheng mellom hastighet og faren for å skli inn/ut i kurven, fant det ut at på en H1-veg som har fartsgrense 80 km/t kan ikke kjøre mer enn 64 km/t for å hindre glidning utover i kurven og kan ikke kjøre mindre enn 31 km/t for at det ikke skulle skje glidning innover i kurven.

På Hø2-vegklassen ved V60 km/t er glidning utover i kurven vil skje når man kjøre fortere enn 45 km/t. Det er også sammen situasjon for Hø1-vegklassen ved V80 km/t, er faren å skje glidning utover i kurven starte ved V61 km/t og glidning innover i kurven vil skje når farten er mindre enn 29 km/t.

Det er litt ulogisk i dette tilfellet fordi de fleste litteraturene tyder på at ulykker skjer ved høy fart og ikke lavt fart. Fra dette studiet kan man lære at lavt fart kan føre til glidning innover i kurven.

Etter det har gjort undersøkelsen av grunnparametre i kurven, har funnet ut at vegklassene Hø1, Hø2, og H1 står i fare med tanken på kjøring i iste veger med lavere horisontalradius enn det som er satt opp i Håndbok N100 (2019).

Forutsetninger for de geometriske kravene i håndbok har ikke tatt hensyn til kjøring i kurven, og kjøring i iste veger. Men rapporter, undersøkelser og litteraturstudier utalte om ulykker skjer i kurven når friksjon er lavt

Problemstilling 2

Poenget med denne analysen er å finne korrelasjon mellom avhengig og uavhengig variabler som hittil har vært benyttet for å beskrive sammenhengen mellom fart og kurvevinkel.

Ved bruk av Spearman rank er det prøvd å finne om det faktisk er sammenheng mellom variablene. Ut ifra verdier på analysen, fant det ut at hvor det lar seg bygge en lineær modell i form av 2D og 3D er bare for sammenheng mellom 5 høyeste gjennomsnitt hastighet og kurvevinkel, og sammenheng mellom kurvevinkel, ÅDT og 95% fraktil av 5 høyeste hastighet.

Resultater fra lineære modeller tyder på at jo høyere kurvevinkel, desto lavere er hastighet. Men dette betyr naturligvis ikke at det vil redusere trafikkulykker. Studiet viser seg bare korrelasjon mellom fart og kurvevinkelen.

De modellene som er bygd opp i lineær modellen viser at farten avtar med økende kurvevinkel. Dette gir sammen resultat som studiet som er gjort av Lam i 1989.

Mine modeller ga statistiske signifikant resultater bare for de mest ekstremale parameterne. Dessuten ser jeg at verdi av R kvadrat er lavt og resultatet viser seg svakt, særlig for gjennomsnitt av 5 høyeste hastighet. Det kan være flere faktorer som kan påvirker resultater.

Dette kan skyldes til begrenset antall målestasjoner i Norge. Analysen kan gir mer omfatninger resultater hvis det i framtiden etablere flere målestasjoner.

Studiet har basert på data fra begrenset målestasjoner for bare tilfeldig 2 døgn, ÅDT og Rh som er hentet fra NVDB og Kurvevinkel som har målt ut ifra kartet.

Det vil være mange usikkerheter i disse dataene som kunne føre til at det ikke har gitt gode resultater her.

7. Konklusjon

Gjennom oppgaven har jeg prøvd å få svar på disse spørsmålene:

1. Hva er konsekvensene ved å bruke grenseverdier på alle kritiske parametere fra Håndbok N100 (2019), med fokuserer på maks. stigning, min. horisontalradius, overhøyde, friksjon og fart ved kjøring i kurven?
 3. Hvilken betydning har kurvevinkel i forhold til trafikksikkerhet?
1. I oppgaven har sett på krefter som virker i kurven ved brukt av grenseverdier fra Håndbok N100(2019). Det viser seg at glidning innover i kurven kan skje med en økning i stigning, for eksempel $s=8\%$ på H1-vegen. I realiteten er denne situasjon med $s=8\%$ lite sannsynlig på norske veier. Ut ifra Normalen Håndbok N100 har både H5 og H1 maksimal stigning 6% . Faren for å skje glidning innover i kurven vil ikke skje før det er over 6% stigning for H5-vegen. Det er sammen med resten av vegklasser. Det betyr at maksimale stigning som er satt opp for de fem vegklasser i Håndbok N100 er innenfor sikkerhet marginen.

Når det gjelder med glidning utover i kurven, er sjanse for å skje trafikkulykken økes med et lavere horisontalradius. Når Hø2 vegen har det minste horisontalradius blant resten av vegklasser, er sjanse for å skje glidning utover i kurven er størst for denne vegklassen.

Realistiske situasjoner utenfor tettbygde strøk ble også undersøkt ved å benytte forskjellige horisontalradier og finner om de eventuelt medførte glidning innover respektivt utover i kurven.

Disse analysene viste at glidning innover i kurven kan skje ved større horisontalradius enn minimumskravet for H1-vegen i N100, og glidning utover i kurven kan skje ved mindre horisontalradius enn minimumskravet for H1-vegen i N100.

Glidning innover i kurver kan skje ved brattere stigning, mindre fart og større horisontalradius.

Glidning utover i kurven kan skje ved slakere stigning, større fart og mindre horisontalradius. Overhøyden har stor betydning her. Ved for liten overhøyde, er det sannsynlig at sidefriksjonen blir for liten til at en ulykke kan skje.

Vegklassene H1, H5, H3, Hø1 og Hø2 har benyttet i analysen for å finne ut om kravet for disse vegklassene er god nok. Ut ifra resultater tyder på at det ikke er noen fare for vegklasser H1 og H5. Men vegklassene Hø1, Hø2, og H1 står i fare med tanken på kjøring i ister veger med lavere horisontalradius enn det som er satt opp i Håndbok N100 (2019).

2. Analysen mellom kurvevinkel og hastighet viser en betydelig sammenheng. Alle modellene som er bygd opp i lineærmodellen viser at farten avtar med økende kurvevinkel. Dette kan reflektere igjen med rapporten som er skrevet av Lam i 1987. Det skjer ganske mange ulykker i kurven og fart er en av årsaken bak disse ulykker. Studiet viser seg at kurvevinkel øker med minkende hastighet. I dette situasjon kan man ikke tolke som at større kurvevinkel er bra for trafikksikkerhet. Dette vil være feil tolkning. I forhold til målsetting av analysen i utgangspunktet, er å finne sammenheng mellom fart og kurvevinkel. Bruk av riktig kurvevinkel er viktig med tanke på trafikksikkerhet. Men kurvevinkel er glemt i dagens vegnormaler. Som en vegplanlegger mener jeg at det er viktig å ha nok lengde på horisontalradius i kurven og stor endring i kurvevinkel kan føre til farlige trafikksituasjoner.

En kombinasjon av kort kurvelengde og stor vinkelendring kan skape en trafikkfarlig sving som kan føre til trafikkulykker. Resultater fremstilte korrelasjon mellom hastighet og kurvevinkel, som har betydning for lengde av kurveradius ved kjøring i kurven.

8. Anbefaling

Det er uklart for flere brukere av N100 om kravet til overhøyde er et eksakt krav eller et maksimumkrav. Andre land har mindre verdi på maksimal overhøyde. Det er viktig å presisere dette og eventuelt tenke på å innføre minimumsverdier for overhøyde i tillegg til dagens krav. Denne oppgaven kan være et behjelpelig grunnlag.

Derimot kan glidning utover i kurven skje ved alle stigningsnivå når horisontalradius er liten. I forhold til Håndbok N100(2019), er horisontalradius(125m) for Hø2 liten. Her vil jeg anbefale å øke horisontalradiusen for Hø2.

Forutsetninger for de geometriske kravene i håndbok har ikke tatt hensyn til kjører i kurven og kjører i iste veger. Men rapporter, undersøkelser og litteraturstudier utalte om ulykker skjer i kurven når friksjon er lavt. Mine studier tyder også på at ulykkesrisikoen på snø og iste veger er større enn for tørre og bare vegen. Derfor mener jeg at det er viktig å ta forutsetning om kjører i kurven og kjører i iste veger i dimensjoneringsgrunnlag for alle vegklassene. På den måten kan vi redusere en del trafikkulykker i kurven når det er glatt.

For etterforskning arbeid i framtida, vile det også være interessert å finne sammenheng mellom horisontalradius, kurvevinkel og hvordan disse kan påvirker trafiksikkerhet.

Når det gjelder med kurvevinkel, er det litt glemt i normalene i Norge om dagen. Det hadde vært anbefalinger om optimale kurvevinkel i normaler fra 70- og 80-tallet. Anbefalingene forsvant i utgaven av1993. Jeg vil anbefale å vurdere om å ta videre med kurvevinkel i dagens N100.

9. Referanseliste

- Amunden, Finn Harald, Raner, Guro og leite, Marit (1997). Trafikkulykker hvor vogntog er innblandet, TTS rapport 7/1997, Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- Assum, Terje, Sørensen, Michael Wøhlik Jæger (2010). Temaanalyse av 130 trafikkulykker med vogntog 2005-2008. Transportøkonomisk institutt Oslo.
- Aurstad, J. m. fl. (2011). Lærebok Drift og vedlikehold av veger, Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen. Vegteknologi. Vegdirektoratet
- Bogdashova, N. (2012). En studie av sammenhengen mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på vegnettet. Trondheim, NTNU.
- Bitzl, F. Investigations about Accident Causes-Influence of Different Factors. Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Vol. 15, 1961, pp. 106-108.
- Choueiri, Lamm, Kloeckner og Mailaender (1994) Cross Section and Alinement Design Issues. Transportation research record, National Academy Press, Washington, D.C. No.1445, 34-46.
- Christensen, P. & Ragnøy, A. (2006). Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet. Rapport 840/2006. Transportøkonomisk Institutt, Oslo.
- Dahlen, J. og Nonstad (2015) Lærebok – Drift og vedlikehold av veger. Rapportnr.: 365. Oslo/Trondheim, Statens vegvesen.
- European Road Safety Observatory (2006) Roads, retrieved March 5, 2007
- Elvik, R. & R. Muskaug (1994). Konsekvensanalyser og trafikksikkerhet. TØI Report 281. Transportøkonomisk Institutt, Oslo.
- Elvik, R., Erke A., Vaa T., Borger A. (2007). Trafikksikkerhetshåndboken. Transportøkonomisk Institutt, Oslo.
- Elvik, R., Christensen, P., Amundsen, A. (2004). Speed and road accidents. An evaluation of the power model. TØI report 740/2004, Institute of Transport Economics, Oslo
- Elvik, R., (2014). Fart og trafikksikkerhet. Nye Modeller. TØI Report 1296. Transportøkonomisk Institutt, Oslo.
- Elvik, R. (2009). The Power Model of the relationship between speed and road safety. Update and new estimates. Report 1034. Oslo, Institute of Transport Economics.
- Elvik, R (2002). Optimal speed limits: the limits of optimality models. Transportation Research Record, 1818, 32-38.

- Granlund, J. (2014). Lowered crash risk with banked curves designed for heavy trucks .
- Hovd, A. (2014) Horisontalkurvatur, Notat revidert, Institutt for Bygg, Anlegg og Transport, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Hovd, A. (2014) Vertikalkurvatur, Notat revidert, Institutt for Bygg, Anlegg og Transport, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Haakanes, I. & Ibrahim, R. (2013). Tyngdepunktets betydning for valg av overhøyde i norsk regelverk. Oslo and Akershus University College of Applied Sciences, Norway.
- Hvoslef, H. (1995). Ulykkesfrekvenser som foreslås benyttet i vegplanlegging for bruer og tunneler. Notat datert 5. januar 1995, Vegdirektoratet, Trafikksikkerhetskontoret.
- Høye, A. (red.) (2012) Trafikksikkerhetshåndboken. Oslo, TØI. Tilgjengelig fra: <https://tsh.toi.no> (Hentet: 11. januar 2018).
- Høye, A., Elvik, R., Sørensen, M.W.J. (2011). Trafikksikkerhetsvirkninger av tiltak. TØI rapport 1157/2011, Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- Hendry, B (2002) Stability and on-road performance of multi-combination vehicles with air suspension systems, Roaduser Systems Pty Ltd
- Haldorsen, (2013) Dybdeanalyser av døds-ulykker i vegtrafikken 2013
- Harwin, E. A. & Brewer, H. K. (1990). Analysis of the relationship between vehicle rollover stability and rollover risk using the NHTSA CARDfile accident database. *Journal of Traffic Medicine*, 18, 109-122.
- Hvorslef, H (1988) Traffic accidents and accident risk in the wintertime in Norway.
- Keall, M.D., Newstead, S. & Watson, L. (2006). Four-wheel drive vehicle crash involvement patterns. Research Report 06/05. Royal Automobile Club of Victoria.
- Krebs, H. G., and J. H. Kloeckner. Investigation of the Effects of Highway and Traffic Conditions Outside Built-Up Areas on Accident Rates. *Technical Journal: Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, Vol. 223, 1977.
- Kraay, J. H., M. P. Mathijssen & F. C. M. Wegman. (1984). Towards safer residential areas. Institute for Road Safety Research SWOV, Leidschendam.
- Krull, K. A., Khattak, A. J. & Council, F. M. (2000). Injury effects of rollovers and events sequence in single-vehicle crashes. *Transportation Research Record*, 1717, 46-54.
- Langeland, A og Phillips, O (2016) Tunge kjøretøy og trafikkulykker – Norge sammenlignet med andre land i Europa
- Lamm, R. og Choueiri, M (1987) A Design Procedure to Determine Critical Dissimilarities in Horizontal Alignment and Enhance Traffic Safety by Appropriate Low-Cost or High-Cost Projects.

- Muskaug, R. (1976A). Gatebruksplanen i Oslo. Erfaringer fra Ruseløkka/Skillebekk (forsøk 1). Oslo kommune, Byplankontoret, Gatebruksplangruppa, Oslo.
- Muskaug, R. (1976B). Gatebruksplanen i Oslo. Erfaringer fra Grünerløkka. Oslo kommune, Byplankontoret, Gatebruksplangruppa, Oslo.
- Muskaug, R. (1983A). Virkninger av gatetun i Oslo og Sandefjord. TØI-rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Muskaug, R. (1985). Risiko på norske riksveger. En analyse av risikoen for trafikkulykker med personskade på riks- og europaveger utenfor Oslo. avhengig av vegbredde, fartsgrense, trafikkmengde og avkjørselstettet. TØI-rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Nielsen, P. H. & Lahrmann, H. (2008). Forskønnede centrale bygader - den sikkerhedsmæssige effekt, Trafikdage, Aalborg Universitet.
- Nilsson, B., Vaa, T. (1991). *Salting og trafiksikkerhet. Forprosjekt. Rapport STF63 A91013.* SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim.
- Nilsson, G. 2004. Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety. Bulletin 221. Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Engineering, Lund
- Olsen, B. og Ystenes, B. (2018) Tiltak mot velt og utforkjøring med tunge kjøretøy
- PIARC Technical Committee on Road Safety (2003) Road Safety manual World Road Association
- Paste, A. og Nonstad, B. (2015) , Lærebok – Drift og vedlikehold av vegger. Rapportnr.: 365. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)
Statens vegvesen
- Ragnøy, A. (1986). Bremsing og ulykker. TØI-notat 806. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Robertson, L. S. & Kelley, A. B. (1989). Static stability as a predictor of overturn in fatal motor vehicle crashes. *Journal of Trauma*, 29, 313-319.
- Rudin-Brown, C. M. (2004).
- Rotach, M.C. Trucks on Gradients., *Strasse und Verkehr*, Vol,46.1960, pp-444-446.
- Statens vegvesen (2019a). N100 Veg- og gateutforming. Oslo, Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen (2019b). V120 Premisser for geometrisk utforming av vegger. Oslo, Vegdirektoratet.
- Sakshaug, K. and O. Hjelkrem (2009). Linjeføringens betydning for fartsvalg og ulykkes-og skaderisiko på vegstrekninger, SINTEF Teknologi og samfunn.
- Statens vegvesen (2014). "Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2013.

Statens havarikommisjon (2011). RAPPORT OM UTFORKJØRINGSULYKKE MED VOGNTOG PÅ E6 I.

Sakshaug, K. (1995). *Salting og trafikksikkerhet. Del 1: Før-etterundersøkelse av saltingens effekt på personskadeulykker*. Statens vegvesen, MITRA nr. 02/95 og Rapport STF63 A95003, SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim.

Sakshaug, K., Vaa, T. (1995). *Salting og trafikksikkerhet. Saltingens effekt på ulykker og kjørefart*. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Driftsavdelingen, Oslo og SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim.

Sakshaug, Kristian (2001). Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, ulykkeskostnad og veggeometri utenfor tettbebygde strøk. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel.

Sakshaug, K., Moltumyr, T., Rennemo, O. M., Vaa, T. (2006). Effekter av forskjellige innsatsnivåer innen drift og vedlikehold: Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, skadekostnad og føre- og friksjonsforhold. Data fra eksisterende føre- og friksjonsmålinger. Notat N-01/05, SINTEF, Teknologi og samfunn, transportsikkerhet og –informatikk, Trondheim.

Sakshaug, K. & T. Vaa. (2007). *Salting av veger. En kunnskapsoversikt*. Rapport STF50 A1685. SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim og Teknologirapport nr. 2403 utgitt av Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Teknologivdelingen.

TØI (2012). Trafikksikkerhetshåndboken. Tørset.

TØI (2016). Trafikksikkerhetshåndboken. Tørset.

Transportation Research Record 1445 (1994)- Highway and Facility Design

Taylor, M. & Scuffham, P. (2002). New Zealand bicycle helmet law – do the costs outweigh the benefits? *Injury Prevention*, 8, 317-320.

Wilson, T. D. Road Safety by Design, *The Journal of the Institute of Highway Engineers*, Vol. 15, May 1968, pp. 23-33.

Whitfield, R. A. & Jones, I. S. (1995). The effect of passenger load on unstable vehicles in fatal, untripped rollover crashes. *American Journal of Public Health*, 85(9), 1268-1271.

Beregninger for glidning utover i kurven

Tilsvarende uttrykk for at en ikke skal kunne gli innover i kurven, vil være gitt ved $e - f_k \leq v^2/127 \cdot R$																	
etter 1 km																	
Vegtype	NY fartgre	Tyngdeaks m/s^2	stigning	Reduserende fa	Horisonta α	våt is f_{k1}	Tørr is f_{k2}	Tørr sand f_{k3}	våt, bar veg f_{k4}	tørr, bar veg f_{k5}	med stigning $S=v^2/r \cdot g$	våt is $e-f_{k1}$	tørr is $e-f_{k2}$	tørr sand $e-f_{k3}$	våt, bar veg $e-f_{k4}$	tørr, bar veg $e-f_{k5}$	
H1	80	127	0	80	250	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,20	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
H1	80	127	2	80	250	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,20	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
H1	80	127	4	58	250	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,11	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
H1	80	127	6	41	250	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,05	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
H1	80	127	8	32	250	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,03	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
H5	90	127	0	90	400	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,16	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
H5	90	127	2	85	400	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,14	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
H5	90	127	4	62	400	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,08	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
H5	90	127	6	42	400	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,03	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
H5	90	127	8	32	400	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,02	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	0,95
Hø1	80	127	0	80	225	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,22	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø1	80	127	2	80	225	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,22	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø1	80	127	4	58	225	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,12	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø1	80	127	6	41	225	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,06	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø1	80	127	8	32	225	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,04	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø2	60	127	0	60	125	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,23	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø2	60	127	2	60	125	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,23	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø2	60	127	4	58	125	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,21	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø2	60	127	6	41	125	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,11	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65
Hø2	60	127	8	32	125	0,08	0,05	0,15	0,35	0,4	0,8	0,06	0,03	-0,07	-0,27	-0,35	-0,65

Beregninger av maksimal farten en kan kjøre før det kan skje skli utover/innover i kurven

Bruker betingelsen som ble utledet foran: $f_k + e \geq v^2/R \cdot g \geq e - f_k$												
skli utover i kurven v												
skli innover mot kurvesenteret v >												
vegtype	friksjon	α	fartgrense	Tyngdeaks m	Horisontalkurve	v^2	v	v^2	v	v^2	v	v^2
H1	våt is	0,05	0,08	80	127	250	4128	64	952,5	31		
H5	våt is	0,05	0,08	90	127	400	6604	81	1524	39		
H3	våt is	0,05	0,075	110	127	800	12700	113	2540	50		
Hø1	våt is	0,05	0,08	80	127	225	3715	61	857,25	29		
Hø2	våt is	0,05	0,08	60	127	125	2064	45	476,25	22		

Beregning for maksimal høyde før velt med overhøyde.

Maks. høyde før velt med overhøyde							
	Bredde	Fart km/t	Fart v²	Horisontal	Tan	Tyngdeakse km/t	
H1	2,6	80	6400	250	0,08	127	13,4
	2,6	90	8100	250	0,08	127	9,3
	2,6	100	10000	250	0,08	127	7,0
	2,6	110	12100	250	0,08	127	5,5
	2,6	120	14400	250	0,08	127	4,4
	2,6	130	16900	250	0,08	127	3,7
	2,6	140	19600	250	0,08	127	3,1
	2,6	150	22500	250	0,08	127	2,7
	2,6	160	25600	250	0,08	127	2,3
	Bredde	Fart km/t	Fart v²	Horisontal	Tan	Tyngdeakse km/t	
H5	2,6	90	8100	400	0,08	127	20,4
	2,6	100	10000	400	0,08	127	13,9
	2,6	110	12100	400	0,08	127	10,3
	2,6	120	14400	400	0,08	127	8,0
	2,6	130	16900	400	0,08	127	6,5
	2,6	140	19600	400	0,08	127	5,4
	2,6	150	22500	400	0,08	127	4,6
	2,6	160	25600	400	0,08	127	3,9
							127
H3	Bredde	Fart km/t	Fart v²	Horisontal	Tan	Tyngdeakse km/t	
	2,6	110	12100	800	0,075	127	36,6
	2,6	120	14400	800	0,075	127	24,2
	2,6	130	16900	800	0,075	127	17,7
	2,6	140	19600	800	0,075	127	13,8
	2,6	150	22500	800	0,075	127	11,1
	2,6	160	25600	800	0,075	127	9,2
	2,6	170	28900	800	0,075	127	7,8
HØ1	Bredde	Fart km/t	Fart v²	Horisontal	Tan	Tyngdeakse km/t	
	2,6	80	6400	225	0,08	127	11,3
	2,6	90	8100	225	0,08	127	8,0
	2,6	100	10000	225	0,08	127	6,1
	2,6	110	12100	225	0,08	127	4,8
	2,6	120	14400	225	0,08	127	3,9
	2,6	130	16900	225	0,08	127	3,3
	2,6	140	19600	225	0,08	127	2,8
	2,6	150	22500	225	0,08	127	2,4
2,6	160	25600	225	0,08	127	2,1	
HØ2	Bredde	Fart km/t	Fart v²	Horisontal	Tan	Tyngdeakse km/t	
	2,6	60	3600	125	0,08	127	11,1
	2,6	70	4900	125	0,08	127	7,2
	2,6	80	6400	125	0,08	127	5,1
	2,6	90	8100	125	0,08	127	3,9
	2,6	100	10000	125	0,08	127	3,1
	2,6	110	12100	125	0,08	127	2,5
	2,6	120	14400	125	0,08	127	2,1
	2,6	130	16900	125	0,08	127	1,8
	2,6	140	19600	125	0,08	127	1,5
	2,6	150	22500	125	0,08	127	1,3
	2,6	160	25600	125	0,08	127	1,2

Beregning for maksimal høyde før velt uten overhøyde-

Maks. høyde før velt med uten overhøyde							
	Bredde	Fart km/t	Fart v'	Horisonta	Tan	Tyngdeakse km/t	
H1	2,6	80	6400	250	0	127	7,9
	2,6	90	8100	250	0	127	6,3
	2,6	100	10000	250	0	127	5,1
	2,6	110	12100	250	0	127	4,2
	2,6	120	14400	250	0	127	3,5
	2,6	130	16900	250	0	127	3,0
	2,6	140	19600	250	0	127	2,6
	2,6	150	22500	250	0	127	2,3
	2,6	160	25600	250	0	127	2,0
	Bredde	Fart km/t	Fart v'	Horisonta	Tan	Tyngdeakse km/t	
H5	2,6	90	8100	400	0	127	10,0
	2,6	100	10000	400	0	127	8,1
	2,6	110	12100	400	0	127	6,7
	2,6	120	14400	400	0	127	5,6
	2,6	130	16900	400	0	127	4,8
	2,6	140	19600	400	0	127	4,1
	2,6	150	22500	400	0	127	3,6
	2,6	160	25600	400	0	127	3,2
							127
	Bredde	Fart km/t	Fart v'	Horisonta	Tan	Tyngdeakse km/t	
H3	2,6	110	12100	800	0	127	13,4
	2,6	120	14400	800	0	127	11,3
	2,6	130	16900	800	0	127	9,6
	2,6	140	19600	800	0	127	8,3
	2,6	150	22500	800	0	127	7,2
	2,6	160	25600	800	0	127	6,4
	2,6	170	28900	800	0	127	5,6
	Bredde	Fart km/t	Fart v'	Horisonta	Tan	Tyngdeakse km/t	
HØ1	2,6	80	6400	225	0	127	7,1
	2,6	90	8100	225	0	127	5,6
	2,6	100	10000	225	0	127	4,6
	2,6	110	12100	225	0	127	3,8
	2,6	120	14400	225	0	127	3,2
	2,6	130	16900	225	0	127	2,7
	2,6	140	19600	225	0	127	2,3
	2,6	150	22500	225	0	127	2,0
	2,6	160	25600	225	0	127	1,8
	Bredde	Fart km/t	Fart v'	Horisonta	Tan	Tyngdeakse km/t	
HØ2	2,6	60	3600	125	0	127	7,1
	2,6	70	4900	125	0	127	5,2
	2,6	80	6400	125	0	127	4,0
	2,6	90	8100	125	0	127	3,1
	2,6	100	10000	125	0	127	2,5
	2,6	110	12100	125	0	127	2,1
	2,6	120	14400	125	0	127	1,8
	2,6	130	16900	125	0	127	1,5
	2,6	140	19600	125	0	127	1,3
	2,6	150	22500	125	0	127	1,1
	2,6	160	25600	125	0	127	1,0

D = 24121 (FETIK)

Beregn det minste horisontal kurveradius ved bruk av det minste friksjon $f=0,5, f=0,4, f=0,25, f=0,15$ og $f=0,05$

Vegklasse	Radius	Tyngdeaks i overhøyde	friksjon	FART	R
H1-80km/t	250	127	0,08	0,8	57,3
H1-80km/t	250	127	0,08	0,4	105,0
H1-80km/t	250	127	0,08	0,25	152,7
H1-80km/t	250	127	0,08	0,15	219,1
H1-80km/t	250	127	0,08	0,05	387,6
H5-90km/t	400	127	0,08	0,8	72
H5-90km/t	400	127	0,08	0,4	133
H5-90km/t	400	127	0,08	0,25	193
H5-90km/t	400	127	0,08	0,15	277
H5-90km/t	400	127	0,08	0,05	491
H3-110km/t	800	127	0,075	0,8	109
H3-110km/t	800	127	0,075	0,4	201
H3-110km/t	800	127	0,075	0,25	293
H3-110km/t	800	127	0,075	0,15	423
H3-110km/t	800	127	0,075	0,05	762
Hø1-80km/t	225	127	0,08	0,8	57
Hø1-80km/t	225	127	0,08	0,4	105
Hø1-80km/t	225	127	0,08	0,25	153
Hø1-80km/t	225	127	0,08	0,15	219
Hø1-80km/t	225	127	0,08	0,05	388
Hø2-60km/t	125	127	0,08	0,8	32
Hø2-60km/t	125	127	0,08	0,4	59
Hø2-60km/t	125	127	0,08	0,25	86
Hø2-60km/t	125	127	0,08	0,15	123
Hø2-60km/t	125	127	0,08	0,05	218

Datagrunnlag som er brukt i bygging av GLM-modeller

Dato	Vegnr	HP	KM	Tellepunkt	Rh[m]	fartsgrens e [km/t]	målt hastighet gjennomsnit t [km/t]	målt hastighet 85% fraktit [km/t]	målt hastighet 95% fraktit [km/t]	målt hastighet gjennomsnit [km/t]	målt hastighet 85% fraktit [km/t]	målt hastighet 95% [km/t]	ADT	Ulykker, f.eks. per siste 10år	tværprofil [%]	nabolur ve JANEI	Kurvevink el []
Oslo/akerhus																	
23.05.2018	EV. 6	13	2349	209900	2259	110	93,2	128,8	134,8	89	99	105	15891			NEI	49
26.05.2018								143,6	147,2	94	103	108					
23.05.2018	EV. 6	12	3781	200022	2247	110	110,6	137,6	145,8	109	120	126	20372			JA	31
26.05.2018								146	154	113	124	131					
23.05.2018	EV. 18	12	380	200127	1897	90	91	113,6	122,4	90	99	105	48346			JA	18
26.05.2018								119	124,4	92	101	107					
23.05.2018	EV. 6	11	6721	200153	2498	110	91,5	127,4	140,2	85	97	103	43674			JA	13
26.05.2018								128,6	137,4	98	108	114					
23.05.2018	EV. 6	10	4000	200200	2064	110	93,2	127,2	131,6	88	100	106	53666			JA	41
26.05.2018								122,2	129,8	96	109	115					
23.05.2018	EV. 6	3	1900	200206	2233	90	73,2	117	122,2	65	75	80	32712			NEI	14
26.05.2018								121,8	128,2	75	84	90					
23.05.2018	EV. 6	2	10320	200232	2247	90	93,7	123,8	133,6	89	99	105	20525			NEI	54
26.05.2018								120,2	128,2	89	98	104					
23.05.2018	EV. 6	1	1960	200246	2295	100	106,7	129	138,4	101	113	120	34630			JA	16
26.05.2018								134,6	140,6	109	119	126					
23.05.2018	EV. 16	4	8908	209634	1910	90	100,3	127,4	135,8	95	103	109	10930			JA	23
26.05.2018								123,6	132,2	93	102	108					
23.05.2018	EV. 16	51	1531	209665	1870	90	95,9	127,8	135,6	87	95	102	14093			JA	16
26.05.2018								126,6	138,8	86	105	113					

24	Hedmark																
25	18.03.2018	Rv. 2	7	639	400007	1434	80	84	106,8	115,8	83	92	96			JA	38
26	26.05.2018								107,2	112,2	84	94	100				
27	23.05.2018	Rv. 2	13	3424	400009	854	80	85	102,6	111,8	85	94	99			JA	14
28	26.05.2018								103,6	114,6	86	94	101				
29	23.05.2018	Rv. 2	4	2003	400110	1802	80	84	102,2	112	83	92	99			NEI	28
30	26.05.2018								103,2	112,2	85	94	101				
31	23.05.2018	Rv. 2	8	3400	400116	1756	80	83	107,4	116,6	82	94	101			JA	21
32	26.05.2018								121,2	131	83	96	105				
33	23.05.2018	Rv. 2	10	6730	400117	1116	80	79	100	105,8	78	89	95			JA	75
34	26.05.2018								103,2	116,4	79	90	97				
35	23.05.2018	Rv. 3	3	30024	400122	503	80	82	94,8	107,2	82	89	94			JA	14
36	26.05.2018								96,8	110,8	82	90	97				
37	23.05.2018	Rv. 2	2	5510	400217	573	80	84	101,4	110,6	84	92	96			JA	42
38	26.05.2018								106,8	117,6	85	95	102				
39	23.05.2018	Rv. 3	15	19310	400004	1828	80	81	100,6	110,8	81	90	96			JA	32
40	26.05.2018								102	109	82	91	97				
41	23.05.2018	Rv. 25	3	9675	400005	2732	80	70	90,6	96,8	69	82	87			JA	19
42	26.05.2018								91	100,4	70	83	88				
43	23.05.2018	Rv. 3	13	8470	400013	1546	80	87	105,2	121	86	94	103			JA	13
44	26.05.2018								112,4	122,8	88	96	105				
45	23.05.2018	Rv. 25	5	1	400018	2734	80	81	98	105,2	73	90	94			JA	41
46	26.05.2018								102	108,6	73	88	93				
47	23.05.2018	EV. 6	2	1325	400019	2328	100	96	132	140,4	87	97	104			JA	12
48	26.05.2018								133,4	141,4	106	116	122				
49	23.05.2018	EV. 16	3	5180	400021	1791	90	98	125,2	140	92	100	105			NEI	55
50	26.05.2018								144,6	156,8	92	99	105				
51	30.05.2018	Rv. 3	17	20530	400088	2766	80	85	93,6	115,4	85	92	97			JA	1
52	02.08.2018								104,4	117,4	85	94	100				
53	23.05.2018	Rv. 25	7	8680	400144	1005	80	76	105	109	63	72	75			JA	27
54	26.05.2018								99,4	107	54	61	64				
55	23.05.2018	EV. 16	7	3510	400167	2288	80	83	116,6	120,4	80	91	96			JA	24
56	26.05.2018								107	111,4	73	90	94				
57	23.05.2018	EV. 6	5	7250	400215	1568	80	82	98	106,8	81	88	93			NEI	35

58	26.05.2018								96,6	106	82	89	95				
59	23.05.2018	EV. 16	5	1586	400220	2276	80	79	106,4	117,6	78	88	94			JA	19
60	26.05.2018								101,4	115,8	80	90	97				
61	23.05.2018	Rv. 3	18	13200	400231	1503	80	84	102,6	116,6	83	89	96			NEI	14
62	26.05.2018								103,6	115	84	93	100				
63	23.05.2018	EV. 6	1	6300	400797	2723	100	111	138,2	144	107	119	125			JA	23
64	26.05.2018								136,4	143,8	112	122	128				
65	23.05.2018	EV. 16	2	5240	400003	2774	90	101	128,2	138,4	94	103	109			NEI	2
66	26.05.2018								129,4	152,8	96	105	112				

68	Oppland																
69	23.05.2018	EV. 136	5	11641	500110	2785	80	83	100,2	105,4	83	90	95			JA	1
70	26.05.2018								104,8	120	83	92	97				
71	23.05.2018	EV. 6	2	1020	500513	2270	80	81	98,6	108,4	81	87	93			JA	11
72	26.05.2018								98,2	107,4	81	88	93				
73	23.05.2018	EV. 16	19	6889	500756	1147	80	86	101,4	111,8	86	94	101			JA	24
74	26.05.2018								103,2	115,4	86	94	101				
75																	
76	Nordland																
77	23.05.2018	EV. 6	22	429	1800002	2126	80	79	96,4	104,2	78	87	92			JA	4
78	26.05.2018								99,6	111,4	80	89	95				
79	23.05.2018	Rv. 77	2	11613	1800003	1096	90	86	104,8	110,8	65	73	75			NEI	15
80	26.05.2018								104,2	110,8	73	79	82				
81																	
82	Trøndelag																
83	23.05.2018	EV. 39	3	1601	1600144	1404	80	83	99,6	107,4	82	90	95			NEI	16
84	26.05.2018								103,2	113,4	84	92	99				
85	23.05.2018	EV. 6	15	13502	1601434	942	80	74	82,2	85,8	74	79	82			JA	41
86	26.05.2018								82,6	84,6	74	79	82				
87	23.05.2018	EV. 6	8	1859	1601440	19											

92																			
93	Hordaland																		
94	23.05.2018	EV 39	3	1801	1200018	330	80	75,2	87,4	92,6	74	81	86	5600			JA	73	
95	26.05.2018								89	97,2	75	82	87						
96																			
97	Møre og Romsdal																		
98	23.05.2018	Ev 39	7	1650	1500017	2151	80	82,5	99,6	109,2	82	88	94	3210	1		JA	18	
99	26.05.2018								99	108,2	81	89	95						
00																			
01																			
02																			
03																			
04																			
05																			



Kunnskap for en bedre verden

KUNNSKAP FOR EN BEDRE VERDEN

