

Grunnparametere innen vegutforming - analyse av fart og friksjon

Gunnar Aamodt Andersen
Øyvind Wasmuth

Master i veg og jernbane

Innlevert: mai 2018

Hovedveileder: Kelly Pitera, IBM

Medveileder: Arek Zielinkiewicz, Statens vegvesen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet av vegteknolog og vegplanlegger Gunnar Aamodt Andersen og vegplanlegger Øyvind Wasmuth, begge fra Statens vegvesen region nord. 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 2017 og avsluttet våren 2018.

Tema for oppgaven er innen geometrisk utforming av veger og studerer grunnparameterne fart og friksjon som benyttes i beregningsmodeller til å bestemme krav til ulike elementer i vegens utforming. Dette arbeidet har vært en del av FoU-programmet «Vegutforming» i regi av Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

Vi vil takke vår veileder Kelly Pitera for gode faglige innspill og hjelp til organisering og oppbygging av rapporten. Vi er også veldig takknemlige for at vår interne veileder i Statens vegvesen, Arek Zielinkiewicz, har vært så engasjert i vårt arbeid, bidratt med fagstoff og tatt seg tid til mange møter og spørsmål underveis.

Vi er også positivt overasket over responsen vi har fått fra utenlandske vegadministrasjoner når vi har sendt spørsmål ut av landet. Takk til Mats Remgård fra Trafikverket i Sverige for forklaring av bakgrunnen for svenske beregningsmetoder og Anne Marie Gejlager fra Vejdirektoratet i Danmark for oppklaring av deres vurderinger av dimensjonerende fart. Også takk til vår vikingvenn i Australia, Saideh Alam fra Austroads, for å gjort deres vegnormaler tilgjengelig til denne studien.

Sist men ikke minst, en stor takk til arbeidsgiver som har gitt oss denne fantastiske muligheten til å øke vår kompetanse innen samferdsel og vegfaget.

Bodø, 14. mai 2018.

Gunnar Aamodt Andersen

Øyvind Wasmuth

Sammendrag

Målet med denne oppgaven er å gjøre en vurdering av grunnlaget og verdiene som benyttes i den geometrisk utformingen av veger i Norge for grunnparameterne fart og friksjon og å få et bedre kunnskapsgrunnlag for disse parameterne ved fremtidig planlegging av veger.

For å gjøre dette er det gjennomgått metoder for fastsettelse av fart og friksjon i Norge og seks andre land denne studien har valgt å sammenligne seg med og hentet verdier som benyttes her ved dimensjonering av veger. Disse seks landene er Sverige, Danmark, Tyskland, Storbritannia, USA og Australia. Det er også innhentet verdier for opptredende fart og friksjon på norske veger.

For å gjennomføre arbeidet er det utført et litteraturstudie av norske og de seks andre landenes vegnormaler og annen relevant litteratur innenfor temaene vegutforming, fart og friksjon. Det er jobbet med behandling og analysering av data i forbindelse med ny fartsdatabase fra målinger, det er gjort analyser av en friksjonsdatabase fra målinger og det er utført komparative analyser for sammenligning av ulike fart- og friksjonsverdier.

I første del av oppgaven presenteres aktuell teori om grunnparameterne fart og friksjon og hvordan disse inngår i metoder for å bestemme viktige linjeføringsparametere i vegens utforming. Det gis også her en forklaring av det norske dimensjoneringsystemet og grunnlaget for vegutforming. Andre del består av en gjennomgang av dimensjoneringsystemene for vegutforming fra de sammenlignede landene og hvilke metoder som benyttes for å komme fram til dimensjonerende verdier for fart og friksjon i landene. Verdier hentet fra fart- og friksjonsmålinger fremkommer også her. Videre i den tredje delen av oppgaven sammenlignes de ulike verdiene for dimensjonerende fart og friksjon og konsekvensene ved bruk av de ulike verdiene for viktige linjeføringsparametere vurderes. Resultatene fra dette diskuteres så i forbindelse med temaene fart, friksjon, linjeføringsparametere og opptredende verdier for fart og friksjon. Til slutt i oppgaven gjøres det en konklusjon ut i fra funn i oppgaven og det gis anbefalinger til videre arbeid.

Fra litteraturstudiet kom det fram at 5 av de 7 undersøkte landene benytter metoder for fastsettelse av dimensjonerende fart som egnet seg for sammenligning. Av disse var de fleste metoder avhengig av fartsgrensen, og verdiene for dimensjonerende fart viste seg derfor ofte å være relativt like. Siden fart er en viktig parameter ved beregning av linjeføringsparametere viste sammenligningene likevel at de ulike verdiene for fart ga noe forskjell i konsekvensene

for linjeføringsparametere.

Ved undersøkelser av ulike metoder for fastsettelse av friksjon ble det funnet at 6 av 7 land benytter friksjon i beregninger av linjeføringsparametere, men alle sju lands verdier ble tatt med i sammenligningen ved noe omregning for det sjuende. Sidefriksjon benyttes i alle disse seks landene og verdiene varierer her avhengig av den dimensjonerende farten. For bremsefriksjon var det tre land der dette ble funnet brukt i beregninger, mens tre land i stedet benytter en konstant retardasjon som parameter som for sammenligningen ble omregnet til bremsefriksjon. Sammenligningene viste at konsekvensene ved bruk av de ulike verdier for friksjon ga en del forskjell i verdiene for linjeføringsparametere som kan brukes i vegutforming.

Det blir til slutt i oppgaven gitt forslag til videre arbeid ut i fra funn i denne oppgaven for å få et bedre grunnlag for dimensjonering av veger i Norge. Disse forslagene er blant annet opprettelse av en fartsdatabase i Norge med målinger av enkeltkjøretøy, en revisjon av fartsprofiltillegget som brukes i Norge, en gjennomgang av den norske tilnærmingen til sidefriksjon og implementering av retardasjon i stedet for bremsefriksjon i norske håndbøker.

Abstract

The purpose of this thesis is to evaluate the basis and values that is used in Norwegian road design for the speed and friction parameters, and to gain a better basis of knowledge for these parameters in future road planning.

To do this, the methods for determining speed and friction in Norway and six other countries this study have chosen to compare have been studied, and retrieved the values these countries use in road design. These countries are Sweden, Denmark, Germany, Great Britain, USA and Australia. Values for operating speed and friction on Norwegian roads have also been gathered.

In the execution of this work there was conducted a literature review of road manuals from Norway and the six other countries and other relevant literature within the topics of road design, speed and friction. The work have also included processing and analysing data related to the establishment of a new speed database from measurements, analysing data from measurements of friction and conducting comparative analyses to compare the different values for speed and friction.

In the first part of the thesis, relevant theory for the speed and friction parameters is presented, and how they are integrated in the methods for determining important alignment parameters in the road design. A summary of the Norwegian system and basis for road design is also given. The second part includes a review of the systems for road design from the countries in the thesis, and their methods used to determinate the design speed and friction values. The speed and friction values gathered from measurements are also included here. In the third part of the thesis the different values found for design speed and friction is compared and the consequences of using them for important alignment parameters is considered. The results of this are discussed related with the themes speed, friction alignment parameters and the measured values for speed and friction. Finally, in the thesis, a conclusion is made and recommendations for further assignments are given.

From the literature review, it was found that 5 of the 7 countries examined uses methods for determination of design speed suitable for comparison. Of these, most methods were dependent of the speed limit, and the values for design speed therefore often proved to be relatively similar. However, since speed is an important parameter in calculating alignment parameters, the comparisons showed that the different values made some difference in the

consequences for the alignment parameters.

By examining the different methods for determining friction, it was found that 6 out of 7 countries use friction in the calculations of alignment parameters, but values from all the countries were included in the comparison, with some recalculation of the seventh country. Values for side friction was found to be used in calculations in all of these six countries and the values varied with the design speed. The tangential friction was found to be used in the calculations in three countries, while three countries instead use a constant value for deceleration as a parameter that, for the comparison, was converted to tangential friction. The comparisons showed that the consequences of using the different values of friction made some variation for the alignment parameters that can be used in road design.

Finally, the thesis gives suggestions for further assignments based on findings made in the thesis in order to gain a better foundation for road design in Norway. These suggestions includes establishing a database in Norway with measurements of individual vehicles, revising the Norwegian speed add-on in horizontal curves, an evaluation of the Norwegian approach to side friction and implementation of deceleration instead of tangential friction in the Norwegian road manuals.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	IV
Innholdsfortegnelse	VI
Figurer	VIII
Tabeller	X
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Mål	5
1.3 Oppgavens oppbygging	7
2 Teori	8
2.1 Begreper	8
2.2 Parametere ved dimensjonering av veg	11
2.3 Grunnparametere.....	12
2.3.1 Fart	13
2.3.2 Friksjon	14
2.3.4 Retardasjon.....	19
2.4 Linjeføringsparametere	20
2.4.1 Horisontalkurveradius	20
2.4.2 Stoppsikt.....	21
2.4.3 Vertikalkurveradius i høybrekk.....	22
2.4.4 Vertikalkurveradius i lavbrekk.....	23
2.5 Vegutforming i Norge	25
2.5.1 Generelt om Statens vegvesens håndbøker	25
2.5.2 Håndbøker som omhandler vegutforming.....	26
2.5.3 Gjeldende håndbok N100 «Veg- og gateutforming» 2014	26
2.5.4 Ny håndbok N100 «Veg- og gateutforming» 2018	30
3 Metoder	32
3.1 Litteraturstudie	32
3.2 Behandling og analysering av data	40
3.3 Komparativ analyse	41
4 Fart- og friksjonsmålinger	42
4.1 Fartsdatabase	42
4.1.1 Utvalg av målepunkter og måleperiode.....	43
4.1.2 Utdringer med tilgjengelig data	56
4.1.3 Filtreringskriterier	61
4.1.4 Resultater	78

4.2 Friksjonsdatabase	85
4.2.1 Resultater fra databasen	87
4.2.2 Sidefriksjon	93
4.2.3 Bremsfriksjon	94
5 Fart	95
5.1 Norge.....	96
5.2 Sverige	102
5.3 Danmark.....	108
5.4 Storbritannia.....	115
5.5 Tyskland.....	123
5.6 USA.....	129
5.7 Australia.....	135
6 Friksjon	147
6.1 Norge.....	148
6.2 Sverige	151
6.3 Danmark.....	154
6.4 Storbritannia.....	156
6.5 Tyskland.....	158
6.6 USA.....	162
6.7 Australia.....	164
7 Sammenligning	167
7.1 Dimensjonerende fart.....	168
7.1.1 Minimumsparametere med norske utregningsmetoder	170
7.1.2 Sammenligning av minimumsparametere	189
7.2 Friksjon	199
7.2.1 Sidefriksjon	202
7.2.2 Bremsfriksjon	209
7.3 Dimensjonerende fart og friksjon	220
8 Diskusjon.....	233
8.1 Fart	233
8.2 Friksjon	240
8.3 Vurdering av linjeføringsparametere	243
8.4 Fart- og friksjonsmålinger.....	246
9 Konklusjon og anbefalinger	249
Referanseliste	253
Vedlegg	258

Figurer

Figur 1.1 Organisering av FoU-programmet Vegutforming (Vegdirektoratet, 2016a).....	3
Figur 2.1 Oversikt over alle parametere ved dimensjonering av veger i Norge (Statens vegvesen, 2014b).....	11
Figur 2.2 Parametere som er avhengig av fart.....	13
Figur 2.3 Typiske verdier for friksjonskoeffisienten avhengig av føreforhold og slipp prosent (Dahlen, 2015)....	15
Figur 2.4 Dekomponering av friksjon (Statens vegvesen, 2014b).....	17
Figur 2.5 Parametere som er avhengig av friksjon.....	18
Figur 2.6 Konsekvens for innføring av grunnparameter retardasjon.....	19
Figur 2.7 Krefter på kjøretøy i kurve (Statens vegvesen, 2014b).....	20
Figur 2.8 Illustrasjon av stoppsikt.....	21
Figur 2.9 Ulike høybrekkskurver.....	22
Figur 2.10 Ulike lavbrekkskurver.....	23
Figur 3.1 Håndbøker for planlegging og prosjektering av veger i Danmark (Vejdirektoratet, 2012b).....	35
Figur 3.2 Oversikt over stater som bruker AASHTOs Green Book (2011 AASHTO «Green Book», 2017).....	38
Figur 3.3 Flytskjema av de forskjellige kapitlene i Australias vegnormal (Austroads, 2016).....	40
Figur 4.1 Oversikt over fartsgrense 90, 100 og 110 km/t i Norge (hentet fra NVDB, vegkart.no, mars 2018) ...	45
Figur 4.2 Feltnummerering (Statens vegvesen, 2014c).....	46
Figur 4.3 Eksempel på kartvisning fra Vegkart (hentet fra NVDB, vegkart.no).....	46
Figur 4.4 Oversikt over alle målepunkt på tofelts veger med 80 km/t.....	49
Figur 4.5 Oversikt over alle målepunkt på tofelts veger med 90 km/t.....	50
Figur 4.6 Gjennomsnittsfart og trafikkmengde over måleperiode for målepunkt 800010.....	52
Figur 4.7 Gjennomsnittsfart og trafikkmengde over måleperiode for målepunkt 1900116.....	53
Figur 4.8 Oversikt over alle målepunkt på firefelts veger med 90 km/t.....	55
Figur 4.9 Oversikt over alle målepunkt på firefelts veger med 100 km/t.....	55
Figur 4.10 Oversikt over alle målepunkt på firefelts veger med 110 km/t.....	55
Figur 4.11 Gjennomsnittsfart gjennom måleperioden for tellepunkt 209900.....	57
Figur 4.12 Gjennomsnittsfart gjennom måleperioden for tellepunkt 100226, felt 3 og 4.....	59
Figur 4.13 Gjennomsnittsfart gjennom måleperioden for tellepunkt 100245, felt 3 og 4.....	60
Figur 4.14 Fart som funksjon av trafikkmengde. Målepunkt 1100022, 90 km/t, 4 felt.....	62
Figur 4.15 Gjennomsnittsfart over måleperiode. Målepunkt 900009, 90 km/t, 2 felt.....	63
Figur 4.16 Målepunkt 400002 23.06.2017. Ufiltrert.....	66
Figur 4.17 Målepunkt 400002 23.06.2017. Filtrert.....	66
Figur 4.18 Målepunkt 400002 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Ufiltrert.....	67
Figur 4.19 Målepunkt 400002 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Filtrert.....	67
Figur 4.20 Målepunkt 300349 23.06.2017. Ufiltrert.....	68
Figur 4.21 Målepunkt 300349 23.06.2017. Filtrert.....	68
Figur 4.22 Målepunkt 300349 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Ufiltrert.....	69
Figur 4.23 Målepunkt 300349 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Filtrert.....	69
Figur 4.24 Målepunkt 900009 14.08.2017. Ufiltrert.....	70
Figur 4.25 Målepunkt 900009 14.08.2017 Filtrert.....	70
Figur 4.26 Målepunkt 900009 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Ufiltrert.....	71
Figur 4.27 Målepunkt 900009 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Filtrert.....	71
Figur 4.28 Målepunkt 1100022 13.06.2017. Ufiltrert.....	72
Figur 4.29 Målepunkt 1100022 13.06.2017. Filtrert.....	72
Figur 4.30 Målepunkt 1100022 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Ufiltrert.....	73
Figur 4.31 Målepunkt 1100022 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Filtrert.....	73
Figur 4.32 Målepunkt 200211 22.05.2017. Ufiltrert.....	74
Figur 4.33 Målepunkt 200211 22.05.2017. Filtrert.....	74
Figur 4.34 Målepunkt 200211 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Ufiltrert.....	75
Figur 4.35 Målepunkt 200211 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Filtrert.....	75
Figur 4.36 Målepunkt 200200 23.06.2017 Ufiltrert.....	76
Figur 4.37 Målepunkt 200200 23.06.2017. Filtrert.....	76
Figur 4.38 Målepunkt 200200 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Ufiltrert.....	77
Figur 4.39 Målepunkt 200200 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Filtrert.....	77
Figur 4.40 Antall observasjoner av friksjon innenfor hver 10 km/t-intervall.....	85
Figur 4.41 Slipp prosent i tierverdier den maksimale friksjon ble registrert ved.....	86
Figur 4.42 Fordeling av friksjonsmålingene.....	87
Figur 4.43 Friksjonsmålinger og lineær sammenheng, gjennomsnitt, 5- og 95 %-fraktil.....	88

Figur 4.44 Friksjonsmålinger og eksponentiell sammenheng	89
Figur 4.45 Friksjonsmålinger med 5 km/t-intervall, lineær trendlinje for medianpunkter	90
Figur 4.46 Friksjonsmålinger og lineær sammenheng, gjennomsnitt, 10- og 90 %-fraktil	91
Figur 4.47 Friksjonsmålinger og lineær sammenheng, gjennomsnitt, 15- og 85 %-fraktil	92
Figur 5.1 Prinsipp hvordan fartsprofiltillegget varierer med horisontalkurveradius (Statens vegvesen, 2014b) ..	97
Figur 5.2 Bestemmelse av planleggingshastighet i Danmark (Vejdirektoratet, 2012c)	109
Figur 5.3 Dimensjoneringshastigheten V_d i forhold til planleggingshastigheten V_p (Vejdirektoratet, 2018)...	110
Figur 5.4 Utgangspunkt for valg av vegtype i Storbritannia (Highways England, 1997)	115
Figur 5.5 Dim. fart ut i fra vegens linjeføring og utforming i Storbritannia (Highways England, 2002).....	118
Figur 5.6 Illustrasjon av konseptet med utformingsintervallet eller «Design Domain» (Austroads, 2016)	137
Figur 5.7 Sammenhengen mellom ulike fartsbegrepene i Australia (Austroads, 2016)	138
Figur 5.8 Akselerasjon på rettlinjer (Austroads, 2016)	141
Figur 5.9 Retardasjon i horisontalkurver (Austroads, 2016)	141
Figur 5.10 Praktisk eksempel på estimering av opptredende fart på en vegstrekning (Austroads, 2016)	142
Figur 6.1 Totalfriksjon, bremsefriksjon og sidefriksjon ved den aktuelle fart. (Trafikverket, 2015b).....	152
Figur 7.1 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart	173
Figur 7.2 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart	173
Figur 7.3 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart	174
Figur 7.4 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart	174
Figur 7.5 Stoppsikt ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart	178
Figur 7.6 Stoppsikt ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart	178
Figur 7.7 Stoppsikt ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart	179
Figur 7.8 Stoppsikt ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart	179
Figur 7.9 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart	182
Figur 7.10 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart	182
Figur 7.11 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart	183
Figur 7.12 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart	183
Figur 7.13 $R_{v, min}$ lavbrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart	187
Figur 7.14 $R_{v, min}$ lavbrekk ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart	187
Figur 7.15 $R_{v, min}$ lavbrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart	188
Figur 7.16 $R_{v, min}$ lavbrekk ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart	188
Figur 7.17 Sidefriksjon fra ulike land og database ved fart 110 km/t	204
Figur 7.18 Sidefriksjon fra ulike land og database ved fart 80 km/t	204
Figur 7.19 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende sidefriksjon	206
Figur 7.20 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende sidefriksjon	206
Figur 7.21 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende sidefriksjon	207
Figur 7.22 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende sidefriksjon	207
Figur 7.23 Bremsefriksjon fra ulike land og database ved fart 110 km/t	210
Figur 7.24 Bremsefriksjon fra ulike land og database ved fart 80 km/t	210
Figur 7.25 Stoppsikt ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon.....	213
Figur 7.26 Stoppsikt ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon.....	213
Figur 7.27 Stoppsikt ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon.....	214
Figur 7.28 Stoppsikt ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon.....	214
Figur 7.29 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon	217
Figur 7.30 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon	217
Figur 7.31 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon	218
Figur 7.32 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon	218
Figur 7.33 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og sidefriksjon	222
Figur 7.34 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og sidefriksjon	222
Figur 7.35 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og sidefriksjon	223
Figur 7.36 $R_{h, min}$ ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og sidefriksjon	223
Figur 7.37 Stoppsikt ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon	226
Figur 7.38 Stoppsikt ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon	226
Figur 7.39 Stoppsikt ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon	227
Figur 7.40 Stoppsikt ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon	227
Figur 7.41 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon	230
Figur 7.42 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon	230
Figur 7.43 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon	231
Figur 7.44 $R_{v, min}$ høybrekk ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon	231
Figur 8.1 Ny H2-veg med fartsgrense 90 km/t. (Statens vegvesen, 2018)	247

Tabeller

Tabell 2.1 Dimensjoneringsklassene i 2014-utgaven av N100 (Statens vegvesen, 2014a)	28
Tabell 2.2 Prosjekteringstabell for dimensjoneringsklasse H2 (Statens vegvesen, 2014a)	29
Tabell 2.3 Dimensjoneringsklasser for nasjonale hovedveger i ny N100 (Statens vegvesen, 2018).....	31
Tabell 2.4 Dimensjoneringsklasser for øvrige hovedveger og andre veger i ny N100 (Statens vegvesen, 2018) 31	
Tabell 4.1 Oversikt over antall trafikkgregistreringsstasjoner fra ulike fylker	44
Tabell 4.2 Ulike typer registreringspunkt (Statens vegvesen, 2014c)	45
Tabell 4.3 Utsnitt fra kildedata fra et vilkårlig tellepunkt.	56
Tabell 4.4 Analyse av nedre grenseverdi for hastighet for de ulike fartsgrenser.....	63
Tabell 4.5 Andel av alle passeringer som etter filtrering er med i beregningsgrunnlaget	78
Tabell 4.6 Fartsdatabase: Resultat for veger med fartsgrense 80 km/t	79
Tabell 4.7 Fartsdatabase: Resultat for veger med fartsgrense 90 km/t	80
Tabell 4.8 Fartsdatabase: Resultat for veger med fartsgrense 100 km/t	81
Tabell 4.9 Fartsdatabase: Resultat for veger med fartsgrense 110 km/t	82
Tabell 4.10 Sammenstilling av beregnet gjennomsnittsfart, 85- og 95 %-fraktilfart for de ulike fartsgrenser....	83
Tabell 4.11 85- og 95 % fraktil sammenlignet med verdier benyttet i grunnlag til ny N100	83
Tabell 4.12 Dimensjoneringsklasser i N100 (2018) med dimensjonerende fart vs. opptredende fart	84
Tabell 4.13 Verdier for totalfriksjonen fra målingene i databasen	92
Tabell 4.14 Sidefriksjon fra målingene i databasen, fordelt med prosentverdi fra totalfriksjon.....	93
Tabell 4.15 Andelen sidefriksjon i Norge, Sverige og Danmark.....	93
Tabell 4.16 95 %-fraktil av sidefriksjon ved svenske og danske fordelinger av totalfriksjon	94
Tabell 4.17 Bremsfriksjon fra målingene i databasen, utregnet fra totalfriksjon og sidefriksjon	94
Tabell 5.1 Verdiene for dim. fart som brukes ved utforming av nye veger i Norge	97
Tabell 5.2 Minimumskrav til linjeføringsparametere i 2018-utgaven av N100.....	99
Tabell 5.3 Minimumskrav til linjeføringsparametere i 2014-utgaven av N100.....	101
Tabell 5.4 Dim. fart ved fastsetting av minimumskrav for horisontalkurver i Sverige	104
Tabell 5.5 Dim. fart ved fastsetting av minimumskrav til stoppsikt, høybrekk og lavbrekk i Sverige.....	105
Tabell 5.6 Minimumsparametere i Sverige for bygging av ny veg	107
Tabell 5.7 Dimensjonerende fart til de ulike linjeføringsparametere i Danmark	111
Tabell 5.8 Minimumskrav til de viktigste parameterne som er avhengig av farten i dansk vegutforming.....	113
Tabell 5.9 Fartsreduksjon som følge av vegens utforming (Highways England, 2002).....	117
Tabell 5.10 Minimumskrav til de viktigste parameterne som er avhengig av farten i britisk vegutforming.....	120
Tabell 5.11 Antall steg det kan lempes på krav ved de ulike vegtyper og fartsklasser i Storbritannia.....	121
Tabell 5.12 Oversikt over tyske vegkategorier basert på funksjon (FGSV, 2011)	123
Tabell 5.13 Designklassene for veger i kategori AS, motorveger i Tyskland (FGSV, 2011).....	124
Tabell 5.14 Tyske designklassene med spesifikasjoner og krav (FGSV, 2011)	124
Tabell 5.15 Minimum linjeføringsparametere for ulike verdier av dimensjonerende fart for tyske motorveger	126
Tabell 5.16 Minimum linjeføringsparametere for hovedveger i urbane områder, i utkant av bebyggelsen	127
Tabell 5.17 Minimumskravene til de viktigste linjeføringsparametere i USA	131
Tabell 5.18 Typiske fartsgrenser for ulike vegtyper i tettbygde områder (Austroads, 2016).....	138
Tabell 5.19 Typisk ønsket fart på veger med høy standard (Austroads, 2016)	139
Tabell 5.20 Typisk ønsket fart på veger hvor farten blir begrenset av geometrien (Austroads, 2016).....	139
Tabell 5.21 Opptredende farter for ulike seksjoner (Austroads, 2016)	140
Tabell 5.22 Minimumskrav til de viktigste parameterne som er avhengig av farten i australsk vegutforming..	144
Tabell 6.1 Andel av totalfriksjon som benyttes til sidefriksjon ved beregning i Norge	148
Tabell 6.2 Ulike verdier for friksjon som brukes i 2018-utgaven av N100/V120 (Eggen, 2016)	149
Tabell 6.3 Brems- og sidefriksjon fra 2018-utgaven av N100.....	149
Tabell 6.4 Totalfriksjon, sidefriksjon og bremsefriksjon som brukes i 2014-utgaven av N100.....	150
Tabell 6.5 Friksjonsverdiene som brukes ved beregning av parametere i 2014-utgaven av N100.....	150
Tabell 6.6 Dimensjonerende friksjonsverdier i Sverige	153
Tabell 6.7 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon i Danmark	155
Tabell 6.8 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon i Storbritannia	157
Tabell 6.9 Tyske tangentielle friksjonskoeffisienter	159
Tabell 6.10 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon for tyske motorveger.....	161
Tabell 6.11 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon i USA	163
Tabell 6.12 Australske verdier for sidefriksjonskoeffisienten (Austroads, 2016)	164
Tabell 6.13 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon i Australia.....	166
Tabell 7.1 Dimensjonerende fart ulike land ville gitt ut ifra fartsgrense	169

Tabell 7.2 Grunnlagsdata som brukes ved beregning av linjeføringsparametere i kap. 7.1	170
Tabell 7.3 Dimensjonerende fart som brukes ved beregning av $R_{h, \min}$	171
Tabell 7.4 $R_{h, \min}$ fra ulike verdier for dimensjonerende fart	172
Tabell 7.5 Dimensjonerende fart på rettstrekninger som brukes ved beregning av stoppsikt og $R_{v, \min}$ høybrekk ..	176
Tabell 7.6 Stoppsikt fra ulike verdier for dimensjonerende fart.....	177
Tabell 7.7 $R_{v, \min}$ høybrekk fra ulike verdier for dimensjonerende fart.....	181
Tabell 7.8 Dimensjonerende fart på rettstrekninger som brukes ved beregning av $R_{v, \min}$ lavbrekk	185
Tabell 7.9 $R_{v, \min}$ lavbrekk fra ulike verdier for dimensjonerende fart	186
Tabell 7.10 Minimumskrav til $R_{h, \min}$ i de 7 landene ut i fra dimensjonerende fart	190
Tabell 7.11 Minimumskravene til stoppsikt i de 7 landene ut i fra dimensjonerende fart.....	191
Tabell 7.12 $R_{v, \min}$ høybrekk i de 7 landene ut i fra dimensjonerende fart.....	193
Tabell 7.13 $R_{v, \min}$ lavbrekk i de 7 landene ut i fra dimensjonerende fart	195
Tabell 7.14 $R_{v, \min}$ lavbrekk – krav til komfort	196
Tabell 7.15 $R_{v, \min}$ lavbrekk – krav til sikt	197
Tabell 7.16 $R_{v, \min}$ lavbrekk – krav til estetikk.....	198
Tabell 7.17 Grunnlagsdata som brukes ved beregning av linjeføringsparametere i kap. 7.2	201
Tabell 7.18 Sidefriksjon fra ulike land og fra friksjonsdatabasen	203
Tabell 7.19 $R_{h, \min}$ fra ulike verdier for sidefriksjon	205
Tabell 7.20 Bremsfriksjon fra ulike land og fra friksjonsdatabasen	209
Tabell 7.21 Stoppsikt fra ulike verdier for bremsfriksjon.....	212
Tabell 7.22 $R_{h, \min}$ høybrekk fra ulike verdier for bremsfriksjon.....	216
Tabell 7.23 Grunnlagsdata som benyttes i beregningene fra norske håndbøker i kap. 7.3.....	220
Tabell 7.24 $R_{h, \min}$ fra ulike verdier for dimensjonerende fart og sidefriksjon.....	221
Tabell 7.25 Stoppsikt fra ulike verdier for dimensjonerende fart og bremsfriksjon	225
Tabell 7.26 $R_{v, \min}$ høybrekk fra ulike verdier for dimensjonerende fart og bremsfriksjon	229
Tabell 8.1 Typisk ønsket fart når opptredende fart ikke påvirkes av horisontalkurvatur (Austroads, 2016).....	238
Tabell 8.2 Maksimal forskjell i 85 %-fraktilfart fra målepunkter i samme fartsgrense.....	246

1 Innledning

Ved planleggingen av veger er det mange parametere som er bestemmende for hvordan vegene skal utformes og oppleves for trafikantene. Som grunnlag ved beregningene av krav som settes til utformingen av vegene benyttes grunnparametere, som er verdier for størrelser og variabler i trafikksituasjoner. Disse grunnparameterne bør være så nærme som mulig de reelle verdiene som kommer til å opptre på vegen når den er ferdig bygd. På denne måten er grunnparameterens størrelse avgjørende for å oppnå vegenes mål om blant annet trafiksikkerhet, fremkommelig og komfort. Fart og friksjon er to slike grunnparametere, og begge er avgjørende for hvordan vegene blir utformet.

Fart er en sentral parameter ved utforming av veger og er bestemmende for mange elementer i vegens geometri og tverrprofil. Det er derfor viktig å bruke en verdi for fart ved dimensjonering som stemmer overens med de opptredende situasjonene det skal beregnes for. Når trafikanter kjører på en veg vet de som regel ikke hvilken fart vegen er dimensjonert for. De vet fartsgrensen på vegen og observerer mange andre fartsbegrensninger på vegen, for eksempel kurvaturen, sikten, stigningen og vær og føreforhold. Sammen med viten om egne begrensninger og komfort velger trafikantene ut i fra disse elementene den farten de har. Når man så ved dimensjonering av nye veger eller ved utbedring av eksisterende veger må det velges en dimensjonerende fart som er så nær som mulig denne opptredende farten som trafikanter velger. Hvordan man går fram for å tilnærme seg denne og hvilke elementer på vegen som brukes i vurderingen kan være forskjellig. Det kan også være forskjellig kjørekulturer i ulike land og områder, og topografi, vær og føreforhold gjør også at det er en naturlig forskjell i fartsnivået ut i fra hvor man er.

For å vite hvilken fart trafikanter faktisk kjører i på vegnettet er man avhengig av å ha målinger av den opptredende farten. Dette kan benyttes som grunnlag for å komme fram til verdier som kan benyttes i planleggingsfasen av nye veger blant annet den dimensjonerende farten. For å gjøre dette bør de eksisterende vegene ha en lik karakter og utforming med det som planlegges for å få mest mulig riktige verdier ved tilnærmingen til den kommende opptredende farten.

Friksjon er en avgjørende parameter i trafikken. Den er sentral både for og kunne starte å kjøre, for å holde seg på vegen og for å kunne bremse ned ved at friksjonen hindrer hjulene på kjøretøyene i å gli på vegoverflaten. Friksjonen er altså avgjørende for at trafikanter skal kunne bevege seg og for å klare å holde kontroll.

Langs vegene kan friksjonsforholdene variere mye. Den avhenger blant annet av om vegoverflaten er av grus eller asfalt, om det er isbelagt, våt eller tørr veg eller om hvor nedslitt vegdekke er. Det vil si at trafikanter kan oppleve forskjellige friksjonsforhold på en kjøretur, uten at føreren nødvendigvis merker at det er en endring. Friksjonsforholdene kan også være annerledes på strekningen om den kjøres først på sommeren ved tørr og bar veg, mens den på vinteren kan vegen være is-/snøbelagt eller med mye grus på asfalten. Friksjonen kan også være forskjellig mellom kjøretøy, da slitte bilhjul kan gjøre at friksjonen mot vegoverflaten blir så liten at føreren ikke klarer å kontrollere kjøretøyet tilstrekkelig.

Ved dimensjonering av veger brukes friksjon for å sikre at trafikanter klarer å kontrollere kjøretøyene hovedsakelig for å ha mulighet til å bremse dersom det oppstår en situasjon på vegen og for å ikke miste veggrepet i svinger. For å gjøre dette må det settes verdier for en dimensjonerende friksjon som kan forventes å fange opp de fleste situasjonene på vegen. At friksjonsforholdene er varierende og avhengig av veg- og kjøretøyforhold gjør at man må legge inn forutsetninger for hva det faktisk skal dimensjoneres for når nye veger planlegges. Det er da også viktig at det utføres målinger av vegnettet som også benytter de samme forutsetningene, og for å vite hvilke verdier man bør benytte ved planlegging av nye veger for å få verdier som stemmer godt med den opptredende friksjonen.

Det er flere muligheter for metoder og tilnærminger som kan benyttes for å komme fram til verdier for dimensjonerende fart og friksjon. Forholdene på vegen og hvordan trafikanter kjører i ulike land og områder varierer mye. Hvilke områder det fokuseres på hos myndigheter og befolkning gjør at fremgangsmåtene ved dimensjonering kan være forskjellig, blant annet om det fokuseres på trafikksikkerhet eller fremkommelighet eller om det legges opp til et fleksibelt eller strikt system fra myndighetene. Det er altså mange variabler som kan avgjøre hvordan ulike land velger å dimensjonere veger.

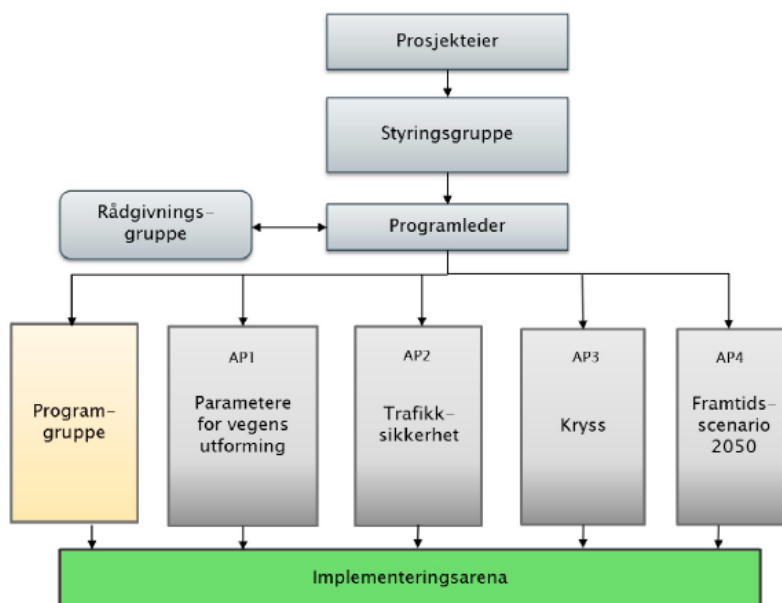
Av disse årsakene kan det tenkes at også verdiene for fart og friksjon som brukes i ulike land er forskjellig og finnes på ulike måter. Det skal derfor i denne oppgaven forsøkes å finne ulike fremgangsmåter og verdier for den farten og friksjonen som benyttes ved dimensjonering av veger i ulike land og sammenligne disse. Dette sammenlignes også med utførte målinger av den opptredende farten til trafikanter som er gjort i Norge, for å vurdere hvor godt de ulike verdiene stemmer med farten trafikanter faktisk kjører i.

Siden valget av fart og friksjon videre har betydning for hvordan man kan utforme vegene skal det også sees videre på hvilke konsekvenser det ville fått for utformingen av veger dersom de ulike verdiene som finnes blir benyttet.

1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for denne oppgaven er et pågående forskning- og utviklingsprogram (FoU-program) som gjennomføres av Statens vegvesen. Programmet heter Vegutforming og ble vedtatt på et etatsledermøte den 29. august 2014 (Vegdirektoratet, 2016a). I denne bestillingen forklares det at programmet ble startet for å skaffe mer kunnskap om elementer og metoder innenfor vegplanlegging og vegutforming, siden mye av det som brukes i dagens vegnormaler er basert på gammel kunnskap som har varierende dokumentasjon. Det er mye fokus på kostnader ved vegbygging i Norge, og at vegene skal ha rett kvalitet ved at man får mye verdi for investeringene som gjøres. Derfor skal det nå tas en kritisk gjennomgang av dagens grunnlag for planlegging av veger for å se hvor godt dette er oppdatert i forhold til dagens trafikksituasjon og krav som stilles fra samfunnet. Ved å gjøre dette skal det avdekkes om det er kunnskapshull innenfor emnet som behøver mer forskning og om grunnlaget som brukes i dag er tilstrekkelig fremtidsrettet i forhold til videre samfunnsutvikling.

FoU-programmet er delt inn i 4 arbeidspakker som vist i figur 1.1 under, der denne oppgaven er underlagt arbeidspakke 1 kalt «Parametere for vegens linjeføring». De tre andre pakkene er kalt «Trafikksikkerhet og vegutforming», «Kryssutforming» og «Framtidsscenario 2050». Det er også en programgruppe som har ansvaret for gjennomføringen og skal samordne disse fire pakkene. Disse fire pakkene gjennomføres parallelt og skal til slutt implementeres hos Statens vegvesen i fremtidige håndbøker, i verktøy og metoder eller i videre forskning og utvikling.



Figur 1.1 Organisering av FoU-programmet Vegutforming (Vegdirektoratet, 2016a)

Arbeidspakken Parametere for vegens linjeføring skal fokusere på alle parametere som er bestemmende for utformingen av veger. Dette omfatter parametere som setter krav til blant annet vegens geometri, tverrprofilutformingen og siktproblematikk. Det skal tas en gjennomgang av grunnlaget som benyttes her og hvordan disse er tilpasset dagens situasjon og fremtidig utvikling og vurdere opp mot andre metoder og verdier. Målet med arbeidspakken er å få bedre dokumentasjon og et bredere faglig grunnlag for metoder og krav som benyttes i utformingen av veger i fremtiden.

Siden det er mange parametere som er bestemmende for vegutformingen er disse fordelt på flere personer, de fleste innen Statens vegvesen, men også fra andre institusjoner. Hver parameter skal gjennomgås hver for seg, for å kunne vurdere grunnlaget og bruken av disse isolert sett, før det også skal sees på avhengigheten av andre parametere og hvordan de påvirker hverandre.

Denne oppgavens del av arbeidspakken er å vurdere parameterne fart og friksjon, som er to sentrale parametere i utformingen av veger.

1.2 Mål

Målet med denne oppgaven er å gjøre en vurdering av grunnlaget og verdiene som benyttes i Norge i dag for parameterne fart og friksjon og å få et bedre kunnskapsgrunnlag for disse parameterne ved fremtidig planlegging av veger. Gjennom en sammenligning av de norske parameterne med opptredende verdier og andre lands tilnærminger til fart og friksjon skal det drøftes hvor godt egnet de norske metodene for fastsetting av dimensjonerende fart og friksjon er i forhold til kunnskap om den reelle situasjonen. Samtidig vurderes det om det kan være andre metoder og tilnærminger til fart og friksjon som kan være aktuell å benytte i Norge og hvilke konsekvenser det ville ført til.

Oppgaven er delt inn i fem hovedmål som skal studeres, to knyttet til fart, to til friksjon og et til både fart og friksjon.

Hovedmål fart:

1. Finne metoder og fremgangsmåter for fastsettelsen av dimensjonerende fart fra 7 ulike land i sammenheng med fartsgrense og opptredende fart fra fartsmålinger og sammenligne disse.
2. Finne ut hvordan de ulike metodene for fastsettelsen av dimensjonerende fart påvirker linjeføringsparameterne som har fart som inngangsdata ved å beregne parameterne minimum horisontalkurveradius, stoppsikt og minimum vertikalkurveradius i høybrekk og lavbrekk med de ulike verdiene for fart som finnes.

Hovedmål friksjon:

3. Finne metoder og fremgangsmåter for fastsettelsen av dimensjonerende friksjon fra 7 ulike land i sammenheng med fartsgrense og opptredende friksjon fra friksjonsmålinger og sammenligne disse.
4. Finne ut hvordan de ulike metodene for fastsettelsen av friksjon påvirker linjeføringsparameterne som har friksjon som inngangsdata ved å beregne parameterne minimum horisontalkurveradius, stoppsikt og minimum vertikalkurveradius i høybrekk med de ulike verdiene for friksjon som finnes.

Hovedmål fart og friksjon:

5. Finne ut hvordan de ulike metodene for fastsettelsen av både dimensjonerende fart og friksjon sammen påvirker linjeføringsparameterne som har dette som inngangsdata ved å beregne parameterne minimum horisontalkurveradius, stoppsikt og minimum vertikalkurveradius i høybrekk med de ulike verdiene for fart og friksjon som finnes.

Når de fem hovedmålene er gjort rede for brukes dette som grunnlag for å vurdere metodene og forutsetningene som gjøres i Norge for grunnparameterne fart og friksjon i forhold til hva som gjøres i andre land. Datagrunnlaget for opptredende fart og friksjon vil benytte oppdaterte verdier og vil vurderes opp mot det som benyttes i norsk vegutforming.

Resultatet av studien vil kunne gi forslag til endring av forutsetningene til fart og friksjon som brukes ved dimensjonering i Norge eller en bekreftelse på at metoden og forutsetningene som brukes er gode.

1.3 Oppgavens oppbygging

For å klarlegge hvordan denne oppgaven videre er bygget opp blir det her tatt en gjennomgang av fremgangsmåten for presentasjonen av arbeidet med en kort beskrivelse av innholdet i hvert kapittel.

Kap. 2 Teori – I dette kapitlet gjennomgås grunnleggende teori som omtales i oppgaven, samt det norske grunnlaget for dimensjonering av veger.

Kap. 3 Metode – I dette kapitlet forklares det hvordan det er arbeidet med oppgaven og hvilke metoder som er benyttet for datainnsamling og bearbeiding og vurdering av data.

Kap. 4 Fart- og friksjonsmålinger – Det dokumenteres her hvordan innsamlingen og vurderingen av måledata som brukes som grunnlag i oppgaven er gjort. Resultatene fra målingene som benyttes i sammenligningene presenteres her.

Kap. 5 Fart – Dette kapitlet tar en gjennomgang av ulike lands fremgangsmåter og tilnærminger til fart som er funnet gjennom litteraturstudie og vurderer hvordan landenes verdier skal sammenlignes.

Kap. 6 Friksjon – Dette kapitlet tar en gjennomgang av ulike lands fremgangsmåter og tilnærminger til friksjon som er funnet gjennom litteraturstudie og vurderer hvordan landenes verdier skal sammenlignes.

Kap. 7 Sammenligning – Verdier som er funnet i kap. 4, 5 og 6 sammenlignes, og det beregnes hvilke konsekvenser bruk av disse verdiene gir for linjeføringsparametere.

Kap. 8 Diskusjon – Tema innenfor fart, friksjon og linjeføringsparametere diskuteres her ut i fra funnene som ble presentert i kap. 4, 5 og 6 og resultatene fra sammenligningene i kap. 7.

Kap. 9 Konklusjon og anbefalinger – Det konkluderes her med hva som er funnet i oppgaven ut i fra målene som er satt og det foreslås videre arbeider ut fra funn i oppgaven.

2 Teori

2.1 Begreper

Denne oppgaven tar for seg flere ulike metoder for dimensjonering av veg i ulike land. Det brukes ved de ulike metodene flere forskjellige begreper i tilknytning til dette, og enkelte ganger brukes også det samme begrepet med forskjellig mening. Det blir av den grunn her gjennomgått de viktigste begrepene og bestemt en felles definisjon som brukes videre i oppgaven. Disse definisjonene er basert på den norske forståelsen av terminologien (Høye, 2012; Statens vegvesen, 2014a, 2014b og 2018), men det har også vært nødvendig å supplere med definisjoner funnet fra utenlandske håndbøker og faglitteratur (AASHTO, 2011; Austroads, 2016; Fitzpatrick et al., 2003; Krammes et al., 1996).

Opptredende fart

Den opptredende farten, også kalt fartsnivået, på en veg er den farten kjøretøy holder på en strekning uten at det er noen fartsregulerende elementer, som f.eks. køkjøring eller kryss som begrenser farten. Trafikanterens opptredende fart blir som regel her oppgitt som 85 %-fraktilen av alle målte hastigheter, det vil si at 85 % av alle kjøretøy kjører i eller under denne farten, men den kan også oppgis som den målte gjennomsnittsfarten.

Fartsgrense

Fartsgrensen på en veg er den maksimale farten det er tillatt å kjøre i. Denne grensen kan være bestemt av den generelle fartsgrensen i et land eller en særskilt fartsgrense.

Den generelle fartsgrensen er fastsatt ved lov og behøver ikke være skiltet. Hvert land har som regel 2-3 generelle fartsgrenser for ulike områder, oftest én i tettbygd strøk og én utenfor tettbygd strøk og i noen tilfeller én for motorveger. Dette gjelder på alle veger åpent for allmenn ferdsel der det ikke er gitt noen annen grense.

Særskilte fartsgrenser er andre fartsgrenser enn de generelle, og må skiltes spesielt. Hvem som bestemmer disse fartsgrensene varierer med ulike land, men det er vanligvis vegmyndigheter, departement og/eller politi.

Mange land opererer også med anbefalte fartsgrenser. Dette er den farten som er anbefalt for

en kort strekning langs en veg, for eksempel ved en krapp kurve. Dette er altså ikke en lovpålagt grense, men kan i noen land likevel ha en juridisk betydning ved ulykker.

Fartsgrensen ligger i mange land til grunn for dimensjoneringen av veger.

Dimensjonerende fart

Den dimensjonerende farten (fork. «dim. fart») er den farten det dimensjoneres for ved planlegging av nye veger eller utbedring av eksisterende veger og som brukes ved beregninger av linjeføringsparametere. I mange land blir den dimensjonerende farten omtalt som «design speed». Denne farten blir som regel forsøkt tilpasset den opptredende farten, og tilnærmingen her kan gjøres ved ulike metoder. Den dimensjonerende farten varierer ut i fra vegtype og område vegen går gjennom. Ved fastsettelsen av dimensjonerende fart kan det for eksempel ta utgangspunkt i fartsgrensen, ofte med et fartstillegg, eller den kan vurderes ut ifra vegens utforming. Dimensjonerende fart kan også omtales som beregningsmessig fart, men i denne studien benyttes bare førstnevnte.

Fartstillegg

Et fartstillegg er et gitt tillegg som i noen land blir brukt ved dimensjonering av veger som et tillegg til en bestemt fart, for eksempel som et tillegg til fartsgrensen. Dette fartstillegget blir som regel brukt for å tilnærme seg opptredende fart til trafikanter (85 %-fraktilen) og fungerer som en sikkerhetsfaktor i dimensjoneringen. Størrelsen på fartstillegget kan enten være en fast størrelse bestemt for en type veg eller det kan variere ut i fra hva som beregnes eller langs etter vegen etter geometrien og utformingen.

Ønsket fart

Ønsket fart er den farten førere vil kjøre med når vegen har god linjeføring, eksempelvis på lange rettlinjer og i store horisontalkurver. Dette forutsetter at andre kjøretøy ikke begrenser den naturlige adferden, altså skal det være fri flyt. På veger med høy standard hvor farten forventes å være jevn er ofte ønsket fart lik opptredende fart. Ønsket fart varierer ikke langs en strekning som er enhetlig utformet, har likt sideområde og jevn fartsgrense.

Reisehastighet

Reisehastigheten på en veg beskriver hastigheten ved en gitt rute, ofte en lengre strekning f.eks. mellom to byer. Reisehastigheten oppgis som gjennomsnittshastigheten for hele strekningen, altså lengden på strekningen delt på kjøretiden. I reisehastigheten er stopp og hindringer inkludert i kjøretiden.

Tettbygd strøk

Tettbygde strøk er områder med tett bebyggelse, for eksempel byer, forsteder eller andre tettsteder.

Åpent landskap

Et åpent landskap er i denne oppgaven definert som områder med spredt bebyggelse eller uten bebyggelse.

Vegens funksjonsklasse

Vegens funksjonsklasse beskriver hvilken funksjon som er den viktigste for vegen, hovedsakelig om den har fremkommelig eller tilgjengelighet/adkomst som hovedfunksjon. Mange land deler de inn i klassene hovedveg, samleveg og adkomstveg, og noen land har også motorveg som en egen funksjonsklasse.

Vegtype

En vegtype er en veg innenfor en kategorisering som ulike land gjør for å skille mellom forskjellige typer veger. Denne inndelingen er forskjellig fra land til land, men kan for eksempel gjøres etter trafikkmengde (ÅDT), antall kjørefelt eller landskapsområde.

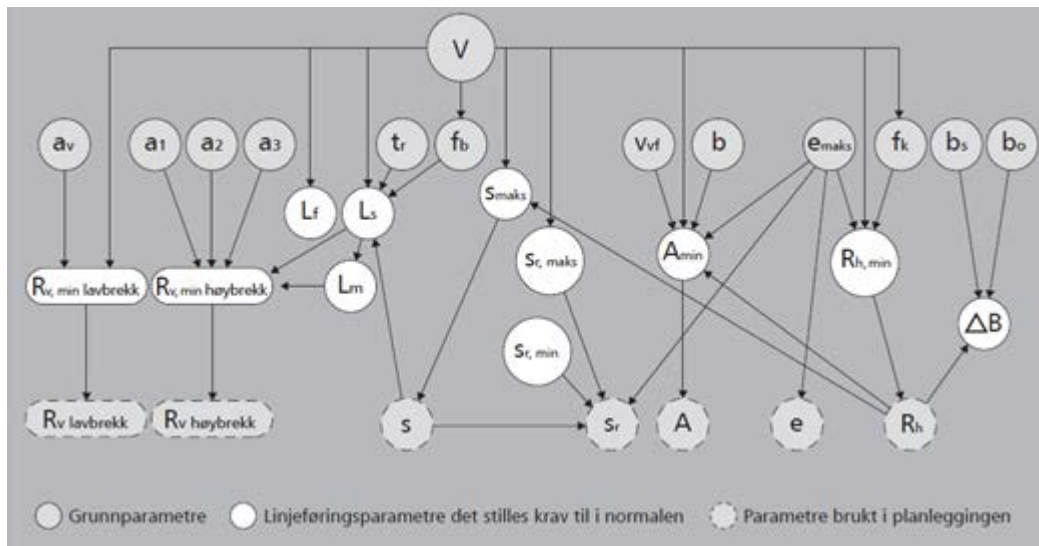
ÅDT

Årsdøgntrafikk. «*Det totale antall kjøretøy som passerer et snitt på en veg i løpet av ett år, dividert med 365*» (Statens vegvesen, 2014a, s. 169).

2.2 Parametere ved dimensjonering av veg

Ved dimensjonering av veger ligger det mange parametere til grunn som er bestemmende for hvordan veger blir utformet. Disse parameterne kan være valgte verdier som avhenger av trafikkbildet og området vegen går i, de kan være basert på fysiske lover og formler eller det kan være parametere som er bestemt av menneskers og kjøretøyenes kapasiteter og begrensninger.

Bestemmelsen av disse verdiene kan gjøres på forskjellige måter. Man kan velge å bestemme verdiene kun ut i fra teoretiske analyser av veger og trafikk, eller man kan velge en mer praktisk tilnærming med feltforsøk og analyser som forteller hvordan trafikanter og kjøretøy opererer i praksis. Man kan også velge hvor mye sikkerhet en vil legge i de ulike parameterne, både som sikkerhetsfaktorer ved utregninger eller ved å velge at man vil inkludere en høy fraktil av observasjonene som verdi for parameteren.



V = fartsgrense (med eventuelle fartstillegg)	L _f = forbikjøringssikt
a _v = vertikalakselerasjon	L _s = stoppsikt
a ₁ = øyehøyde	L _m = møtesikt
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 vertikalfart	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 2.1 Oversikt over alle parametere ved dimensjonering av veger i Norge (Statens vegvesen, 2014b)

Alle parameterne har relasjoner til hverandre, som man ser av figur 2.1. Mange av disse forteller hvordan vegen fysisk skal bygges opp for å gi en trafiksikker og komfortabel kjøreopplevelse. Andre parametere inngår bare i beregningen av andre parametere og vil ikke synes direkte i den fysiske utformingen av vegen. Disse parameterne som legges til grunn ved beregningene av minimums- og maksimumskrav til vegens utforming kalles for grunnparametere (Statens vegvesen, 2014b).

2.3 Grunnparametere

Grunnparametere er altså de parameterne som gir grunnlaget for fastsettelsen av alle krav til den geometriske utformingen av veger. Det vil si at det ikke er grunnparameterne i seg selv det stilles krav til ved dimensjonering av vegene, men de er direkte bestemmende for verdiene som minimum/maksimum kan brukes.

Som man ser av figur 2.1 er enkelte av grunnparameterne mer avgjørende enn andre. For eksempel har den dimensjonerende fart (V) innvirkning på flere andre parametere og er slikt sett kanskje den viktigste. Mens en annen grunnparameter vertikalakselerasjonen (a_v) kun har betydning for én annen parameter, minste vertikalkurveradius i lavbrekk (R_v min lavbrekk).

For å bestemme verdiene til disse grunnparameterne må visse forutsetninger ligge til grunn. Dette gjelder for eksempel hvilke lys- og kjørebaneforhold det skal dimensjoneres for og hvilke kjøretøytyper som skal være dimensjonerende ved ulike forhold. Det må også bestemmes hvilke verdier fra observasjoner som skal brukes til grunnparametere, for eksempel om man skal inkludere alle observasjoner eller velge et visst observasjonsintervall eller visse tidsperioder. Hvilke dimensjoneringsforutsetninger som velges her kan utgjøre store forskjeller i hvilke krav som til slutt settes til vegens utforming.

Verdiene til de ulike grunnparameterne bestemmes på forskjellige måter. Noen av grunnparameterne er konstant for alle typer veger som dimensjoneres, og disse kan for eksempel være bestemt med en 85 %-fraktil av de ulike observasjonene. Eksempler på slike konstante grunnparametere ved norsk dimensjonering (Statens vegvesen, 2014b) er øyehøyde og reaksjonstid, som bestemmes ved 85 %-fraktilen av opptredende situasjoner. Andre grunnparametere kan variere ut i fra om det dimensjonerende kjøretøyet er vogntog eller personbil, og også her benyttes 85 %-fraktilen i Norge for verdiene til kjøretøyene. De

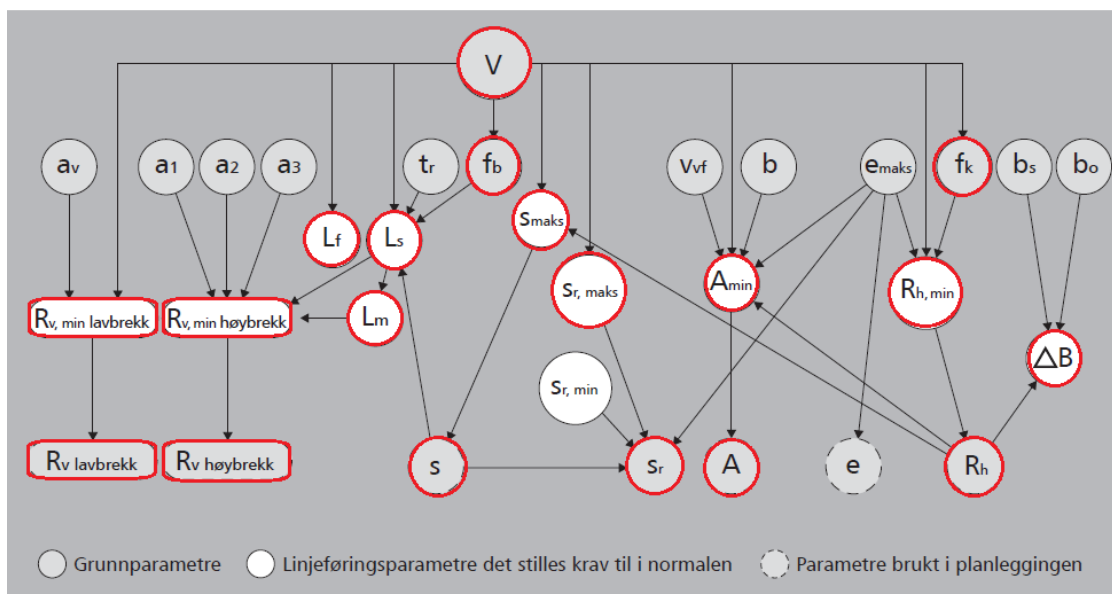
resterende grunnparametere varierer ut i fra hvilken dimensjoneringsklasse som er valgt, og det er denne gruppen som er mest avgjørende for utformingen av veger.

Grunnparameterne deles av Håndbok V120 (Statens vegvesen, 2014b) inn i gruppene statistiske variabler, variabler knyttet til påvirkning på kjøretøy/bilfører, variabler knyttet til vegen og variabler knyttet til bilfører.

2.3.1 Fart

Fart er en grunnparameter ved dimensjonering av veger som forteller hvor raskt trafikanter kjører på vegen, og er altså et mål på hvor langt et kjøretøy forflytter seg pr tidsenhet. Farten kan måles i enkeltpunkter, som gir punkthastigheten til kjøretøy, eller over gitte strekninger, som gir strekningshastigheten. Farten til kjøretøy måles ofte i kilometer pr time (km/t), men miles per hour (mph) brukes også mange land. Ved beregninger brukes ofte meter pr sekund (m/s), og dette er også SI-enheten for fart.

I vegutforming er farten ofte den mest sentrale grunnparameteren ved dimensjonering av veger. Dette er fordi fart er bestemmende for de fleste minimums/-maksimumsverdiene til linjeføringsparameterne, og har også stor betydning for hvilke verdier som velges i utformingen av vegen utover minimumsverdiene.



Figur 2.2 Parametere som er avhengig av fart

Som man ser av figur 2.2 har farten blant annet direkte innvirkning på minimumsverdien for horisontalkurve radius ($R_{h, \min}$), klotoidparameter (A_{\min}) og stoppsikt lengden (L_s), og i tillegg er den videre bestemmende for bl.a. minimum høybrekkskurve ($R_{v \min, \text{høybrekk}}$) og møtesikt (L_m).

Siden farten det dimensjoneres med har stor betydning for vegens utformingen, er det avgjørende at denne stemmer overens med hvilken fart som vil velges av trafikantene i praksis. For å tilnærme seg denne farten er det mange muligheter og mange faktorer som spiller inn. Tre av faktorene som er viktig for hvilken fart trafikanter vil holde er, ifølge Fitzpatrick et al. (2003) og Highways England (2002) vegens linjeføring, vegens tverrprofil og øvrige utforming og fartsgrensen på veggen. Dette er faktorer som ofte legges til grunn for hvilken dimensjonerende fart som velges på veggen.

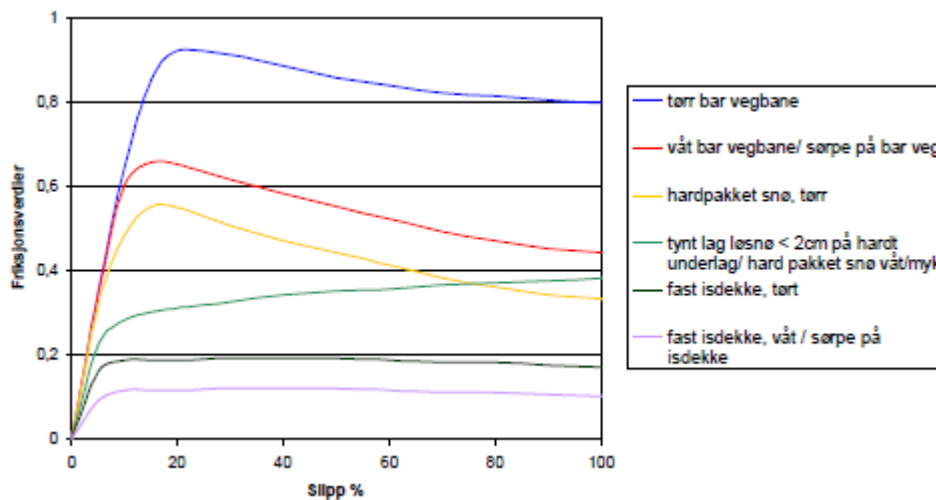
2.3.2 Friksjon

Friksjon er ved dimensjonering av veger motstanden mot glidning mellom hjulet til et kjøretøy og overflaten til vegdekke (Høye, 2012). Denne kraften virker i motsatt retning av hjulets bevegelse, og bremser altså kjøretøyenes hastighet. Ved høyere hastighet på kjøretøyet blir friksjonskraften mellom vegoverflaten og hjulet også høyere (Ormestad, 2018).

Hvor stor friksjonen er mellom hjulet og vegoverflata er bestemmende for hvor godt veggrep kjøretøyene har. Dette er ifølge Nonstad (u. å.) avhengig av bl.a. hjulets utforming og kvalitet, vegdekkets materialer og egenskaper, kjøretøyets vekt og hastighet og i tillegg om det er vann i vegbanen som kan skape en vannfilm mellom hjulet og vegoverflata. Dersom et gammelt hjul med slitt gummi ruller over en veg med isdekke vil man risikere å ha lite motstand mellom hjul og vegoverflate, altså lite friksjon.

Verdien på friksjon oppgis med en koeffisient som kan variere mellom 0 til 1, som beskriver forholdet mellom et kjøretøys bremskraft og normalkraft (tyngde). Jo nærmere 0 denne friksjonskoeffisienten jo dårligere friksjon er det mellom hjul og vegoverflate. Dersom friksjonskoeffisienten hadde vært 0 ville det ikke vært noe motstand mellom hjul og vegoverflaten, og kjøretøyet ville da ikke hatt noe feste til vegbanen. Eksempler på typiske verdier for friksjonskoeffisienten mellom hjul og vegdekke er vist i figur 2.3 under, og blir ifølge Dahlen (2015) som regel målt til verdier mellom 0,05 – 0,15 på våt is, 0,4 – 0,9 på våt bar asfalt og mellom 0,8-1,0 på tørr bar asfalt. Hvilke dekkeoverflateforhold som skal brukes

som dimensjoneringsgrunnlag ved prosjektering må derfor være bestemt, og kan utgjøre store forskjeller i friksjonsverdien.



Figur 2.3 Typiske verdier for friksjonskoeffisienten avhengig av føreforhold og slipp prosent (Dahlen, 2015)

For å bestemme verdiene for friksjon kan man utføre ulike målinger på veg. Dette gjøres ifølge Dahlen (2015) og Nonstad (2003) vanligvis på tre måter:

- Den første metoden er å måle bremselengden fra en gitt hastighet ned til full stopp, for deretter å regne ut en gjennomsnittlig friksjonskoeffisient. Det behøves ikke et spesielt instrument for å utføre denne målingen. Dette brukes kun for å gi en indikasjon på friksjonen, og ikke for dokumentering av verdiene ettersom det er flere usikre faktorer ved målingen.
- Den andre metoden er å måle retardasjonen ved nedbremsing mellom to hastigheter og samtidig måle tiden dette tar. En bruker dette til å regne ut en gjennomsnittlig friksjonskoeffisient som var opptredende mellom de to hastighetene. Resultatet er avhengig av flere kjøretøy- og metodefaktorer, og det er derfor utarbeidet prosedyrer for gjennomføringen av disse målingene.
- Den tredje metoden er ved bruk av slippmålere, som er avbildet i bilde 2.1. Dette er en metode der et eget hjul er festet på et kjøretøy/tilhenger og måler friksjonen ved at hjulet bremses og måler motstanden mellom hjul og vegoverflate.

Den tredje metoden er den mest brukte metoden for måling av friksjon i Norge. For å regne ut friksjonskoeffisienten ved denne metoden brukes hjulets normalkraft og fartsdifferansen mellom hjulet og kjøretøyet. Dette gjøres enten med fast slipp eller variabel slipp.



Bilde 2.1 Måling av friksjon ved slippmåler (Dahlen, 2015)

Fast slipp vil si at hjulets fart er en fast prosentverdi av kjøretøyets fart gjennom hele målingen. Det vil si at slippprosenten som gir verdien for friksjon er bestemt før en begynner med målingene. Ved fast slipp benyttes som regel en slipp på mellom 10 – 20 % og maksimalpunktet for slippprosenten er ofte rundt 20 % (Nonstad, u. å.).

Ved variabel slipp varieres slippprosenten fra 0 til 100 % gjennom målingen (Nonstad, u. å.). Dette gjøres ved at målehjulet i løpet av noen sekunder bremses ned fra fritt rullende, altså fra hjulet er 0 % låst, til det er 100 % låst. Under hele nedbremsinga måles friksjonen og den maksimale verdien som oppnås registreres sammen med hvilken slippprosent dette opptrådte ved.

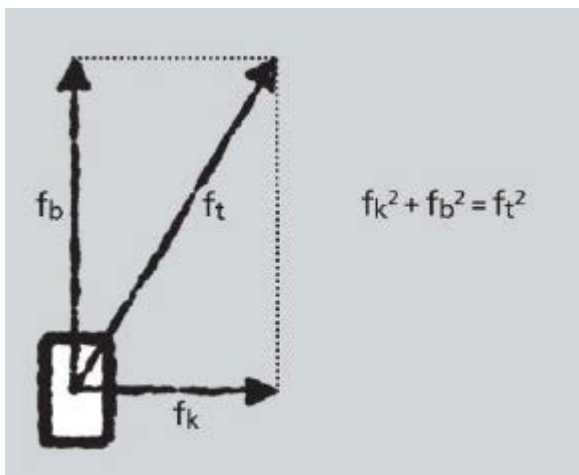
Hvor mange prosent hjulet er låst kalles altså slippprosent, og denne beregnes ved formelen

$S = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} * 100$, der ω er vinkelhastigheten til målehjulet i radianer ved start og slutt (Statens

vegvesen, 2005). Denne kan også skrives som $S = \frac{\frac{v_0 - v}{r}}{\frac{v_0}{r}} * 100 = \frac{v_0 - v}{v_0} * 100$, der v er hjulets

fart og r er hjulets radius. Denne slippprosenten har stor betydning for hvilken friksjonsverdi som fås fra målingene, som figur 2.3 tidligere i kapittelet også viser.

Ved disse målingene måles altså den totale friksjonen mellom kjøretøyene hjul og vegdekke, kalt totalfriksjon f_t . Denne verdien deles opp i en radiell verdi og en tangentiell verdi (Statens vegvesen, 2014b), slik vist i figur 2.4 under. Den radielle verdien kalles sidefriksjon f_k , og er den dekomponerte verdien av totalfriksjonen som virker 90° på kjøreretningen i horisontalplanet. Den tangentielle verdien kalles bremsefriksjon, og er delen av friksjon som virker i kjøreretningen i horisontalplanet. Sammenhengen mellom de tre friksjonskoeffisientene finnes ved Pytagoras' setning om forholdene mellom sidene i rettvinklede trekkanter. Dette gir $f_t^2 = f_k^2 + f_b^2$.



Figur 2.4 Dekomponering av friksjon (Statens vegvesen, 2014b)

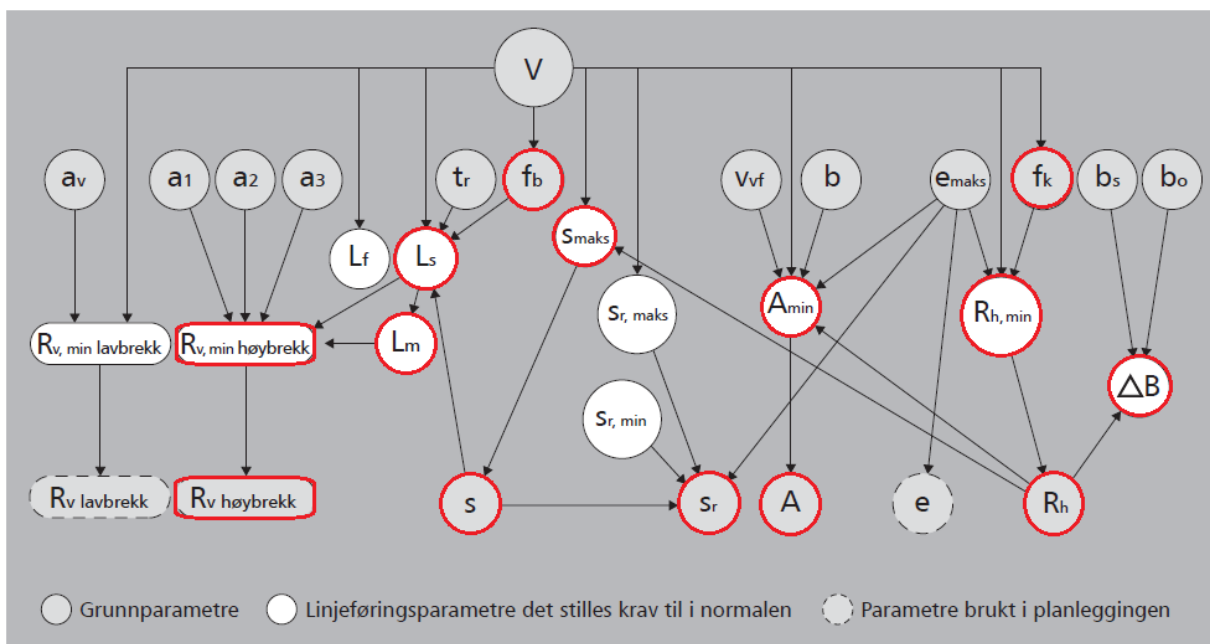
Ved kjøring er sidefriksjonen den delen av friksjon som gjør at bilførere holder kontroll på kjøretøyet sideveis. Sidefriksjon sikrer at trafikanter kan svinge kontrollert gjennom horisontalkurver, sammen med overhøyden i kurven.

Bremsefriksjon er i praksis den delen av friksjon som gjør at kjøretøy kan akselerere og bremse i lengderetningen.

Der kjørevegen er helt flat i tverrprofilet og kjøretøyet kjører rett fram vil sidefriksjonen i teorien være lik 0, og totalfriksjonen vil være lik bremsefriksjonen. Men siden tverrprofilet på en veg for det aller meste har en overhøyde med verdi over eller under 0 (også på rettstrekninger) vil sidefriksjonen som regel ta opp noe av totalfriksjonen.

Ved prosjektering av veger benyttes friksjon ved beregning av linjeføringsparametere. Ved valg av en dimensjonerende verdi for side- og bremsefriksjon kan man for eksempel benytte tidligere nevnte målemetoder som utgangspunkt. Hvilken fraktilverdi av friksjon som benyttes kan variere ved ulike tilnæringer, men ifølge Lamm et al. (1990) anbefales bruk av 95 %-fraktilen for friksjon ved dimensjonering.

Sidefriksjon kan benyttes ved beregning av parametere som bestemmer vegens linjeføring og tverrprofil, blant annet minimum horisontalkurvatur og hvilken overhøyde som må benyttes. Bremsfriksjon kan brukes til å beregne stoppsikt lengden på en veg, ved at den er bestemmende for hvor lang bremselengde kjøretøyene har. Stoppsikt lengden er ofte bestemmende for minimumskravet til høybrekk, og størrelsen på bremsefriksjon kan derfor avgjøre også denne parameteren. I figur 2.5 under er sidefriksjon og bremsefriksjon markert sammen med alle øvrige parametere som er avhengig av disse to ved dimensjonering ved norske metoder.



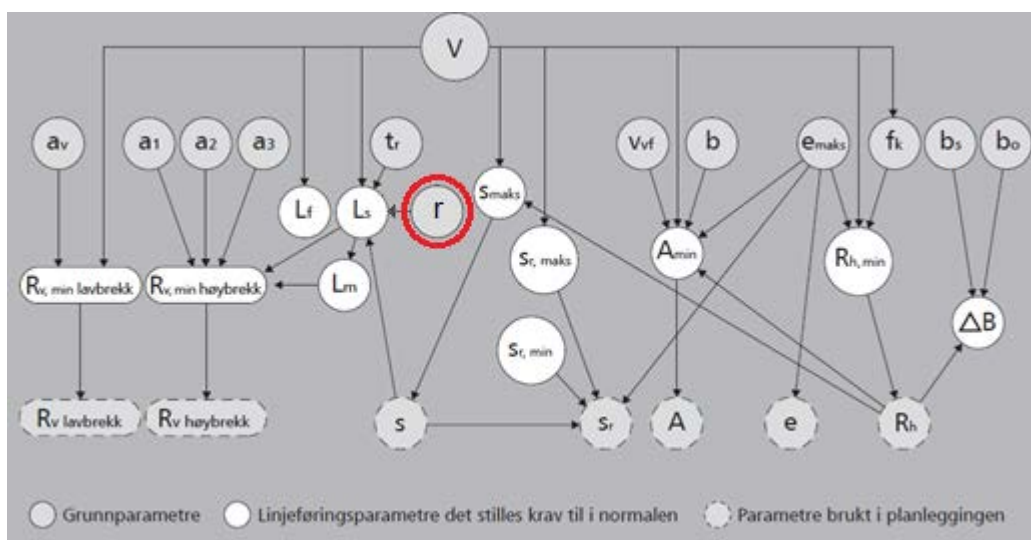
Figur 2.5 Parametere som er avhengig av friksjon

2.3.4 Retardasjon

Retardasjon er endringen av fart som bilister utfører ved nedbremsing. Den kan også ansees som en negativ akselerasjon, og angis med enhet $[m/s^2]$. Retardasjonen uttrykkes konstant uavhengig av dimensjonerende fart ved beregninger. Den kan også uttrykkes som bremsefriksjon siden retardasjon er produktet av friksjon og tyngdeakselerasjonen, $r = f * g$.

Bakgrunnen for bruk av retardasjon i beregninger av nedbremsing er en studie utført av det nasjonale forskningsprogrammet for veger i USA (NCHRP) på slutten av 90-tallet (Fambro et al., 1997). De tok for seg den tradisjonelle modellen for beregning av stoppsikt med mål om å endre denne til en mer nøyaktig modell. Ifølge rapporten har den tradisjonelle modellen opprinnelse fra 1940-tallet og baserer seg på verst tenkelige tilfelle. Anbefalinger fra denne studien baserer seg på førernes ferdigheter og opptreden istedenfor behovet for ekstra sikkerhet. Men går bort fra å måle friksjonen mellom hjul og vegdekke og studerer heller førerens evne til å bremse ned kjøretøyet, både til forventede og uventede stopp.

Mange land benytter nå en konstant retardasjon istedenfor en tangentiell friksjonskoeffisient som varierer med hastigheten når bremselengden i stoppsikten bestemmes. Figur 2.6 viser hvordan retardasjon ville ha erstattet bremsefriksjonen i det norske parameterhierarkiet.



Figur 2.6 Konsekvens for innføring av grunnparameter retardasjon

2.4 Linjeføringsparametere

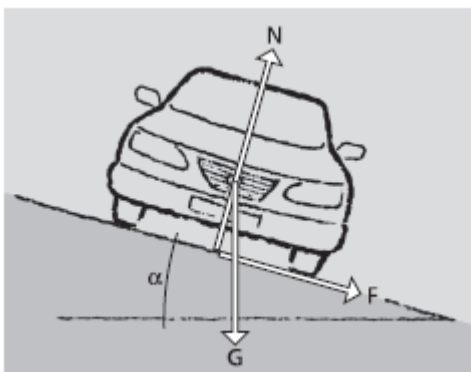
Linjeføringsparametere er alle parametere som bestemmer vegens geometri og utforming, og som forteller om vegen oppfyller de ønskede kriteriene for den planlagte vegen. Hvilken minimums- eller maksimumsverdi disse parameterne skal ha regnes ut ved hjelp av formler med grunnparametere som inngangsdata, eventuelt med andre linjeføringsparametere som er funnet/bestemt tidligere. Parametere utover minimums-/maksimumsverdier kan også i noen tilfeller velges fritt, altså uten at utregninger er nødvendig for finne verdiene.

Eksempler på linjeføringsparametere er horisontalkurveradius (R_h) som bestemmer hvor krapp kurvene er i horisontalplanet og vegens tverrfall (e) som definerer sidehelningen. Et annet eksempel er stoppsikt lengden som forteller lengden det tar å stoppe et kjøretøy for hindringer i kjørebanelen.

I denne studien skal verdier for ulike linjeføringsparametere sammenlignes med forskjellige verdier for grunnparameterne fart og friksjon som inngangsdata i beregningen. Under forklares linjeføringsparametere som benyttes i oppgaven og den norske metoden for beregningen av disse etter Håndbok V120 (Statens vegvesen 2014b).

2.4.1 Horisontalkurveradius

En horisontalkurve er en del av en sirkel og har konstant krumning. Holder et kjøretøy en jevn fart gjennom sirkelen fører dette til at kjøretøyet blir utsatt for en konstant sidekraft. Figur 2.7 viser hvilke krefter som virker på et kjøretøy som kjører i en horisontalkurve.



Figur 2.7 Krefter på kjøretøy i kurve (Statens vegvesen, 2014b)

Minste horisontalkurveradius, $R_{h, \min}$, bestemmes ut fra denne formelen:

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

hvor

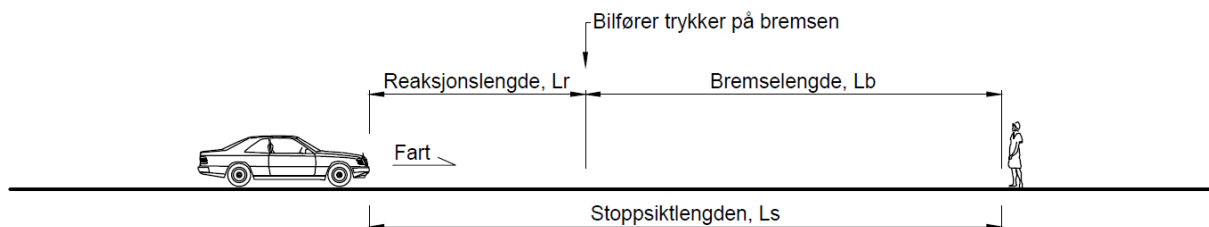
V dimensjonerende fart [km/t]

e_{maks} maksimal tillatt overhøyde [m/m]

f_k sidefriksjonskoeffisient [-]

2.4.2 Stoppsikt

Stoppsikt, eller stoppsiktlengden, er den lengden det krever for en gjennomsnittlig sjåfør som kjører i dimensjonerende fart til å observere, reagere og stoppe kjøretøyet for et uventet objekt i vegbanen. Stoppsiktlengden består av 2 komponenter, reaksjonslengden og bremselengden, som illustrert i figur 2.8.



Figur 2.8 Illustrasjon av stoppsikt

Stoppsikt bestemmes ved følgende metode:

$$L_s = L_r + L_b = 0,278 \cdot t_R \cdot V + \frac{V^2}{254,3 \cdot (f_b + s)}$$

hvor

t_r reaksjonstid [s]

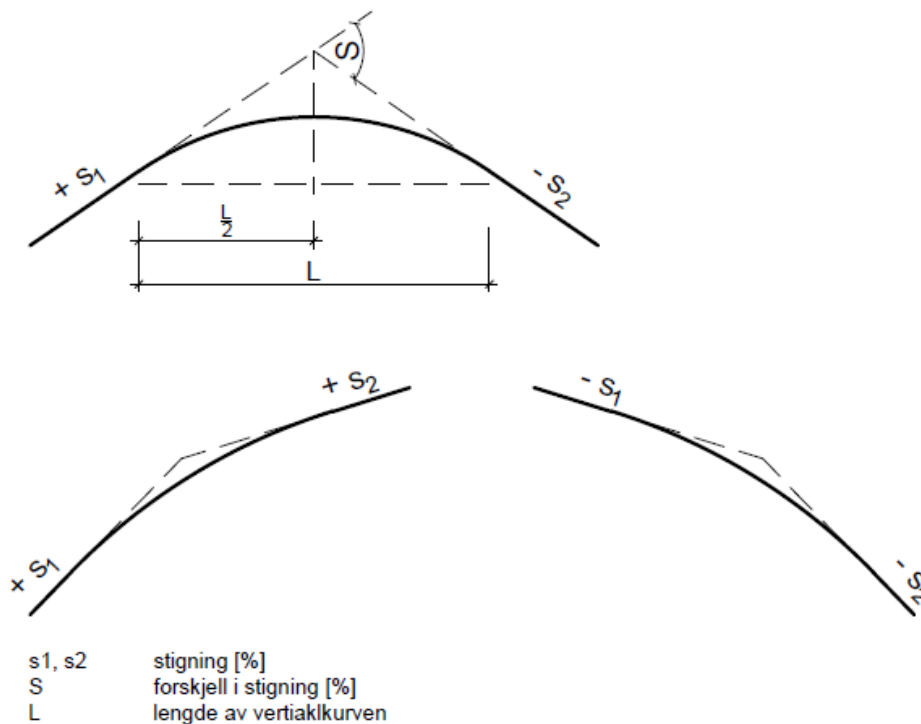
V dimensjonerende fart [km/t]

f_b bremsefriksjonskoeffisient [-]

s stigning [m/m]

2.4.3 Vertikalkurveradius i høybrekk

En vertikalkurveradius i et høybrekk, eller en bakketopp, er en konveks vertikal kurve. Figur 2.9 viser ulike typer høybrekkskurver.



Figur 2.9 Ulike høybrekkskurver

Høybrekkskurver bestemmes i Norge ut fra krav om sikt. Minste høybrekkskurve bestemmes fra følgende formel (forutsatt at $R_v > \text{siktkrav}, L_k$):

$$R_{v, \text{min høybrekk}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{L_k}{\sqrt{a_1} + \sqrt{a_2}} \right)^2$$

hvor

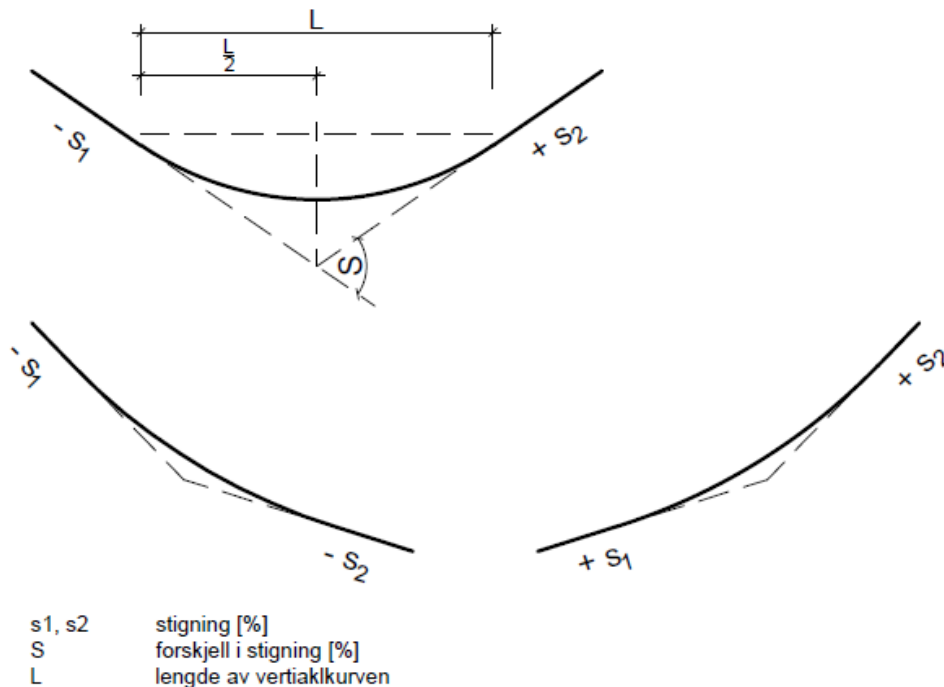
L_k stoppsikt eller møtesikt [m]

a_1 øyehøyde [m]

a_2 beregningsmessig objekthøyde [m]

2.4.4 Vertikalkurveradius i lavbrekk

En vertikalkurveradius i et lavbrekk er en konkav vertikal kurve. Figur 2.10 illustrerer ulike typer lavbrekkskurver.



Figur 2.10 Ulike lavbrekkskurver

I Norge dimensjoneres lavbrekkskurver ut fra et komfortkrav. Minste radius i lavbrekkskurver beregnes med formel:

$$R_{v,\min \text{ lavbrekk}} = \frac{V^2}{12,96 \cdot a_v}$$

hvor

V dimensjonerende fart [km/t]

a_v vertikalakselerasjon [m/s²]

2.5 Vegutforming i Norge

På 1960-tallet kom også de første vegnormalene i Norge slik vi kjenner de i dag som omhandlet geometrisk utforming av veger. På grunn av begrenset fagkunnskap innenfor fagfeltene vegutforming og vegteknologi måtte man på denne tiden hente kunnskap fra utlandet, og derfor har mange av våre metoder for planlegging og bygging av veger sin opprinnelse fra USA som på 60-tallet hadde et etablert forsknings- og fagmiljø innenfor vegbygging (Statens vegvesen, 2009).

2.5.1 Generelt om Statens vegvesens håndbøker

I Norge gir plan- og bygningsloven blant annet føringer for den formelle behandlingen av planleggingen av veger, men det er i vegloven det finnes hjemmel for å bestemme den tekniske utformingen av vegene våre. Vegloven i seg selv gir ingen føringer for den tekniske utformingen, men i paragraf 13 sier vegloven at det er departementet som skal gi forskrifter hvordan offentlige veger skal anlegges. I denne forskrift gir departementet Statens vegvesen ved vegdirektoratet mulighet til å fastsette utfyllende bestemmelser til anlegg av offentlig veg – vegnormalene (Hovd, 2017a).

Statens vegvesen har en egen håndbokserie som omfatter både vegnormaler, retningslinjer og veiledere. Håndbøkene skilles på to nivåer, hvor nivå 1 er normaler og retningslinjer, og nivå 2 er veilederne. Håndbøkene på nivå 1 er de viktigste i håndbokhierarkiet og godkjennes av vegdirektoratet (i noen tilfeller også departementet), men veilederne på nivå 2 godkjennes av den avdeling som har fått fullmakt til dette i vegdirektoratet.

Normaler er hjemlet i lovverket og gjelder all offentlig veg og gate eller Statens vegvesen og andre myndigheter.

Retningslinjer gjelder kun for riksveg og for Statens vegvesen, men også andre aktører kan benytte håndbøkene, blant annet fylkeskommunene eller kommuner. Disse er hjemlet i lovverket eller i instruks fra Vegdirektøren.

Veilederne er hjelpedokumenter som understøtter normalene og retningslinjene. De inneholder utdypende fagstoff utover det som står i normalene og retningslinjene og beskriver mer i detalj hvordan normalkravene kan brukes.

Statens vegvesen har en omfattende håndbokserie bestående av totalt 12 normaler, 26 retningslinjer og 81 veiledere (per januar 2018).

2.5.2 Håndbøker som omhandler vegutforming

Den tekniske utformingen av veger, altså geometrisk utforming av veglinja og vegbanens bredde, er det vegnormal N100 «Veg- og gateutforming» som angir. Mange håndbøker gir suppleringer til N100, blant annet veileder V120 «Premisser for geometrisk utforming av veger» som er grunnlagsmateriale for kapitlene som omhandler veger og utbedring av veger i håndbok N100. Her forklares og redegjøres det for de parameterne som brukes ved konstruksjon av en veglinje og det formelverket som disse parameterne inngår i. Et annet eksempel på utdypende håndbok er håndbok V121 «Geometrisk utforming av veg- og gatekryss» der kryssområder er mer detaljert beskrevet.

Det er også mange håndbøker som har tilgrensende fagområder der det er laget egne håndbøker. Dette gjelder for eksempel det som skjer under og utenfor vegbanen som håndbøkene N101 «Rekkverk og vegens sideområder» og N200 «Vegbygging» omtaler. I spesielle situasjoner må det benyttes andre håndbøker, for eksempel ved prosjektering av veg i tunnel eller bru. Disse håndbøkene kan gi geometriske krav som får følger for krav fastlagt i håndbok N100, eksempelvis siktlengder, som må tas hensyn til når man designer vegens linjeføring og sideområder.

2.5.3 Gjeldende håndbok N100 «Veg- og gateutforming» 2014

Gjeldende utgave av håndbok N100 «Veg- og gateutforming» (Statens vegvesen, 2014a) ble utgitt i 2014 og beskriver hvordan man i Norge skal utforme offentlige veger og gater. N100 gir ikke føringer for den strategiske og overordna planlegginga av vegsystemet, men detaljkravene i håndbok N100 vil påvirke valg som gjøres i regionale planer, kommuneplaner og reguleringsplaner.

Fra den overordna planlegginga er det flere forutsetninger som må avklares før man kan ta stilling til hvilke utformingskrav fra N100 som vil gjelde for den aktuelle strekning eller delstrekning når denne skal detaljeres. Dette er blant annet vegens funksjon, fremkommelighet for ulike typer trafikanter, trafikkmengde, fartsgrense og dimensjoneringsklasse.

For veger gjelder N100 fra skulderkant til skulderkant og for gater beskrives den delen av gata som er beregnet til transport i håndboka. Kryssområder, løsninger for myke trafikanter,

kollektivanelegg andre nødvendige serviceanlegg inngår også i håndbokas gyldighetsområde for både veger og gater.

Forskjellen på en veg og en gate defineres ut fra stedlige forhold i kombinasjon med funksjon og fartsnivå. I hovedsak er vegen en transportåre som man finner utenfor byer og tettsteder. Man finner også veger i byområder, ofte som innfartsvegen til tettstedet eller som interne forbindelser som knytter sammen bydeler, ofte da omtalt som en ringveg. En innfartsveg går på et eller annet tidspunkt over til å bli en gate i byen eller stedet. En veg kjennetegnes ved høy fart, fra 60 km/t og oppover, og er i utgangspunktet tiltenkt kjøretøy. Gater er interne forbindelser i byen eller tettstedet, men også veger i boligområder omtales som gater. I gater er fartsgrensa 50 km/t eller lavere, bebyggelsen ligger ofte tett inntil gata, i større byer som kvartalsstruktur. Gater kan ha blandet trafikk, spesielt bolig-gater, men i byen deles ofte gatesnittet inn etter de ulike transportformene, hvor fortau for de myke trafikantene er den vanligste løsningen.

I 2014-utgaven av N100 deles veger inn i ulike dimensjoneringsklasser. For å bestemme hvilken dimensjoneringsklasse en veg skal planlegges etter bruker man fartsgrense og trafikkmengde i prognoseåret, 20 år etter forventet åpningsår, som inndata. Nå er det ikke gitt at trafikkmengden for den aktuelle strekningen er innenfor trafikkmengdeintervallet for dimensjoneringsklassen hele veien, men målet i håndboka er å oppnå en ensartet vegstandard, og derfor kan delstrekninger bli bygd etter en høyere dimensjoneringsklasse enn vegnormalens grenseverdier tilsier, noen ganger også med en lavere standard enn krav i håndboka. Valg av dimensjoneringsklasse gjøres i den overordnede planleggingen hvor man vurderer sammenhengen av alle delstrekninger som tilhører samme rute.

I håndboka er det 9 dimensjoneringsklasser for nasjonale hovedveger samt 2 egne dimensjoneringsklasser for øvrige hovedveger. Av de 9 klassene for nasjonale hovedveger, brukes alle med unntak av H2 og H3 også i kategorien øvrige hovedveger. I tillegg finnes det 3 dimensjoneringsklasser for samleveger og 3 klasser for adkomstveger. Tabell 2.1 under viser en oversikt over alle dimensjoneringsklassene i 2014-utgaven av håndboka.

ÅDT	<1500				1500 - 4 000				4 000 - 6 000		6 000 - 12 000		12 000 - 20 000			> 20 000		
Fartsgrense [km/t]	50	60	80	90	50	60	80	90	60	80	60	90	60	80	100	60	80	100
Nasjonale hovedveger		H1	H2	H3		H1	H2	H3	H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9
-vegbredde [m]		7,5	8,5	8,5		7,5	8,5	8,5	8,5	10	8,5	12,5	16	20	20	16	20	23
Øvrige hovedveger		H1	H ₀ 1			H1	H ₀ 2		H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9
-vegbredde [m]		6,5	6,5			6,5	7,5		8,5	10	8,5	12,5	16	20	20	16	20	23
Samleveger	Sa1		Sa3		Sa2		H ₀ 2											
-vegbredde [m]	6/5,5		4/6,5		5,5/6		7,5											
Atkomstveger	A1/A2/A3																	
-vegbredde [m]	3,5–7																	

Tabell 2.1 Dimensjoneringsklassene i 2014-utgaven av N100 (Statens vegvesen, 2014a)

I 2015 ble det gjort en endring av dimensjoneringsklassene H8 og H9 etter innspill fra departementet. Motorvegklassene H8 og H9 med fartsgrense 100 km/t ble tatt ut og erstattet med en ny motorvegstandard for fartsgrense 110 km/t etter Statens vegvesen (2015).

Tverrprofilene fra H8 og H9 er videreført for de ulike ÅDT-intervallene i den nye dimensjoneringsklassen.

For hver dimensjoneringsklasse er det en tilhørende prosjekteringstabell hvor man finner linjeføringsparametere som skal benyttes når vegen planlegges. Sentrale linjeføringsparametere som inngår i prosjekteringstabellen er verdier for horisontalkurver, stoppsikt, høybrekkskurver og lavbrekkskurver. For å sikre seg uønskede standardsprang i linjeføringa settes det også krav til nabokurver. Tabell 2.2 på neste side viser eksempel på en slik prosjekteringstabell og hvilke linjeføringsparametere den beskriver.

R_n^1	Horisontalkurvaturparametre							Vertikalkurvaturparametre						
	Nabokurve		Kloto- ide	Sikt lengde ²				$R_{v, høy}$	$R_{v, høy}^2$	$R_{v, lav}$	Over- høyde e	Stig- ning Maks	Res. fall	
	Min	Maks		Min	Stopp	$\Delta st1$	$\Delta st2$	Forbi	Min	Kryss			Min	Maks
250	250	400	125	115	-9	12	450	2800	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
275	250	550	130	115	-9	12	450	2800	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
300	250		140	120	-9	12	450	3000	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
350	250		150	120	-9	12	450	3000	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
400	250		160	120	-9	12	450	3000	6500	2000	8,0	6,0	10,0	2
450	270		170	120	-9	12	450	3000	6500	2000	8,0	6,0	10,0	2
500	270		180	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
550	275		190	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
600	280		195	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
700	290		215	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
800	290		220	125	-11	16	450	3300	7100	2000	7,5	6,6	10,0	2
900	290		225	125	-11	16	450	3300	7100	2000	7,0	7,1	10,0	2
1000	300		230	125	-11	16	450	3300	7100	2100	6,5	7,6	10,0	2
1200	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	5,6	8,0	10,0	2
1400	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	4,7	8,0	10,0	2
1600	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	3,7	8,0	10,0	2
≥ 1750	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	3,0	8,0	10,0	2

Tabell 2.2 Prosjekteringstabell for dimensjoneringsklasse H2 (Statens vegvesen, 2014a)

Bakgrunnskunnskap og teori om hvordan de ulike linjeføringsparameterne er bestemt er beskrevet i håndbok V120 «Premisser for geometrisk utforming av vegger» utgitt i 2014.

2.5.4 Ny håndbok N100 «Veg- og gateutforming» 2018

I de siste årene har det pågått et revisjonsarbeid på håndbok N100. Den nye utgaven er per mai 2018 ikke utgitt enda, men hoveddelen av håndboka anses som endelig. 2018-utgaven av N100 (Statens vegvesen, 2018) har samme oppbygging som forgjengeren, med unntak av at kapittelet «Utbedring av veger» er tatt ut av håndboka og flyttet til de respektive dimensjoneringsklassene for ny veg.

De største endringene fra 2014- til 2018-utgaven av N100 er:

- Nytt beregningsgrunnlag for linjeføringsparameterne
- Innarbeiding av ny motorvegstandard 110 km/t (som erstattet dim.klasse H8 og H9 i gammel N100)
- Færre dimensjoneringsklasser
- Utvidet bruk av gateutforming

I den nye håndboka er en av de store endringene at hele beregningsgrunnlaget som ligger til grunn for bestemmelse av linjeføringsparameterne endret. Endringen består i stor grad av nye vurderinger av de viktige grunnparameterne fart og friksjon, men også mindre definisjonsendringer av andre grunnparametere slik som vertikalakselerasjon og den relative vertikalfarten for å tilpasse disse til den nye vegnormalen. Nye verdier for dimensjonerende fart som er summen av fartsgrensen pluss eventuelle fartstillegg, er satt ut fra vurderinger av fartsmålinger fra veger med de relevante fartsgrenser fra 2014. Fartstillegg og fartsprofiltillegg er justert og tilpasset de nye dimensjoneringsklassene. Nye verdier for friksjon og sikkerhetsfaktor er satt ut fra vurderinger av friksjonsmålinger fra hele landet i perioden 2009-2014. Man går nå bort fra å benytte lav fraktilverdi (85 %-fraktil) av friksjonsmålinger sammen med høye sikkerhetsfaktorer, og velger nå å bruke en høy fraktilverdi (95 %-fraktil) av oppdaterte friksjonsmålinger sammen med reduserte sikkerhetsfaktorer.

Det er gjort en forenkling i håndboka med at det i ny N100 er gjort en stor reduksjon i antall dimensjoneringsklasser. Det er nå bare 3 dimensjoneringsklasser for nasjonale hovedveger og 2 dimensjoneringsklasser for øvrige hovedveger og andre veger. I tillegg er det tatt med en kort beskrivelse av andre lokale veger. Tabell 2.3 og 2.4 på neste side viser en oversikt dimensjoneringsklassene i 2018-utgaven av N100.

ÅDT	< 6 000	6 000 - 12 000	>12 000
Fartsgrense (km/t)	80 (90)	90	110
Dimensjoneringsklasse	H1	H2	H3
Vegbredde (m)	9	12,5	23

Tabell 2.3 Dimensjoneringsklasser for nasjonale hovedveger i ny N100 (Statens vegvesen, 2018)

ÅDT	< 4000	< 12 000
Fartsgrense (km/t)	80	60
Dimensjoneringsklasse	Hø1	Hø2
Vegbredde (m)	7,5 (4,5)	7,5

Tabell 2.4 Dimensjoneringsklasser for øvrige hovedveger og andre veger i ny N100 (Statens vegvesen, 2018)

I 2014-utgaven av håndboka var et av målene å oppnå at alle delstrekninger innenfor samme hovedrute ble enhetlig utformet, men dette ble utfordrende med mange mulige dimensjoneringsklasser for vegene. Slik den nye håndboka er endret legges det opp til at tankegangen om enhetlige ruter i større grad blir ivaretatt.

Man skiller også i 2018-utgaven på gater og veger, men delen som omhandler gater er forsterket, og det er lagt opp til utvidet bruk av gateutforming. Dette også i sammenheng med at antall dimensjoneringsklasser for veger er redusert. I gatedelen er det blant annet innført noe som kalles kapasitetssterke gater og veger med fartsgrense 50- og 60 km/t som i stor grad erstatter dimensjoneringsklassene H1 og H6 i den gamle håndboka. Færre dimensjoneringsklasser for veger og utvidet bruk av gateutforming er grep som gjør at det skal bli enklere og mer fleksibelt å bruke håndbok N100.

På samme måte som i den gamle håndboka avklares dimensjoneringsklasse i overordnede planer hvor man vurderer standard etter ruta i sin helhet. Fartsgrense og trafikkmengde i prognoseåret er fremdeles inngangsparametere til valg av dimensjoneringsklasse.

Veileder V120 «Premisser for geometrisk utforming av veger» som beskriver grunnlaget for utformingskravene i de ulike dimensjoneringsklassene er under revisjon og er per mai 2018 ikke utgitt i noen versjon.

3 Metoder

I oppgaven er det benyttet flere metoder for å gjennomføre datainnsamlingen og for å komme fram til resultatene. En viktig metode for oppgaven har vært et litteraturstudie av relevant faglitteratur og av vegnormaler og veiledninger fra ulike land, hovedsakelig innenfor tema vegutforming og grunnparameterne fart og friksjon. En annen viktig metode ved oppgaven har vært analysing og behandling av data gjennom innhenting av relevante måledata og data fra ulike land. Det har også blitt gjennomført en komparativ analyse av materiale innhentet fra litteraturstudie og fra etablerte databaser.

3.1 Litteraturstudie

Målet med litteraturstudie var å finne relevant faglitteratur innenfor fart og friksjon som kunne benyttes i oppgaven, da enten litteratur som forklarte grunnleggende teori, litteratur som forklarte om ulike metoder og verdier ved dimensjonering eller som ga annen grunnlag for diskusjon om temaet. Søkemotorer som ble benyttet gjennom litteraturstudie var hovedsakelig Google / Google Scholar, NTNU Universitetsbibliotek – Oria og Statens vegvesen bibliotek – Oria. Det ble skrevet korte oppsummeringer av faglitteratur som ble lest, der punkter som ble ansett som viktige og relevante ble tatt med. Disse ble senere brukt ved skriving av hoveddokumentet.

I den tidlige fasen av litteraturstudie ble det forsøkt å finne relevant faglitteratur som kunne benyttes som grunnleggende teori for den videre litteraturstudien, da hovedsakelig om dimensjonerende fart og etter hvert også om friksjon.

Gjennom veileder ble det gitt noen relevante rapporter, artikler og notater fra forskning og undersøkelser. Fra denne litteraturen ble det også gått videre med referanser derfra som kunne være relevante for denne oppgaven.

Det ble også forsøkt å finne litteratur ved søkemotorer nevnt ovenfor for flere tema, og de viktigste var da:

- Metoder for dimensjonering av fart og sammenheng mellom ulike fartsparametere som fartsgrense, opptredende fart og dimensjonerende fart. Søkeord som ble brukt her var ofte «speed limit», «operating speed», «design speed», «relationship» og «rural roads» i ulike sammensetninger.

- Grunnlag for valg av friksjonsverdier og sammenhengen med fart, da med søkeord «friction», «values», «speed», «velocity» og «relation/correlation».
- Sammenheng mellom friksjon og retardasjon, med søkeord «friction», «deceleration» og «values».

Valgene blant treffene ble gjort ut i fra hvilke rapporter som så relevant ut, ved å lese oppsummeringene og ut ifra hvilke forfattere/forskere eventuelt firma som stod bak. Litteratur som fra dette ble brukt i oppgaven som ikke er nevnt i teorien var Richter et al. (1998). Noe litteratur fra norske og utenlandske forskningsinstitutter ble bare benyttet for egen opplæring innen fagfeltene, og er ikke nevnt i oppgaven.

I den videre litteraturstudien ble det innhentet vegnormaler, veiledninger og bakgrunnsteori fra ulike land. Utvalget av land ble først og fremst gjort ut i fra de landene som er valgt i FoU-programmet denne oppgaven er en del av, og det ble ut i fra det bestemt, i samråd med veiledere, at sammenligningene skulle inkludere Norge, Sverige, Danmark, Tyskland, Storbritannia og USA. Disse landene er valgt ut siden de er skandinavisk-/engelskspråklige og ansett som relevante land for denne analysen. I tillegg ble Australia tatt med i denne oppgaven av samme årsaker som resterende land.

Hovedsakelig skulle det hentes ut verdier for dimensjonerende fart og friksjon for hver land, men for å gjøre dette måtte også dimensjoneringsystemet og teorien bak undersøkes og redegjøres for. Også verdier for minimumsparametere som er oppgitt i håndbøkene ble hentet fra alle land.

Felles ved søket i litteratur fra alle land var og forsøke å finne informasjonen fra den nasjonale myndigheten for transport som har ansvaret for å lage håndbøker og retningslinjer i det aktuelle landet, det vil si for eksempel fra nasjonale departement, institutt eller direktorat. Litteraturstudien her har derfor ofte blitt gjennomført ved først å finne den ansvarlige myndigheten gjennom søkemotorer og deretter å finne deres håndbøker, retningslinjer og annen relevant litteratur. Dette ble utført ved å søke etter «design manual» og det aktuelle landet i Google, og deretter finne riktig myndighet i landet ved å gå gjennom hjemmesidene. Til slutt i litteraturstudie i ulike land ble det vurdert om det var nødvendig med supplerende materialer ved søk i søkemotorer eller direkte kontakt med myndighetene.

Nedenfor gjennomgås fremgangsmåten ved litteraturstudiene ved alle de 7 undersøkte landene.

Norge

Ved litteraturstudie i Norge ble det tatt utgangspunkt i håndbok N100 Veg- og gateutforming (Statens vegvesen, 2014a) og håndbok V120 Premisser for geometrisk utforming av veger (Statens vegvesen, 2014b) fra Statens vegvesens hjemmeside som er gjeldende i dag. Begge disse håndbøkene er pr. mai 2018 under revisjon, og det skal komme nye utgaver av begge håndbøkene. For litteraturstudie ble det derfor benyttet en foreløpig utgave av håndbok N100 som ble utsendt internt i Statens vegvesen (Statens vegvesen, 2018), og som i store trekk blir lik den kommende publiserte utgaven av håndboka. Denne versjonen av håndbok N100 blir i oppgaven omtalt som utgitt i 2018. Det ble også benyttet presentasjoner fra Vegdirektoratet (Eggen, 2016; Eggen, 2018) som grunnlag for verdier og endringer i de kommende utgavene av håndbok N100 og V120. For vurderingen av friksjon ble det benyttet noe informasjon fra Notat om vegdekkers sommerfriksjon (Evensen, 2014) og masteroppgaven Friksjonsegenskaper på ulike asfaltdekker (Opsahl, 2006).

Det ble også foretatt en gjennomgang av håndbøkene som i dag er gjeldende. Disse versjonene av N100 og V120 blir i oppgaven datert med utgivelsesåret 2014 (det faglige innholdet er fra 2013). I tillegg ble det også gjennomgått NA-rundskriv 2015/2 (Statens vegvesen, 2015) som beskriver utformingen av motorveger ved fartsgrense 110 km/t, også den hentet fra Statens vegvesens hjemmeside. Bakgrunnsdata for beregninger i NA-rundskrivet ble tilsendt av Vegdirektoratet (Giæver, 20. april 2018).

Håndbok N100 ble her mest brukt som teoretisk grunnlag og for forståelse av dimensjoneringsystemet. Håndbok V120 beskriver parameterne, verdiene og grunnlaget som brukes, og ble derfor mest benyttet for innhenting av relevant data sammen med nevnte presentasjoner og informasjon fra Vegdirektoratet.

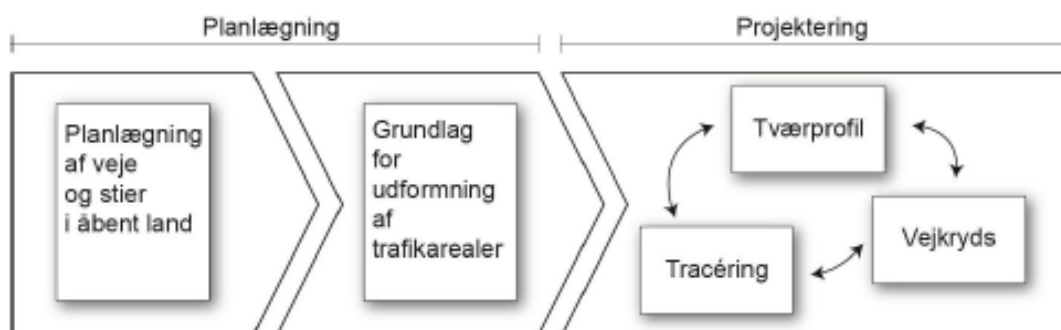
Sverige

Ved studie av grunnlaget for dimensjonering av veger i Sverige ble det tatt utgangspunkt i håndbøker som er utarbeidet av det svenske «Trafikverket» som er den statlige forvaltningsmyndigheten for veger. Her ble Trafikverkets hjemmeside brukt som utvalg for litteratur. Håndbokserien som benyttes i Sverige kalles «Veger og gaters utforming», forkortet VGU, og beskriver grunnlaget og metodene ved prosjektering av veger og gater. Det vil si at alle krav til en vegs geometri, tverrprofil og øvrig utforming settes i disse håndbøkene. I

arbeidet med denne oppgaven ble flere håndbøker og dokumenter fra Trafikverket gjennomgått. Det meste av informasjonen herfra som ble benyttet er fra håndboka «Krav for veger og gaters utforming» (Trafikverket, 2015a) og publikasjonen «Begrep og grunnverdier» (Trafikverket, 2015b), sistnevnte spesielt for innhenting av data for vurderinger av friksjon. Håndbokserien i Sverige ble omstrukturert i 2012, og siden da er det gitt ut lite materialer som beskriver metoder, arbeidsmetodikk og bakgrunnskunnskap i utformingen av veger og gater. Veiledninger som skulle beskrive dette er ikke kommet pr mai 2018, noe som vil si at de svenske håndbøkene har lite dokumentasjon om grunnlagsdataene de benytter. For å få mer informasjon om bakgrunnen for verdiene som brukes og utregningsmetodene har det derfor som en del av litteraturstudie vært kontakt med spesialist i vegutforming i Trafikverket for å få denne dokumentasjonen (Remgård, 27. april 2018).

Danmark

Ved gjennomgang av litteratur i Danmark ble det gjort søk etter håndbøker som er utarbeidet av det danske Vegdirektoratet og grunnlagsmateriale tilgjengelig på deres hjemmeside. Håndbøkene deres er delt inn i ulike serier kalt vegregler, etter hvilket hovedtema serien omhandler eller hvilke elementer de beskriver. I arbeidet med denne oppgaven ble det hovedsakelig gått gjennom håndbøker innenfor vegregelserien kalt «Utforming av veger og gang- og sykkelveger i åpent land» fra 2012, da denne ble ansett som mest relevant. Innenfor hver vegregelserie finnes det mange håndbøker, og ofte er det en håndbok for hver detaljutforming i veger og kryss. I arbeidet ble flere håndbøker gjennomgått og vurdert, og figur 3.1 forteller hvilke håndbøker som er viktigst ved planlegging og prosjektering av veger.



Figur 3.1 Håndbøker for planlegging og prosjektering av veger i Danmark (Vejdirektoratet, 2012b)

Av disse ble det hovedsakelig lest gjennom de tre håndbøkene «Planlegging av veger og gang- og sykkelveger i åpent landskap» (Vejdirektoratet, 2012c), «Grunnlag for utforming av trafikkarealer» (Vejdirektoratet, 2012a) og «Vegutforming i åpent landskap», på dansk: «Traséring i åbent land» (Vejdirektoratet, 2012b). Også håndbøkene «Tverrprofiler i åpent landskap» (Vejdirektoratet 2013) og «Veg- og trafikteknisk ordbok» (Vejdirektoratet, 2017) ble noe benyttet i vurderingene av grunnlaget. For å vurdere endringer i siste versjon av håndbøkene ble det lest gjennom Madsen og Back (u. å.).

For å få avklaringer på spørsmål vedrørende dimensjonerende fart i Danmark ble det i forbindelse med litteraturstudie tatt kontakt med spesialist i vegutforming fra det danske Vegdirektoratet (Gejlager, 30. april 2018). Der kom det fram at det 1. april 2018 var kommet ut en revidert versjon av «Grunnlag for utforming av trafikkarealer» (Vejdirektoratet, 2018), som viste noe andre verdier enn tidligere men like metoder. Ettersom dette framkom i siste del av dette studie ble det prioritert å hente de viktigste dataene herfra og deretter kontrollere øvrig data som ble benyttet i den gjenstående tiden.

Storbritannia

Litteraturstudien av grunnlagsmateriale i Storbritannia ble gjort med utgangspunkt i håndbøker som er utarbeidet av et statseid selskap kalt «Highways England» som har ansvar for drift, vedlikehold, bygging og prosjektering av Englands hovedvegnett. De har utarbeidet flere standarder for ulike oppgaver på hovedvegene, blant annet en håndbokserie kalt «Utforming av veger og broer», på engelsk: «Design Manual for Roads and Bridges», forkortet DMRB. I denne håndbokserien er det 16 ulike temaer som hver inneholder flere håndbøker. Disse håndbøkene benyttes i hele Storbritannia, selv om hvert av de andre landene enn England også delvis har egne systemer og håndbøker. Også i Irland benyttes disse håndbøkene delvis.

For denne oppgaven ble flere av håndbøkene i DMRB gjennomgått. Håndboka som ble mest benyttet er under temaet 6.1.1 kalt «Highway Link Design» (Highways England, 2002). Her beskrives grunnlaget og metodene ved dimensjonering av veger og gater, med tilhørende krav til vegers geometri og utforming. Håndbøkene 6.1.2 «Cross-Sections and Headrooms» (Highways England, 2005) og 5.1.3 «Traffic Flow Ranges for Use in the Assessment of New Rural Roads» (Highways England, 1997) ble noe brukt for å få et bedre helhetsbilde av dimensjoneringsystemet. Det ble også søkt etter utdypende litteratur om friksjon/retardasjon

i Storbritannia, med søkeord «friction values», «deceleration», «DMRB», «England» og «Britain» i tidligere nevnte søkemotorer. Noe grunnlagsmateriale ble da funnet i studien «Sight distance and horizontal curve aspects in the design of road tunnels vs. highways» (Bassan, 2014).

Tyskland

Ved litteraturgjennomgang i Tyskland ble grunnlaget gitt fra veileder ved Statens vegvesen. Dette var to håndbøker utviklet av en egen forskningsorganisasjon for veg og transport, forkortet FGSV, som har som hovedmål å fremme teknisk kunnskap innenfor veg- og transportsektoren. En av oppgavene til FGSV er å utvikle tekniske standarder og spesifikasjoner for planlegging og bygging av veger. Fra den tyske håndbokserien var det i utgangspunktet tre håndbøker som var spesielt interessant for denne oppgaven:

- 200 – Retningslinjer for utforming av veger i byer og tettsteder, forkortet RASt «Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen» – eng. «Guidelines for the Design of Urban roads» (FGSV, 2012).
- 201 – Retningslinjer for utforming av veger i åpent landskap, forkortet RAL «Richtlinien für die Anlage von Landstraßen» – eng. «Guidelines for the Design of Rural roads».
- 202 – Retningslinjer for utforming av motorveger, forkortet RAA «Richtlinien für die Anlage von Autobahnen» – eng. «Guidelines for the Design of Motorways» (FGSV, 2011).

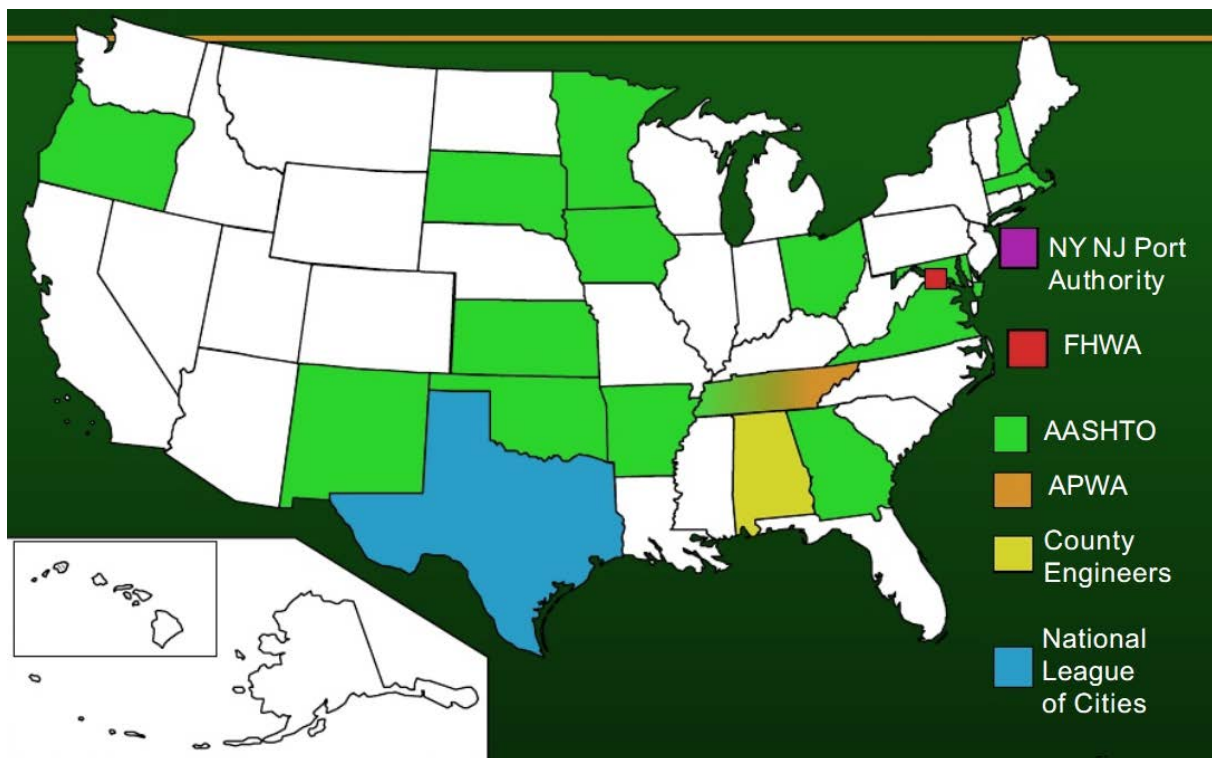
Av disse er håndbøkene 200 RASt og 202 RAA er tilgjengelig på engelsk og ble anskaffet via veileder i Statens vegvesen. Det ble også forsøkt å finne håndbok 201 – RAL på FGSVs hjemmeside og i søkemotorer, men engelsk oversettelse av denne finnes ikke og denne oppgaven har derfor ikke kunne vurdert innholdet i denne standarden. I forhold til sammenligning med norske og andre lands veger utelukker dette tyske hovedveger utenom motorveger. Håndbok 200 RASt viste seg å være svært begrenset når det kom til dimensjonerende fart og dimensjonering av elementer i vegutformingen, siden denne i hovedsak omtaler veger med lavt fartsnivå. Studien av den tyske vegstandard ble derfor begrenset til å hovedsakelig gjelde håndbok 202 RAA som omhandler motorveger («autobahn»), i tillegg en kort oppsummering av det som fantes av dimensjoneringsgrunnlag for veger i byer og tettsteder med lav fart.

USA

Ved litteraturstudie i USA ble det startet med å lete etter den nasjonale håndboka for dimensjonering av veger som heter «Retningslinjer for geometrisk utforming av veger og gater», på engelsk: «A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th edition» (AASHTO, 2011), ofte kalt «The Green Book». Denne håndboka var kjent i forbindelse med tidligere arbeider og ble funnet ved søk i Oria NTNU.

Håndboka er utarbeidet av en ikke-statlig organisasjon kalt «American Association of State and Transportation Officials», forkortet AASHTO. I denne håndboka beskrives utformingen av veger og gater og det settes krav til minimumsparametere for veger og gater i USA.

Håndboka benyttes i ulik grad i de forskjellige statene i USA, og det er bare enkelte stater som bruker denne som eneste dimensjonerende håndbok. Grønne stater vist i figur 3.2 under er stater som bruker AASHTOs håndbok som grunnlag for utforming av veger. Stater med øvrige farger har helt eller delvis egne håndbøker/systemer som setter krav til utforming, og det varierer om disse kravene er de samme som settes hos AASHTO.



Figur 3.2 Oversikt over stater som bruker AASHTOs Green Book (2011 AASHTO «Green Book», 2017)

Det ble av denne årsaken også studert håndbøker fra tre stater i USA for å se om de ulike statene har egne metoder for å sette parameterverdier, blant annet verdien for dimensjonerende fart, eller om de baserer sine metoder krav på AASHTOs håndbok. Statene som ble undersøkt er Texas, Washington og California med hver sin håndbok, og disse er funnet gjennom søk i søkemotorer etter de ulike transportdepartementene. På deres hjemmeside ble så håndbøkene som benyttes der funnet og brukt som grunnlag for studien av deres metoder og verdier. Disse håndbøkene var:

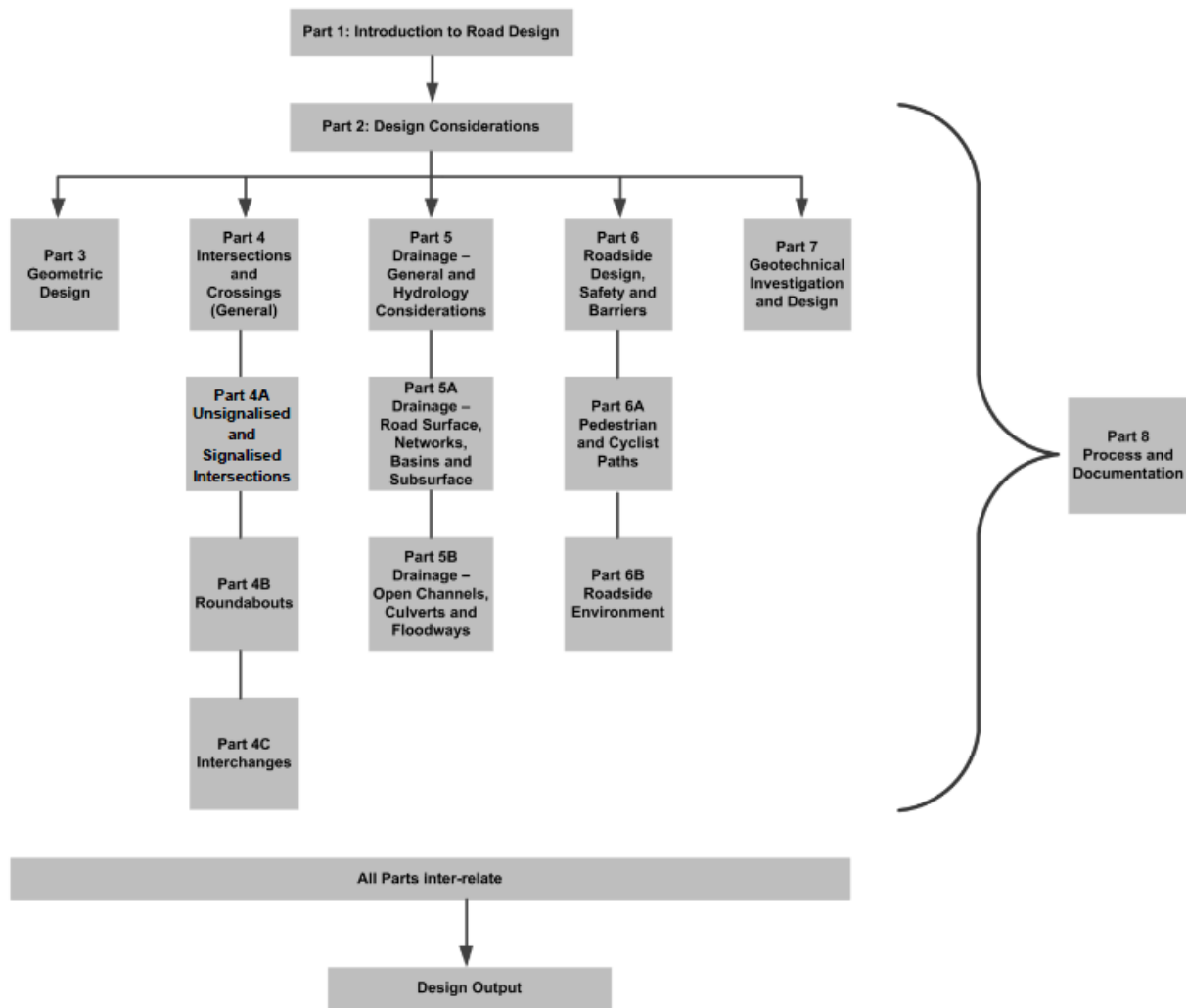
- Texas: «Roadway Design Manual» (TxDOT, 2014).
- Washington: «Design Manual» (WSDOT, 2017).
- California: «Highway Design Manual» (Caltrans, 2017).

Vurderingene av friksjonsverdier ble kun utført i de nasjonale håndbøkene til AASHTO og ikke i de tre statenes håndbøker.

Australia

Litteraturstudien for Australia ble gjennomført ved at det først ble gjennomført søk i søkemotorer etter håndbøkene deres, men det viste seg at disse bare var tilgjengelig for kjøp. Det ble deretter ble det opprettet kontakt med Austroads, som er en paraplyorganisasjon som alle landets veg- og trafikkbyråer er samlet under. Også New Zealands organisasjon for veg og transport, NZ Transport Agency, er medlem i Austroads. Via denne kontakten ble hele håndbokserien for vegutforming i Australia og New Zealand oversendt.

Austroads har utviklet en omfattende håndbokserie for vegutforming som kalles «Guide to Road Design» (Austroads, 2016) og i figur 3.3 på neste side er det vist en oversikt over innholdet i denne serien. For denne oppgaven var det spesielt del 2 og 3 som var interessant. Del 2 beskriver prinsipper og filosofien som ligger til grunn for vegplanlegging i Australia, mens del 3 beskriver i detalj den geometriske utformingen av veger på bakgrunn av valgte grunnparametere.



Figur 3.3 Flytskjema av de forskjellige kapitlene i Australias vegnormal (Austroads, 2016)

3.2 Behandling og analysering av data

Behandling og analysering av data er i hovedsak gjort i to former i denne oppgaven. Det ene ved å etablere en database for fartsmålinger (etablering av friksjonsdatabasen ble gjort gjennom FoU-programmet). Det andre var en analyse av funn i farts- og friksjonsdatabasen og av verdier funnet i ulike land. Hovedmålet ved denne metoden var å komme fram til verdier som kunne brukes i den komparative analysen.

I utgangspunktet skulle fartsdatabasen leveres til dette arbeidet av FoU-programmet, men på grunn av problemer med å hente ut ønskede rådata, ble denne ikke levert. Innhenting av fartsmålinger og etablering av fartsdatabasen er derfor utført som en del av arbeidet med denne masteroppgaven. Som utgangspunkt ble det hentet nye data fra samme målepunkter

som er benyttet som grunnlag til ny N100, og i tillegg ble det supplert med nye punkter. Vegdirektoratet v/ Terje Giæver oversendte en oversikt over aktuelle tellepunkt og det gamle fartsgrunnlaget som ble benyttet i revisjonsarbeidet med N100. Det er også utført en vurdering av egnethet av målepunktene hvor måledata er analysert og lokasjoner studert. Rådata fra alle trafikkregistreringsstasjonene er hentet fra NorTraf (Norsk Trafikkdatabank) som er en database for lagring av all norsk vegtrafikkdata.

I arbeidet med etableringen av databasen ble Håndbok V714 «Veileder i trafikkdata» (Statens vegvesen, 2014c) benyttet som et hjelpedokument. I behandlingen av data fra NorTraf ble Microsoft Excel benyttet som programvare for analysering, sammenstilling og vurdering av data. Det ble i Excel også gjort beregninger for å få nødvendige verdier som ble presentert og benyttet videre i oppgaven. Arbeidet med innhenting av data, etablering av database, analysering og beregninger er videre dokumentert i kapittelet som omhandler fartsdatabasen.

Analysene av data som ble funnet i farts- og friksjonsdatabasen samt verdier i ulike land ble utført i Excel, og utregninger av verdier ble gjort her. Vurderingen av hvilke data som var aktuell for den komparative analysen ble gjort ut i fra vurderinger gjort i litteraturstudie og ut i fra samtaler med veileder.

3.3 Komparativ analyse

I den komparative analysen ble alle relevante verdier som var funnet fra databasene og fra litteratursøket i ulike land sammenstilt. Målet med denne metoden var at alle verdiene skulle sammenlignes og vurderes og at det skulle framkomme hva konsekvensen ville blitt ved bruk farts- og friksjonsverdiene fra de ulike landene og fra opptredende verdier fra databasene. Denne komparative analysen ble utført ved at verdier for fart og friksjon som ble funnet i databasene og litteraturstudie ble satt som dimensjonerende fart og friksjon ved beregninger av linjeføringsparametere etter norske metoder. Det vil si ved bruk av formler og verdier (foruten om fart og friksjon) som er beskrevet i kap. 2.4 fra den norske håndbok V120 (Statens vegvesen, 2014b).

I arbeidet ble Excel benyttet som programvare for å sette sammen all data, og for å få grafiske framstillinger av sammenligningene.

4 Fart- og friksjonsmålinger

I dette kapittelet er det innhentet målte verdier for grunnparameterne fart og friksjon som skal brukes i sammenligningsdelen. Det er i oppgaven opprettet en database for fartsmålinger der fremgangsmåte og vurderinger blir gjennomgått. FoU-programmet vegutforming har bidratt til opprettelsen av en friksjonsdatabase, og grunnlaget og verdiene som brukes i oppgaven gjennomgås her. I databasene blir de opptredende verdier for fart og friksjon på norske veger beregnet.

Målet med dette kapittelet er å dokumenter hvordan disse databasene er fremskaffet og bearbeidet og å få resultater for opptredende fart- og friksjonsverdier som kan brukes videre i sammenligningene som gjøres i kapittel 7.

4.1 Fartsdatabase

Denne studien skal finne ut hvilke fartsparametere som benyttes i ulike land som grunnlag for den geometriske utformingen av veger og hvordan disse fastsettes på bakgrunn av opptredende fart på veger med ulike fartsgrenser. For å gjøre dette er det som en del av denne studien opprettet en fartsdatabase for norske veger for å bestemme ulike fraktilverdier ved forskjellige fartsgrenser. Dette arbeidet begrenser seg til å omfatte veger med fartsgrense 80, 90, 100 og 110 km/t.

I utgangspunktet var det tenkt av fartsdataene for dette arbeidet skulle være basert på fartsmålinger av hvert enkelt kjøretøy som passerer målepunktet, altså rådata fra trafikkregistreringsstasjonene rundt om i landet. Underveis i arbeidet viste det seg at det var vanskelig å skaffe til veie rådata av enkeltpasseringer fra disse faste trafikkregistreringsstasjonene av ulike årsaker, blant annet begrensninger med utstyr og personvern. For å kunne hente ut rådata med enkeltpasseringer fra et registreringspunkt måtte man på forhånd ha omprogrammert målepunktet til å logge slike data, og med tidsaspektet til dette arbeidet og omfanget av antall ønskede målepunkter for veger med ulike fartsgrenser, var ikke dette mulig å gjennomføre. Enkelte stasjoner logger i dag data om enkeltkjøretøy, men blant annet på grunn av personvern hensyn, har disse dataene vært utilgjengelig. Denne fartsdatabasen skulle etableres og leveres til denne studien av FoU-programmet «vegutforming», men siden arbeidet med etablering av en større database med fartsmålinger

underveis falt bort, har denne studien selv innhentet og etablert en forenklet fartsdatabase basert på tilgjengelig bearbeidet data fra norsk trafikkdatabase, NorTraf. Data benyttet i fartsdatabasen er tilsvarende det som ble benyttet i revisjonsarbeidet til N100, men det er hentet ut oppdaterte registreringer i hovedsak fra mai til september 2017. I forhold til det datagrunnlaget fra N100 er målepunkter og fartsdata innhentet i denne studien vurdert og analysert noe annerledes. Dette kapittelet dokumenterer arbeidet med innhenting av fartsmålinger, vurdering av disse og hvordan databasen er opprettet.

4.1.1 Utvalg av målepunkter og måleperiode

I arbeidet med ny håndbok N100 utført av Vegdirektoratet har det vært innhentet fartsdata fra 53 trafikkregistreringsstasjoner fra årene 2014 eller 2013 (vedlegg 16). Dette tallgrunnlaget er hentet fra følgende situasjoner:

- 16 punkter for tofelts veg med fartsgrense 80 km/t
- 9 punkter for tofelts veg med fartsgrense 90 km/t
- 5 punkter for firefelts veg med fartsgrense 90 km/t
- 14 punkter for tofelts veg med fartsgrense 100 km/t
- 9 punkter for firefelts veg med fartsgrense 110 km/t

Den nye fartsdatabasen som denne studien har etablert inneholder data fra nesten alle de samme målepunktene, og i tillegg er det supplert med flere målepunkter slik at det her er data fra totalt 75 trafikkregistreringsstasjoner. Nye fartsdata er fortrinnsvis hentet ut fra perioden fra 1. mai til og med 30. september i 2017, men for enkelte målepunkter som av ulike årsaker ikke har vært operativ i 2017 er nyeste tilgjengelige data fra samme periode benyttet, fra år 2016 eller 2015. Den nye fartsdatabasen består av tallgrunnlag fra følgende situasjoner:

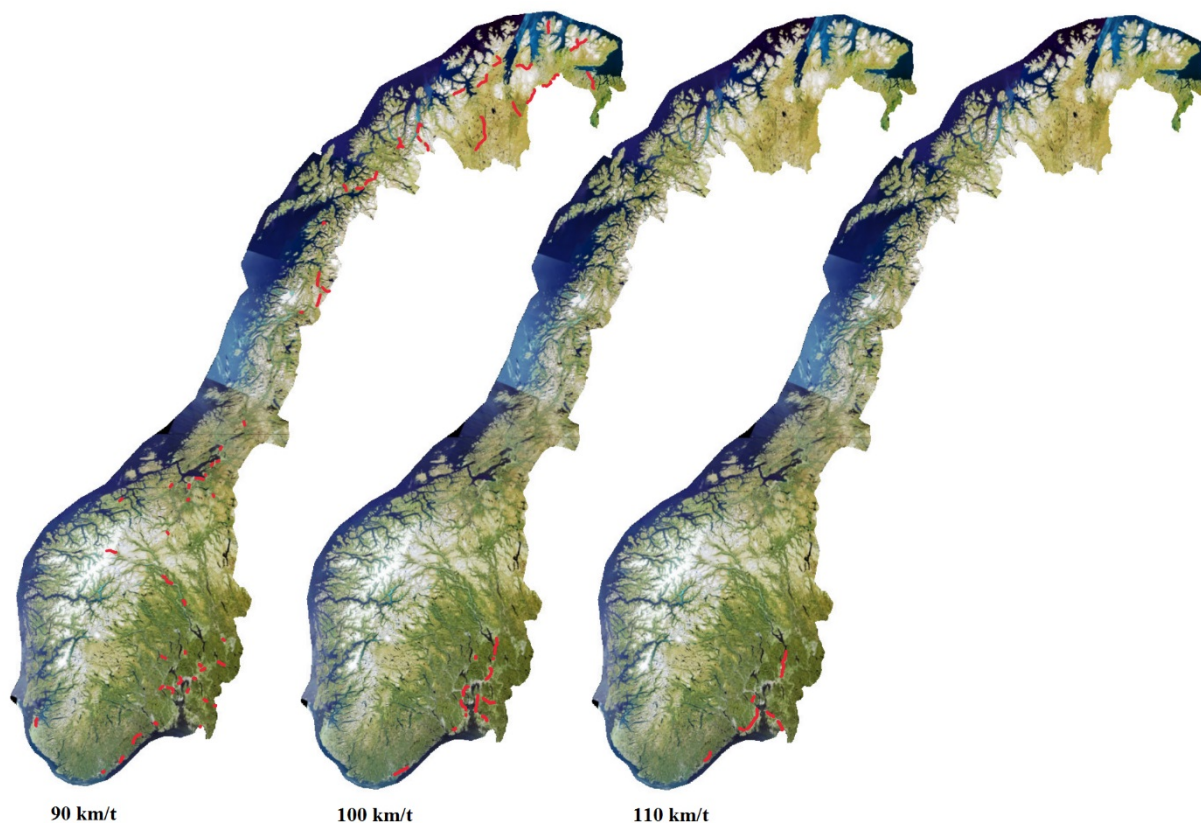
- 21 punkter for tofelts veg med fartsgrense 80 km/t
- 2 punkter for firefelts veg med fartsgrense 80 km/t
- 12 punkter for tofelts veg med fartsgrense 90 km/t
- 10 punkter for firefelts veg med fartsgrense 90 km/t
- 15 punkter for firefelts veg med fartsgrense 100 km/t
- 15 punkter for firefelts veg med fartsgrense 110 km/t

Tabell 4.1 under viser oversikt over antall trafikkregistreringsstasjoner for ulike fartsgrenser og hvor i landet disse målepunktene befinner seg.

	80 km/t (2 felt)	80 km/t (4 felt)	90 km/t (2 felt)	90 km/t (4 felt)	100 km/t (4 felt)	110 km/t (4 felt)	
Østfold				1	2	3	
Akershus	1	1		4	5	5	
Oslo		1					
Hedmark	3			2	2		
Oppland	4		2				
Buskerud	3				2		
Vestfold					3	7	
Telemark			1				
Aust-Agder			1		1		
Rogaland	1			2			
Hordaland	1						
Møre og Romsdal	2						
Trøndelag	3		1	1			
Nordland	3		2				
Troms			3				
Finnmark			2				
TOTALT	21	2	12	10	15	15	75

Tabell 4.1 Oversikt over antall trafikkregistreringsstasjoner fra ulike fylker

I utgangspunktet var målet å innhente data fra 30 ulike målepunkter med varierende trafikkmengde for hver fartsgrense, men dette har ikke vært mulig siden det ikke finnes så mange relevante registreringspunkter for de ulike fartsgrensene på vegene. I arbeidet med å innhente fartsdata er det forsøkt å hente data fra hele landet så langt dette lar seg gjøre. Veger med 80 km/t finnes stort sett over hele landet, selv om det har vist seg utfordrende å finne gode vegstrekninger med fartsgrense 80 km/t i kombinasjon med trafikkregistreringsstasjoner som kontinuerlig logger data. Figur 4.1 viser en oversikt over lokasjoner til fartsgrensene 90, 100 og 110 km/t i Norge. Av kartene ser man at 90 km/t er vanlig i store deler av landet, bortsett fra på Vestlandet hvor det bare finnes en strekning mellom Sandnes og Stavanger med fartsgrense 90 km/t. Fartsgrensene 100 og 110 km/t finnes bare på det sentrale Østlandet og deler av strekningen E18 Oslo-Kristiansand.



Figur 4.1 Oversikt over fartsgrense 90, 100 og 110 km/t i Norge (hentet fra NVDB, vegkart.no, mars 2018)

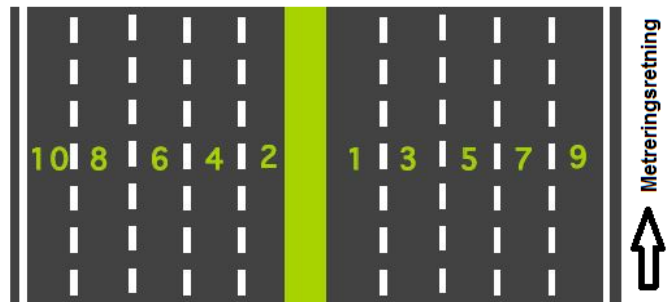
Statens vegvesen har totalt ca. 10 000 trafikkregistreringsstasjoner på vegene rundt om i landet ifølge NVDB (veggkart.no), hvorav i overkant av 2000 av disse er såkalte «nivå 1» målepunkter som kontinuerlig registrerer antall kjøretøy, lengdeklassifisering og hastighet på trafikken. De forskjellige typer registreringspunkt er vist i tabell 4.2.

Registre-ringsnivå	Betegnelse	Tids-opp-løsning	Antall perioder	Periode-lengde	Registrerings-frekvens	Utvalgs-usikkerhet ¹
Nivå 1	Kontinuerlig	1 time	12	Måned	Kontinuerlig	0 %
Nivå 2	Periodisk	1 time	4-5	Uke	Hvert 4. år	3-5 %
Nivå 3	Periodisk	1 time	1-3	Uke	Hvert 4.- 6. år	6-10 %
Nivå 4	Periodisk/ enkelt- registrering	1 time	Fritt valg	Fritt valg	Fritt valg	

Tabell 4.2 Ulike typer registreringspunkt (Statens vegvesen, 2014c)

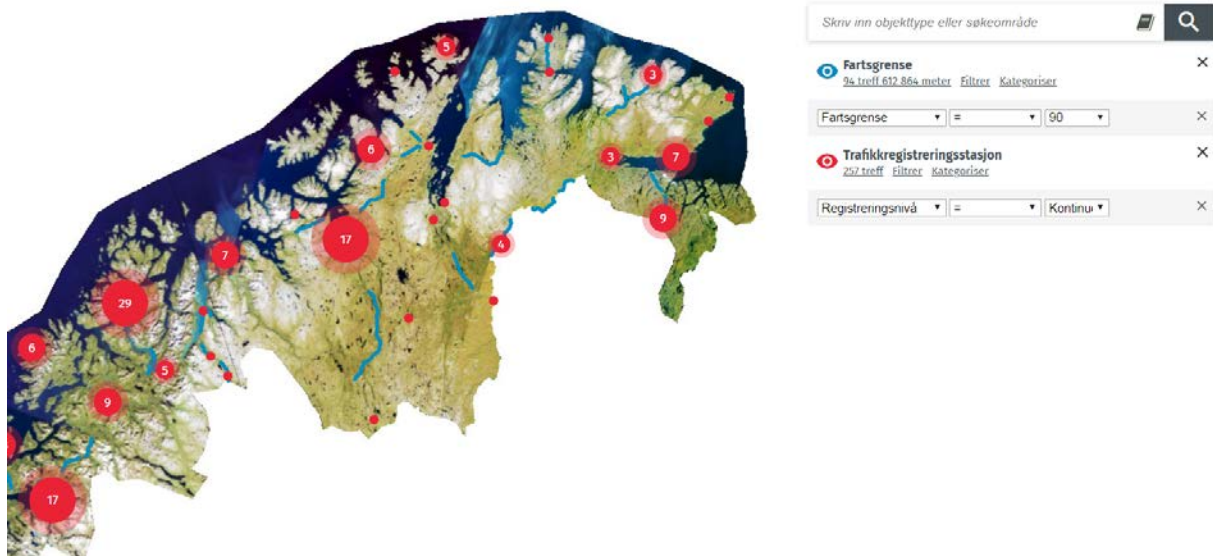
I teorien skal alle tellepunkter med nivå 1 være operativ hele tiden, men på grunn av vedlikeholdsarbeid eller andre større omlegginger av veger vil noen av disse stasjonene til tider være ute av drift eller fjernet/erstattet med nye punkter. Dette er en av grunnene til at noen av tellepunktene som ble benyttet i arbeidet med ny håndbok N100 er byttet ut med andre operative målepunkter.

I beskrivelsen av arbeidet med fartsdatabasen henvises det ofte til feltnummer. Figur 4.2 viser hvordan koding av kjørefelt gjøres i data fra de ulike tellepunktene. En tofeltsveg bruker eksempelvis felt 1 og 2 og metreringsretningen avgjør feltkodingen.



Figur 4.2 Feltnummerering (Statens vegvesen, 2014c)

Til å finne fram til aktuelle tellepunkter er data fra norsk vegdatabank (NVDB) benyttet. I Statens vegvesens kartløsning «Vegkart» er offentlige data fra NVDB tilgjengelig, og man kan selv konfigurere ulike kartvisninger, for dette arbeidet har kartvisning med ulike fartsgrenser i kombinasjon med trafikkregistreringsstasjoner vært med mye brukt. Figur 4.3 under viser Finnmark og deler av Troms fylke med vegstrekninger som har fartsgrense 90 km/t (blå streker) sammen med alle kontinuerlig registrerende tellepunkter i aktuelt område.



Figur 4.3 Eksempel på kartvisning fra Vegkart (hentet fra NVDB, vegkart.no)

Alle 75 tellepunkter som først ble valgt ut til fartsdatabasen, både eksisterende punkter fra tidligere N100-arbeid og de nye målepunktene, har blitt gjennomgått og analysert for å vurdere egnetheten til hvert punkt til bruk som grunnlag i dimensjoneringsammenheng. Vedlegg 9 (datafil i Excel-format) gir en oversikt over alle målepunkter som har blitt vurdert i oppgaven.

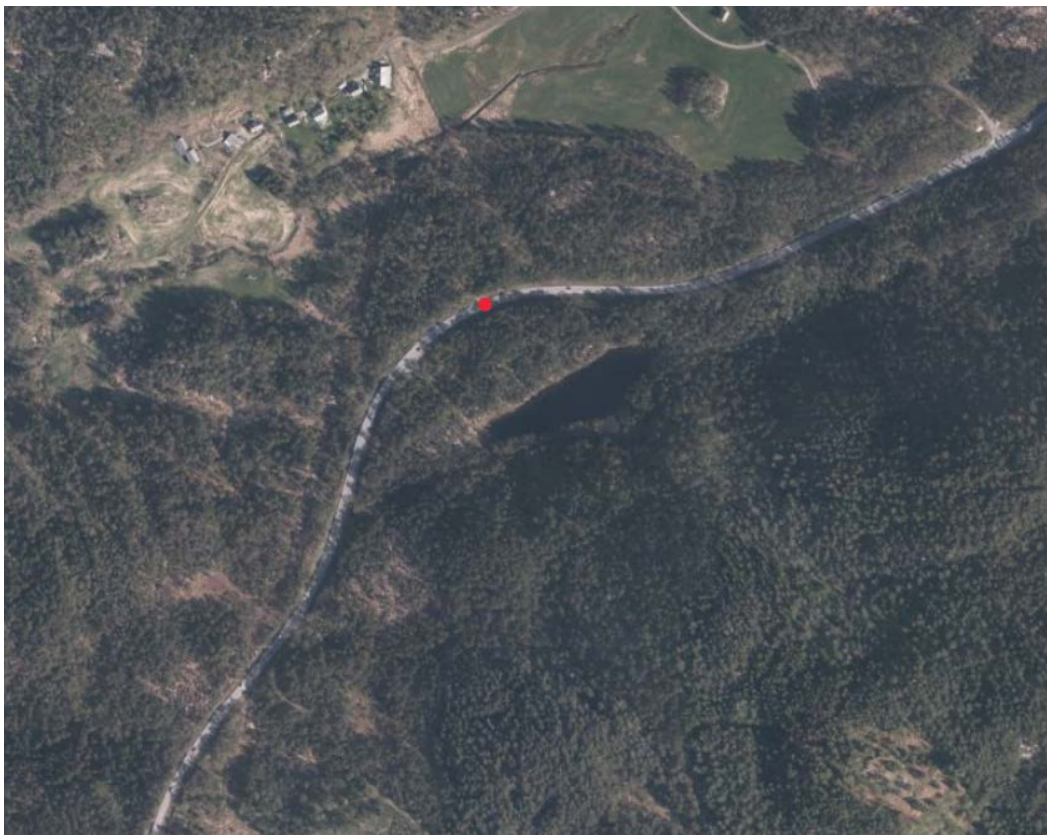
I vurderingen og analysen av de ulike målepunktene er det sett på lokasjonen til målepunktet, avstand til kryss og andre faktorer i omgivelsene som kan påvirke valg av farten. Disse vurderingene er utført ved hjelp av kartverktøy og vegbilder. Fartsnivået over måleperioden til alle målepunktene er også vurdert for å avdekke eventuelle unormale situasjoner. Nedenfor er noen av funnene beskrevet.

I datasettet var det med 2 målestasjoner for veger med fire felt og fartsgrense 80 km/t. Egentlig har disse vegene henholdsvis 5 og 6 felt, men de øvrige feltene er kollektivfelt. Begge disse vegene var med i det gamle datagrunnlaget til N100-arbeidet, men da med fartsgrense 90 km/t. Fartsgrensen ble for disse to strekningene nedsatt til 80 km/t i 2016, men på grunn av god geometri og flere felt ligger gjennomsnittsfarten for disse vegene på nærmere 90 km/t, altså en del høyere enn hva man kan forvente for en veg med fartsgrense 80 km/t. På grunn av dette, og fordi ny håndbok N100 ikke har med en egen dimensjoneringsklasse for firefeltsveg med fartsgrense 80 km/t, sees det bort i fra dataene fra disse to tellepunktene for fartsgrense 80 km/t. Dette gjelder målepunkt 200008 og 300349.

For tofeltsveger med fartsgrense 80 km/t ble det også avdekket to registreringspunkter hvor 85 %-fraktilfarten var under 80 km/t, noe vurderes som en unormal situasjon. Med nærmere undersøkelser viser det seg at det er ytre forhold som begrenser valg av fart ved disse punktene. Av bilde 4.1 på neste side ser man at målepunkt 642999 ligger midt i et gårdstun. Slike registreringsstasjoner som av ytre årsaker leverer data som ikke beskriver det reelle fartsnivået på vegen er forsøkt fjernet fra datagrunnlaget.

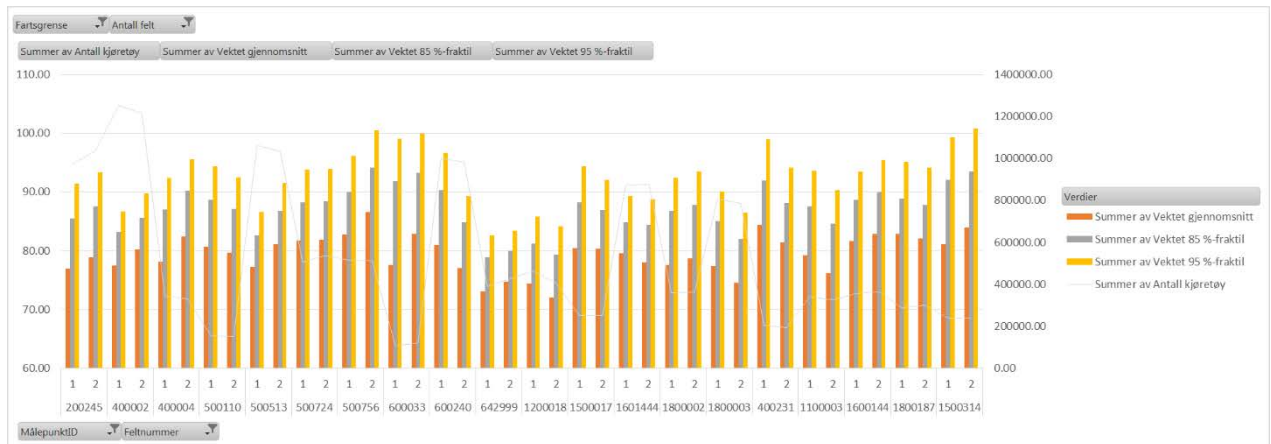


Bilde 4.1 Situasjonen ved målepunkt 642999 som ligger 2-300 meter etter dette skiltet (hentet fra Statens vegvesens vegbilder)



Bilde 4.2 Målepunkt 1200018 ligger i krapp horisontalkurve, $R \sim 200$ (nvdb, vegkart.no)

Målepunkt 1200018 ligger i en krapp horisontalkurve som vist på bilde 4.2 hvor radius er målt til ca. 200 meter. Siden det for disse målepunktene er ytre forhold som begrenser trafikantenes fartsvalg blir målingene irrelevante til bruk i dimensjoneringsammenheng.

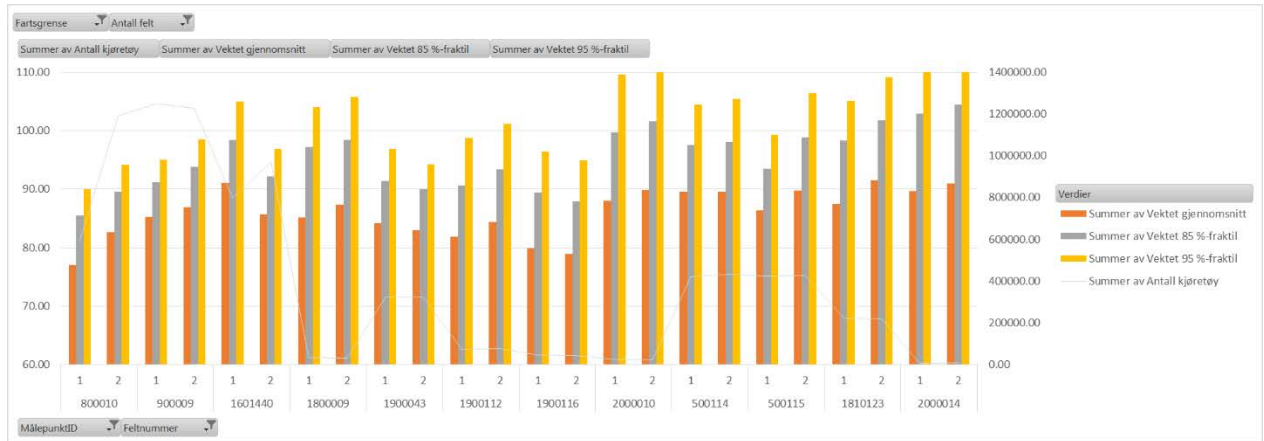


Figur 4.4 Oversikt over alle målepunkt på tofelts vegger med 80 km/t

Figur 4.4 viser en oversikt over gjennomsnittsfart, 85- og 95 %-fraktilfart for alle tellepunkter fra tofeltsveger med fartsgrense 80 km/t. Man ser tydelig at det spesielt er to tellepunkter som skiller seg ut, nemlig stasjon 642999 og 1200018 som beskrevet overfor.

Det siste tellepunktet for veg med fartsgrense 80 km/t som ble fjernet fra databasen ligger like utenfor den sørlige portalen til Stavsjøtunnelen på E6 i Trøndelag. I umiddelbar nærhet til målepunktet skjer det veldig mye. Her er det portalområde til tunnelen, automatisk fartskontroll (ATK) og overgang til fartsgrense 90 km/t og forbikjøringsfelt. Målepunkt 1601434 er derfor ekskludert fra databasen.

For tofeltsveger med fartsgrense 90 km/t fremgår det av figur 4.5 nedenfor er det to registreringspunkter som skiller seg ut med 85 %-fraktilfart lavere enn gjeldene fartsgrense, tellepunkt 800010 og 1900116.



Figur 4.5 Oversikt over alle målepunkt på tofelts veger med 90 km/t

Målepunkt 800010 ligger på E18 i Telemark og er en tofeltsveg som har høy ÅDT, 18500 kjt/døgn, ifølge vegdatabanken. Av vegbilder for 2017 går det fram at det var mye vegarbeid i området i måleperioden, blant annet asfaltarbeider som bilde 4.3 under viser og arbeider på en bru i nærheten. 70-sonen i forbindelse med disse arbeidene ble avsluttet bare et par hundre meter før målepunktet. Bilde 4.4 viser også at det ligger en kontrollstasjon i umiddelbar nærhet til målepunktet. Disse punktene i tillegg andre geometriske begrensinger som smale kjørefelt og en generelt trang vegkorridor gjør at farten i dette punktet vil bli begrenset og dermed uegnet til bruk som grunnlag til en reel dimensjonerende fart.

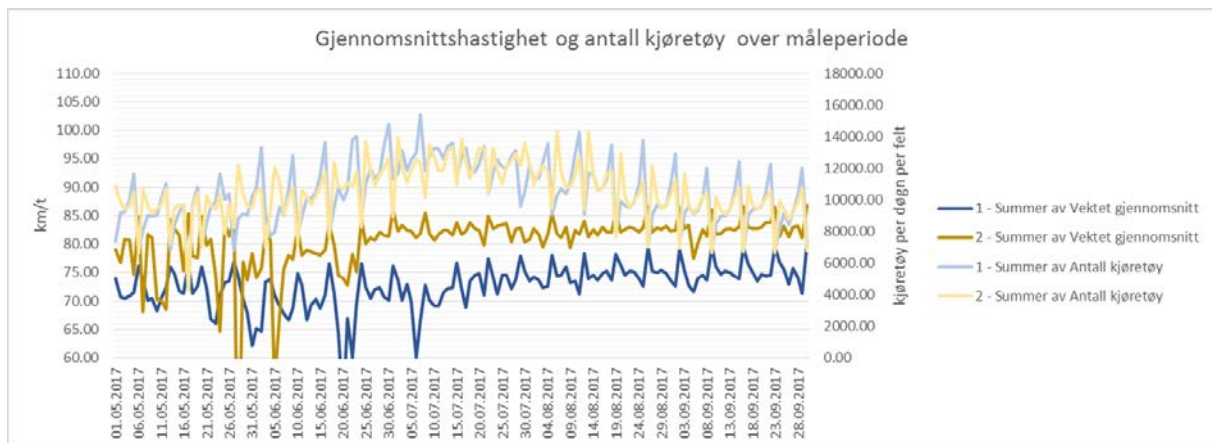


Bilde 4.3 Vegarbeid i området ved målepunkt 800010 sommeren 2017 (hentet fra Statens vegvesens vegbilder)



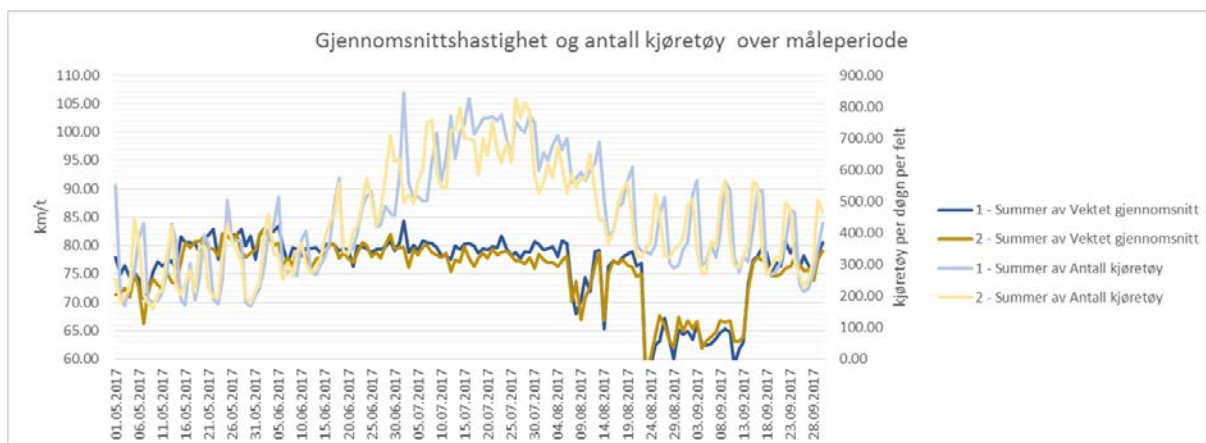
Bilde 4.4 Kontrollstasjon ved målepunkt 800010 (hentet fra Statens vegvesens vegbilder)

Figur 4.6 nedenfor viser gjennomsnittsfart sammen med trafikkmengden gjennom måleperioden. Man ser at fartsgrafen er uregelmessig gjennom perioden og den påvirkes også av toppene av trafikkmengden. Felt 2, nordgående kjørefelt, har den høyeste gjennomsnittsfarten av kjøreretningene, men ligger bare på rundt 80 km/t og i mange situasjoner også lavere.



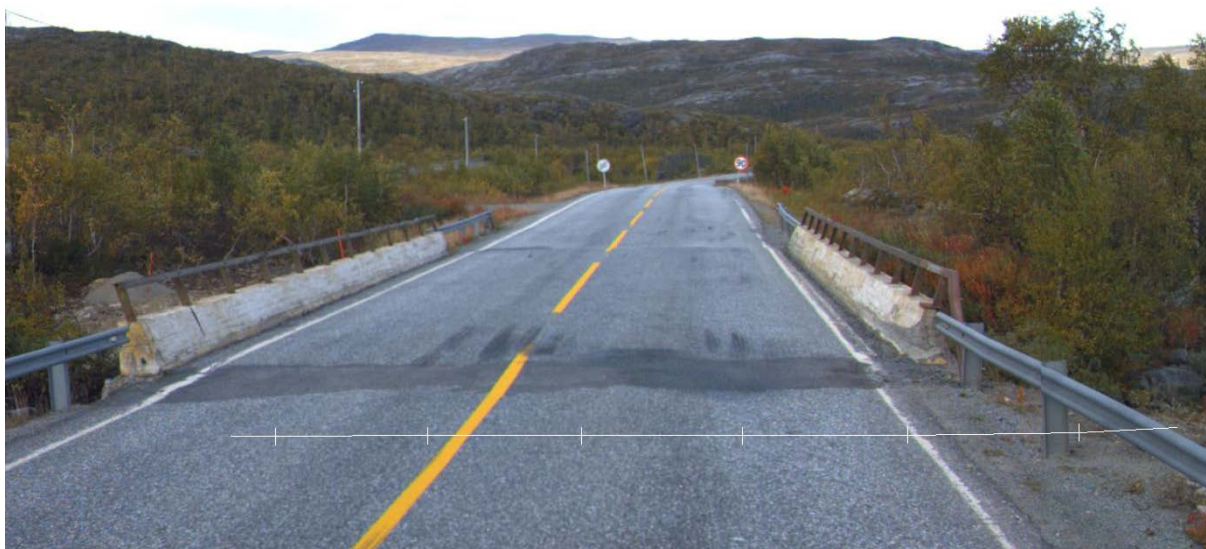
Figur 4.6 Gjennomsnittsfart og trafikkmengde over måleperiode for målepunkt 800010

Målepunkt 1900116 ligger på E8 i Troms, nær grenseovergangen til Finland. Dette målepunktet ligger om lag 500 meter over havet, og man ser av figur 4.7 at målingene i starten på mai trolig er påvirket av vanskelige kjøreforhold. Man ser også tydelig at det foregår noe spesielt i august/september, og dette har vist seg å være nedsatt fart på grunn av vedlikeholdsarbeid. Generelt viser fartsgrafen en veldig lav gjennomsnittsfart for en slik type veg med lite trafikk og fartsgrense 90 km/t.



Figur 4.7 Gjennomsnittsfart og trafikkmengde over måleperiode for målepunkt 1900116.

Av bilde 4.5 under ser man at det er meget dårlig vegstandard ved målepunktet. Vegbanen er tydelig ujevn og er kjørebane er smal. Over brua like ved målepunktet er det nesten ikke skuldre på vegen. Av vegbilder fremgår det også at fartsgrensen har vært nedsatt mot slutten av måleperioden, trolig for å utbedre vegen her. Dette framgår også av figur 4.7 som viser gjennomsnittsfarten over måleperioden. Det er helt klart ytre forhold som begrenser farten her, og målepunktet tas ikke videre i bestemmelsen av 85 %-fraktilfarten for veger med 90 km/t.



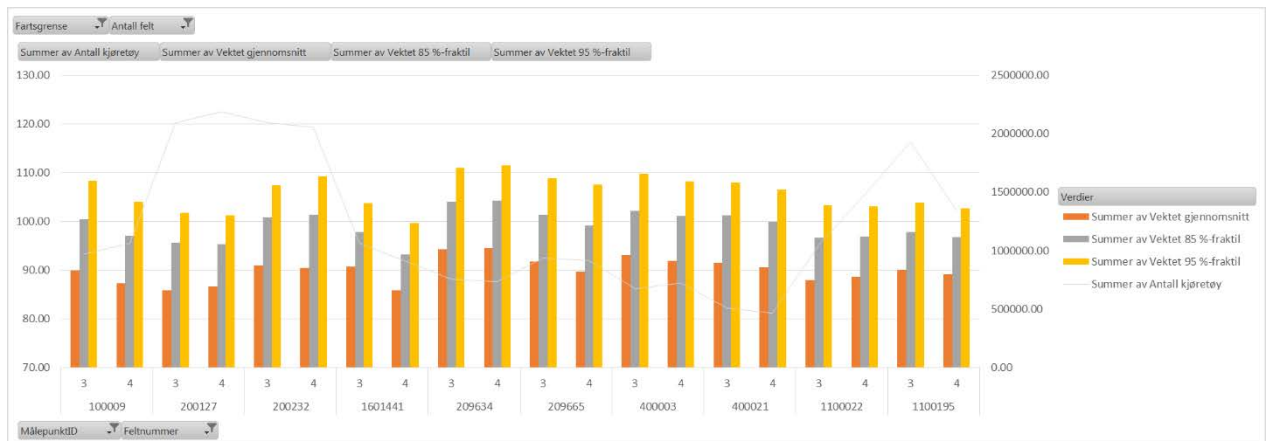
Bilde 4.5 Smal bru og ujevn kjørebane ved målepunkt 1900116 (hentet fra Statens vegvesens vegbilder)

For de resterende firefeltsvegene med fartsgrenser på henholdsvis 90-, 100- og 110 km/t er det ingen registreringsstasjoner som er ekskludert fra fartsdatabasen. En oversikt over gjennomsnittsfart og fraktilfart for disse tellepunktene er vist i figur 4.8, 4.9 og 4.10 på neste side.

Av figur 4.10 kan man se at tre trafikkregistreringsstasjoner for fartsgrense 110 km/t har 85 %-fraktilfart under 110 km/t. Desto høyere fartsgrensen settes vil færre trafikanter velge å overstige denne siden færre trafikanter vil være komfortable med så høyt fartsnivå og vil da heller ligge på sitt ønskede nivå. For fartsgrensene 100 og 110 km/t er det i denne studien derfor ikke ekskludert målepunkter i sin helhet som har 85 %-fraktilfart lavere enn fartsgrensa. I bestemmelsen av de endelige fraktilverdiene for de ulike fartsgrensene vil unormalt lave fartsmålinger ved spesielle situasjoner uansett ekskluderes av filtreringen som benyttes i fartsdatabasen. Hvordan denne filtreringen er benyttet i databasen er omtalt senere i dette kapitlet.

Av de 75 opprinnelige tellepunkter er 68 tatt med videre i beregning av de ulike fartsverdier fra følgende situasjoner:

- 18 punkter for tofelts veg med fartsgrense 80 km/t
- 10 punkter for tofelts veg med fartsgrense 90 km/t
- 10 punkter for firefelts veg med fartsgrense 90 km/t
- 15 punkter for tofelts veg med fartsgrense 100 km/t
- 15 punkter for firefelts veg med fartsgrense 110 km/t



Figur 4.8 Oversikt over alle målepunkt på firefelts veger med 90 km/t



Figur 4.9 Oversikt over alle målepunkt på firefelts veger med 100 km/t



Figur 4.10 Oversikt over alle målepunkt på firefelts veger med 110 km/t

4.1.2 Utfordringer med tilgjengelig data

Det opprinnelige målet til denne studien var å etablere en fartsdatabase bestående av fartsmålinger for hvert enkelt kjøretøy som passerer de utvalgte trafikkregistreringsstasjonene. Med slike data kunne man ha sett på farten til de ulike kjøretøyklassifiseringene og man kunne for eksempel bestemt at i dimensjoneringsammenheng ville det bare være interessant å inkludere fartsmålinger fra personbiler uten å ta med de tunge kjøretøyene. Muligheten til å filtrere bort irrelevante passeringer ville også vært mer kontrollerbart. Med enkeltregistreringer hadde man også hatt mulighet til selv å beregne ulike fartsfraktiler av interesse, selvfølgelig også for de ulike kjøretøygruppene.

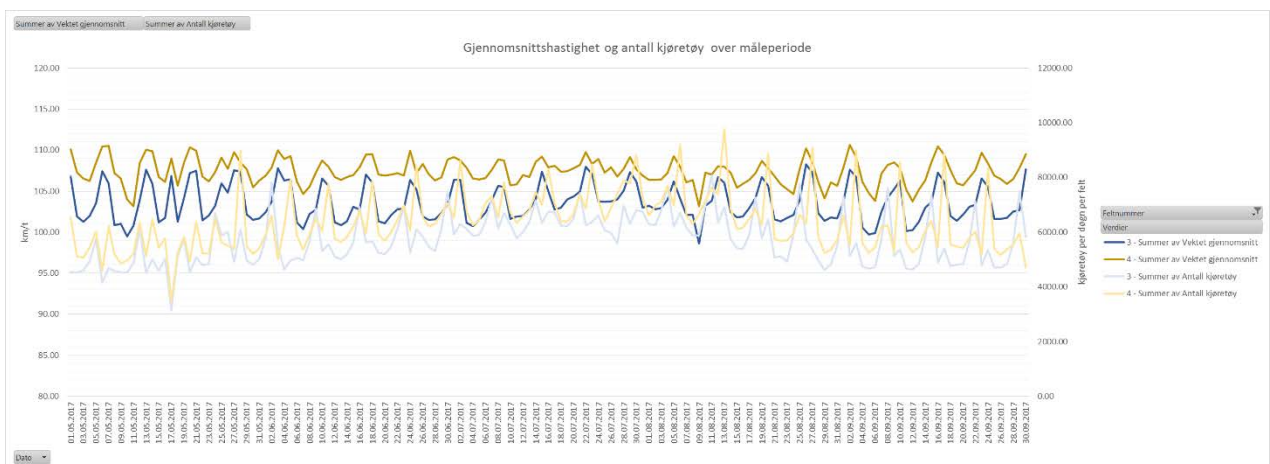
Datagrunnlaget som er benyttet i dette arbeidet er basert på antall kjøretøy per time, og kommer ferdig bearbeidet med gjennomsnittsfart, 85 %- og 95 %-fraktilfart for den aktuelle timen. Tabell 4.3 viser et eksempel på kildedata fra et tellepunkt. Kildedataene består av dato og tid, kjøretøy per time i de ulike kjørefelt og fartsverdier for den aktuelle timen. Det er mulig å hente ut gjennomsnittsfart for ulike lengdeklassifiseringer av kjøretøy fra dataene som eksisterer, men siden det spesielt er 85 %-fraktilfarten som har vært mest interessant i dette arbeidet er ikke klassifisert gjennomsnittsfart tatt med i databasen.

MålepunktID	Navn	Antall felt	Fartsgrense	Dato	Tid	Feltnummer	Antall kjøretøy	Gjennomsnittshastighet	85 %-fraktil	95 %-fraktil
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	09:00	1	61	80	89	100
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	09:00	2	69	84	92	97
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	10:00	1	90	81	88	93
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	10:00	2	119	83	91	95
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	11:00	1	145	76	87	91
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	11:00	2	192	82	88	94
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	12:00	1	186	79	85	92
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	12:00	2	248	83	89	93
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	13:00	1	232	77	84	88
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	13:00	2	325	81	87	92
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	14:00	1	213	76	85	88
400004	MOTRØA S	2	80	04.08.2017	14:00	2	322	80	88	93

Tabell 4.3 Utsnitt fra kildedata fra et vilkårlig tellepunkt.

For å få gode målinger av farten ønsker man at kjøretøy som passerer registreringspunktene kjører uforstyrret, altså at de får velge sin egen fart. Vegens geometri, omgivelsene i vegkorridoren, kryssområder og andre anlegg langs vegen er alle forhold som kan påvirke trafikantenes valg av fart. For eksempel legger linjeføring og stigningsforhold fysiske begrensinger på hvor fort det faktisk går an å kjøre, mens kryssområder, skilting eller andre forhold i omgivelsene som krever oppmerksomhet kan stjele av førerens kapasitet som av den grunn blir nødt til å redusere farten for å fordøye det som må oppfattes.

For fartsmålinger vil det være optimalt med trafikkregistreringsstasjoner som er plassert på frie vegstrekninger med god og jevn geometri og stor avstand fra kryssområder og andre forstyrrende elementer. Mange av tellepunktene som er med i databasen har gode plasseringer, men siden en av hovedoppgavene til disse registreringsstasjonene er å overvåke trafikken, er ofte disse strategisk plassert nærme kryssområder. Dette trenger ikke nødvendigvis å ha noen påvirkning på fartsmålingene noe som kommer fram av figur 4.11 under og bilde 4.6 på neste side som viser fartsgraf og plassering av målepunkt 209900 som ligger på E6 nord for Gardermoen. Målepunktet er plassert midt i kryssområdet og man ser av fartsgrafen av gjennomsnittsfarten for felt 3 og 4 ligger på ca. 105-110 km/t, noe som betraktes som normalt for motorveg med fartsgrense 110 km/t. Denne situasjonen kunne man også ha funnet på en «fri» vegstrekning.



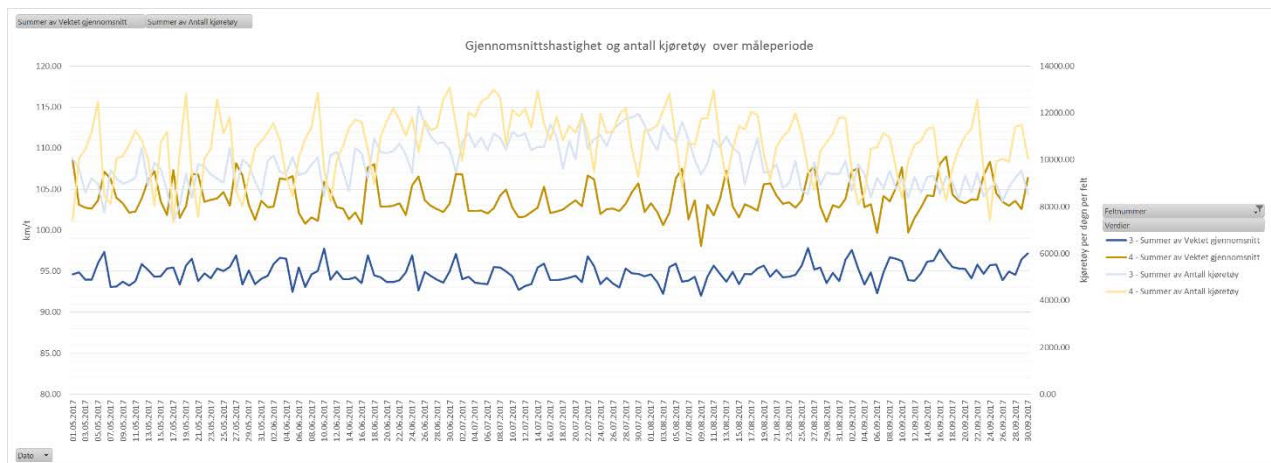
Figur 4.11 Gjennomsnittsfart gjennom måleperioden for tellepunkt 209900



Bilde 4.6 Plassering av tellepunkt 209900

Kryssområder er nødvendigvis ikke fartsbegrensende for den gjennomgående trafikken når det er en firefeltsveg med høy standard. Fra de utvalgte registreringsstasjonene er det gjort observasjoner med unormalt lavt fartsnivå der hvor målepunktet ligger med kort avstand fra påkjøringsrampen fra et kryss. Spesielt på veger med høye fartsgrenser er det naturlig at det tar noe tid før kjøretøy oppnår sin ønskede fart.

Figur 4.12 og bilde 4.7 på neste side viser målepunkt 100226 som ligger på E6 like nord for kryssområdet til Halden i Østfold. Trafikkmengden sør for krysset er 18000 kjt/d mens den er 28000 kjt/d nord for krysset, noe som forteller at en stor andel av trafikken kjører av og på E6 i dette krysset. Dette er en veg hvor fartsgrensen er 110 km/t og av fartsgrafen ses at det er 10 km/t forskjell på farten for felt 3 og 4, henholdsvis ~95 og ~105 km/t. Felt 3 som er illustrert med mørk blå linje i fartsgrafen er nordgående felt som ligger ca. 500 m fra påkjøringsrampen fra Halden. Dette kan tyde på at kjøretøyene som kommer inn på E6 fra Halden ikke har fått etablert sin ønskede fart etter bare en kort strekning på motorvegen med fartsgrense 110 km/t.



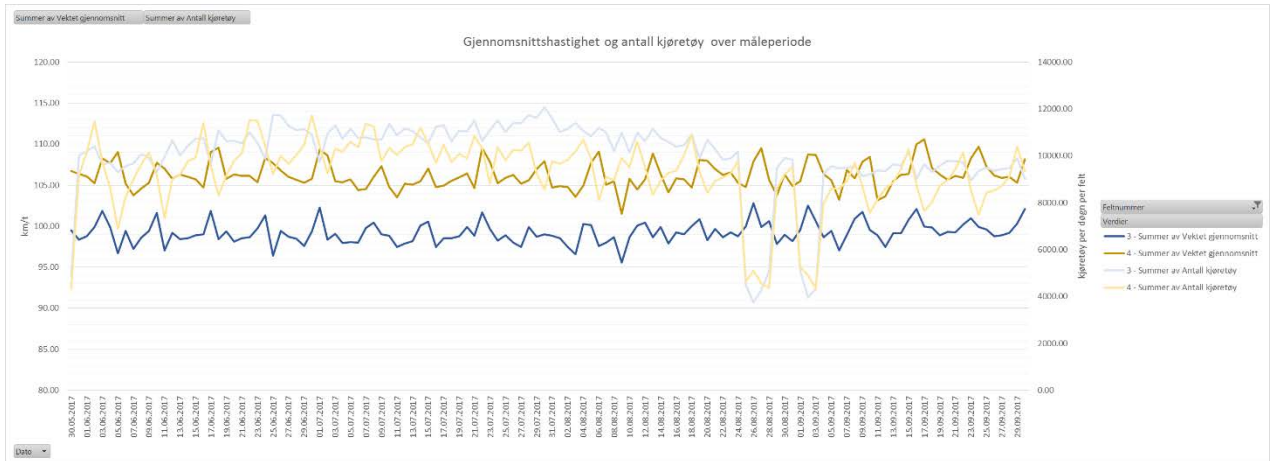
Figur 4.12 Gjennomsnittsfart gjennom måleperioden for tellepunkt 100226, felt 3 og 4



Bilde 4.7 Plassering av tellepunkt 100226. Felt 3 er nordgående, tellepunktet ligger ~500 m fra akselerasjonsfeltet

Figur 4.13 og bilde 4.8 viser et eksempel hvor stigningsforhold fører til et sprik mellom fartsgrafene til de ulike kjøreretningene. Målepunkt 100245 ligger på E6 i Østfold og her er det god avstand til nærmeste kryssområder, men her er det ca. 4 % stigning for felt 3 (mørk

blå) og nedoverbakke på tilsvarende -4 % for felt 4 (mørk gul). Gjennomsnittsfarten til kjøretøyene som kjører i oppoverbakke ligger i underkant av 100 km/t, mens de som har nedoverbakke holder et fartsnivå på mellom 105-110 km/t.



Figur 4.13 Gjennomsnittsfart gjennom måleperioden for tellepunkt 100245, felt 3 og 4



Bilde 4.8 Plassering av tellepunkt 100245. Felt 3 er nordgående og ligger i stigning på ~4 %.

Ingen av tellepunktene fra de tre eksemplene beskrevet ovenfor er optimale lokasjoner for registrering av fartsdata, men data for begge kjøreretninger fra disse stasjonene og fra tilsvarende tellepunkter er tatt med videre i databasen og i beregningen av de ulike fartsverdiene.

Andre spesielle hendelser på vegene hvor fartsdata blir registrert kan også føre til unormale og manglende data. Eksempler på slike situasjoner som er observert i dette datasettet er vegarbeid, nedsatt fartsgrense, stor trafikkmengde og køkjøring og vær- og føreforhold.

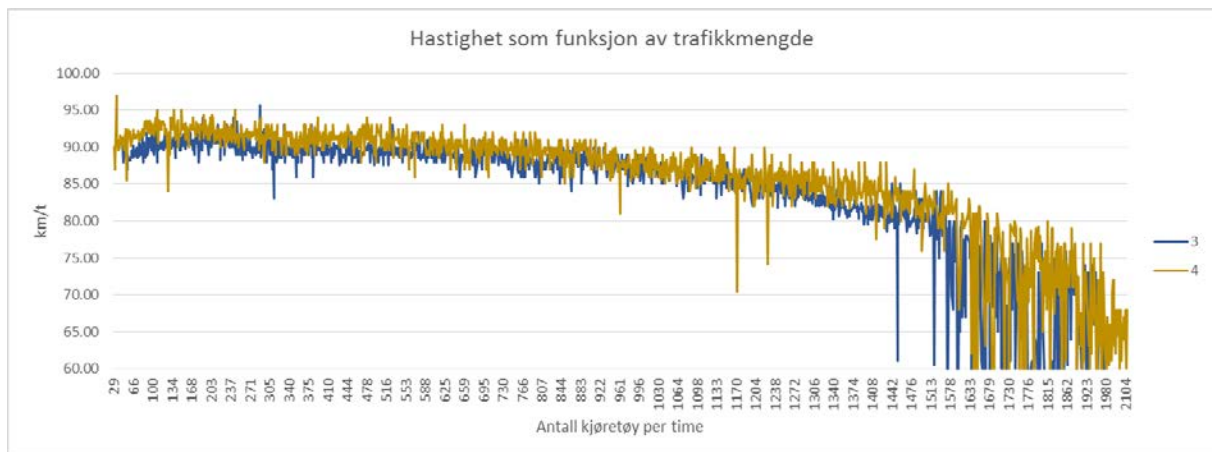
4.1.3 Filtreringskriterier

I en fartsdatabase som skal benyttes til beregning av fartsverdier til bruk som grunnlag for dimensjonering og utforming av nye veger er det viktig at registrerte data er så relevante som mulig til formålet de skal benyttes til. Ut i fra å ha studert tidligere tilsvarende arbeider med fartsdata til grunnlag for vegutforming er det vanskelig å finne noen definisjon på de ulike fartsverdier som har blitt beregnet, og det er også vanskelig å finne dokumentasjon på valg som er gjort med tanke på filtrering av data. Ønsket resultat fra etableringen av denne databasen er å finne opptredende fart på veger med ulike fartsgrenser. Opptredende fart er i denne studien definert som kjøretøyenes fart på vegen der førere fritt kan velge sin ønskede fart uten ytre begrensninger, og betingelsene for disse begrensningene må da velges.

For å få til dette er det som tidligere beskrevet utført en grovsortering av trafikkregistreringsstasjonene hvor en har analysert fartsdata og eventuelle andre forhold for hvert målepunkt. Videre for å utelukke unormale lave fartsdata fra tidspunkter hvor spesielle hendelser har påvirket registreringene har det vært nødvendig å definere et sett med filtreringskriterier, blant annet for hvilken trafikkmengde som reduserer føreres ønskede fart.

Av kildedataene ser man at i timer med 10 eller færre kjøretøy er det ikke bestandig at fraktilhastighetene har blitt beregnet, så derfor er alle timer med 10 eller færre kjøretøy ekskludert fra beregningen.

For å finne ut hvor mye trafikk henholdsvis to- og firefeltsveger tåler før man kan se en tendens av fartsreduksjon ble det utført en øvelse hvor det ble sett på farten som funksjon av antall kjøretøy per time, figur 4.14 under viser et eksempel på dette.



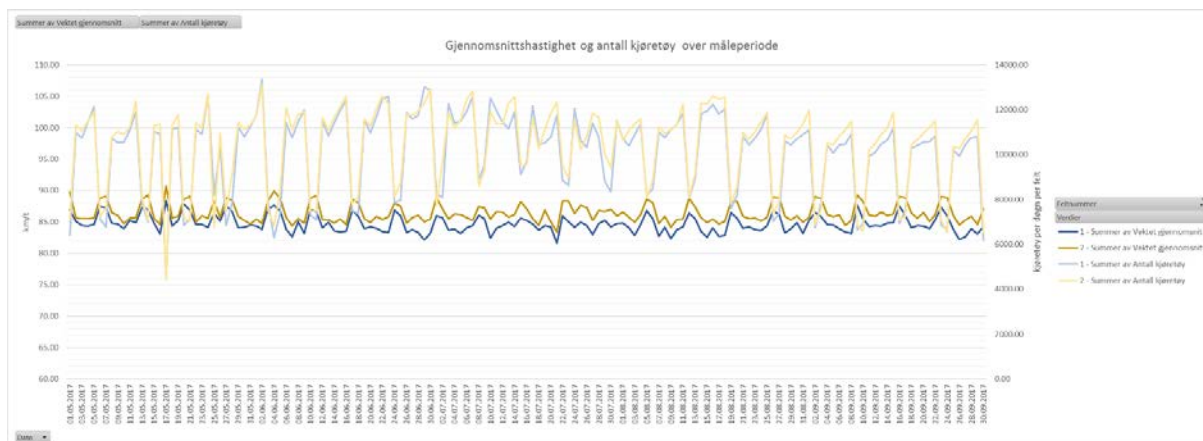
Figur 4.14 Fart som funksjon av trafikkmengde. Målepunkt 1100022, 90 km/t, 4 felt.

Vedlegg 11 (datafil i pdf-format) inneholder trafikkmengde-fartsdiagram for alle målepunkter. Det har vist seg at denne analysen ikke har vært så veldig relevant, ettersom mange av tellepunktene som er med i databasen har lite trafikk og dermed ingen tydelig knekk i fartsgrafen. For de stasjonene man kan se tendenser til tydelig fartsdropp er det stor variasjon på hvilken trafikkmengde dette inntreffer ved. Dette har sammenheng med at det er forskjellige trafikksituasjoner og rushtrafikk og kødannelsen vil opptre ulikt på de forskjellige stedene. Uansett kan man av denne analysen fastslå at farten reduseres gradvis med økende trafikkmengde.

Som en tommelfingerregel fra trafikkteknikken ligger kapasitetsgrensene for ett kjørefelt på en flerfeltsveg på om lag 1500-1800 kjt/t (Haugen, 2013). For tofeltsveger er kapasiteten 1800-2000 kjt/t i sum for begge retninger, sjelden over 1200 kjt/t i en retning. På bakgrunn av dette og observasjoner fra datagrunnlaget er det bestemt av bare timer med færre enn 1200 kjt/t per kjørefelt for flerfeltsveger og timer med færre enn 900 kjt/t per kjørefelt for tofeltsveger tas med i beregningen. Disse grenseverdiene gir tidsluker på henholdsvis 3 og 4 sekunder og det kan diskuteres i hvor stor grad trafikantene får bestemme sin egen fart i de timene når trafikken er opp mot valgte grenseverdier, siden tettheten av kjøretøy da fremdeles er relativt høy.

En annen analyse som er utført er å se på gjennomsnittsfarten for alle tellepunkt gjennom måleperioden. På denne måten kan det settes en nedre grense for normal fart for alle lokasjoner. Denne grensen vurderes ved hjelp av et diagram som viser farten over måleperioden for hvert målepunkt, se eksempel i figur 4.15 på neste side. Diagrammet viser

også antall kjøretøy per døgn for å eventuelt avdekke konsekvenser av trafikkmengden. Vedlegg 12 (datafil i pdf-format) inneholder analyse av nedre grenseverdi for fart i tidfartsdiagram for alle målepunkter. En slik analyse belyser irrelevante hastigheter ved spesielle hendelser og avdekker fartsmålinger som av andre grunner er unaturlig lave.



Figur 4.15 Gjennomsnittsfart over måleperiode. Målepunkt 900009, 90 km/t, 2 felt

Etter å ha analysert fartsgrafene og bestemt en nedre grense for hvert målepunkt ble resultater for veier med lik fartsgrense og antall kjørefelt sammenstilt. Disse verdiene ligger ikke så langt unna fartsgrensen, og man kan se at forskjellen fra fartsgrensen blir større jo høyere fart. I fare for å bli for snever i utvalget av data, er det vurdert at nedre grenseverdi for de ulike fartsgrensene som benyttes som filter senkes. Tabell 4.4 under angir hvilke nedre fartsverdier som er benyttet.

Fartsgrense	Antall felt	Analysert nedre grense	Forskjell fra fartsgrense	Benyttet nedre grense	Forskjell fra fartsgrense
80	2	76	4	70	10
80	4	83	-3	70	10
90	2	83	7	75	15
90	4	86	4	75	15
100	4	94	6	80	20
110	4	98	12	85	25

Tabell 4.4 Analyse av nedre grenseverdi for hastighet for de ulike fartsgrensene

Oppsummert ser filtreringskriteriene som er benyttet ved beregning av de ulike fartsverdiene for de ulike fartsgrenser og vegtyper slik ut per kjørefelt:

Tofeltsveg med fartsgrense 80 km/t:

Flere enn 10 kjøretøy per time	> 10 kjt/t
Mindre enn 900 kjøretøy per time	< 900 kjt/t
Fart større eller lik 70 km/t	≥ 70 km/t

Firefeltsveg med fartsgrense 80 km/t:

Flere enn 10 kjøretøy per time	> 10 kjt/t
Mindre enn 1200 kjøretøy per time	< 1200 kjt/t
Fart større eller lik 70 km/t	≥ 70 km/t

Tofeltsveg med fartsgrense 90 km/t:

Flere enn 10 kjøretøy per time	> 10 kjt/t
Mindre enn 900 kjøretøy per time	< 900 kjt/t
Fart større eller lik 75 km/t	≥ 75 km/t

Firefeltsveg med fartsgrense 90 km/t:

Flere enn 10 kjøretøy per time	> 10 kjt/t
Mindre enn 1200 kjøretøy per time	< 1200 kjt/t
Fart større eller lik 75 km/t	≥ 75 km/t

Firefeltsveg med fartsgrense 100 km/t:

Flere enn 10 kjøretøy per time	> 10 kjt/t
Mindre enn 1200 kjøretøy per time	< 1200 kjt/t
Fart større eller lik 80 km/t	≥ 80 km/t

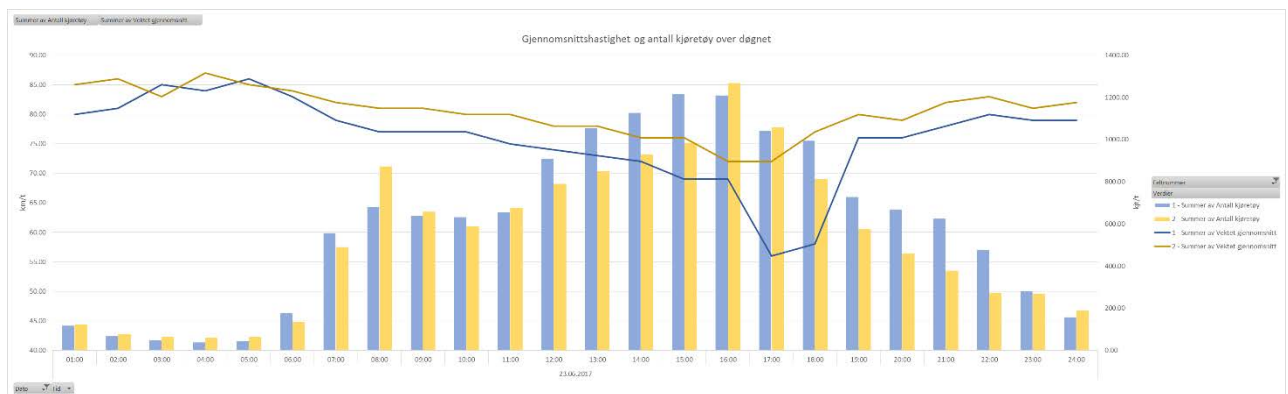
Firefeltsveg med fartsgrense 110 km/t:

Flere enn 10 kjøretøy per time	> 10 kjt/t
Mindre enn 1200 kjøretøy per time	< 1200 kjt/t
Fart større eller lik 85 km/t	≥ 85 km/t

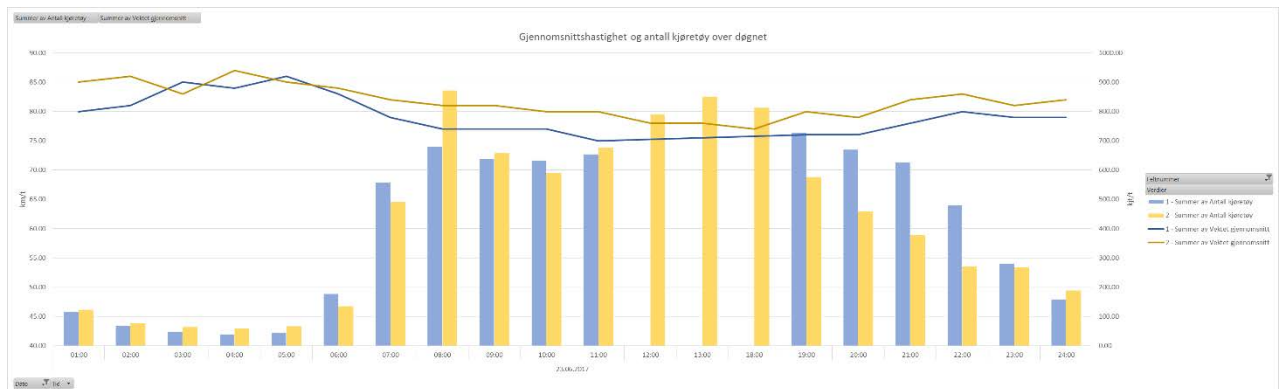
På de neste sidene er det vist noen eksempler på hvordan effekten av filtrene som er benyttet har vært og hvor mye av kildedataene som er ekskludert.

Tofeltsveg - 80 km/t.

Figurene 4.16 og 4.17 viser registreringer over ett døgn for målepunkt 400002 før og etter filtrering. Stolper viser trafikkmengde og linjer viser gjennomsnittsfart. 44 % av antall passeringer er ekskludert dette døgnet for dette målepunktet. Man ser tydelig jevnere fartskurver etter filtrering hvor timer med høy trafikk og lavt fartsnivå ettermiddagstid er tatt bort. Før og etter filtrering er det henholdsvis 26 792 og 14 998 kjt/døgn.

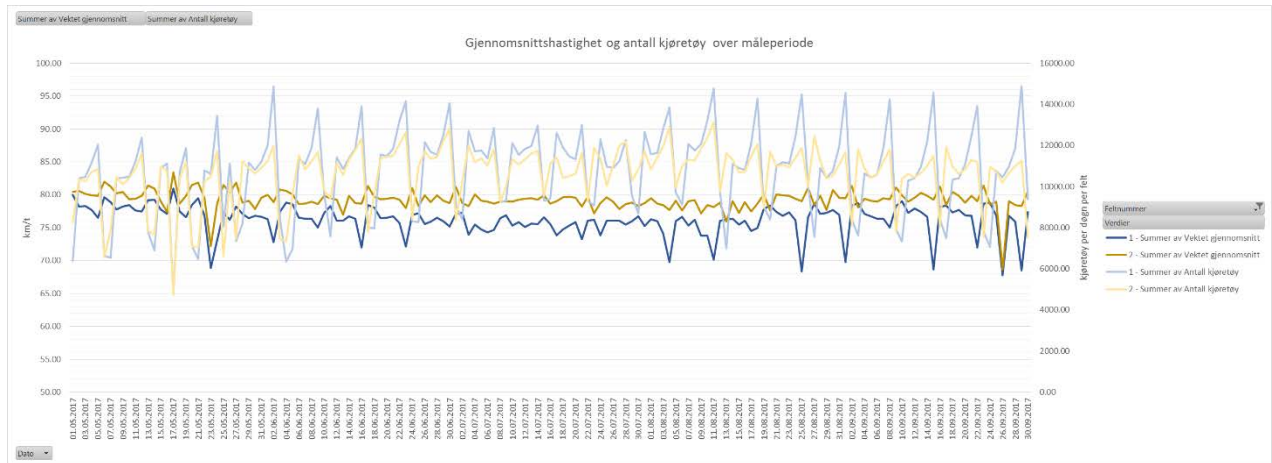


Figur 4.16 Målepunkt 400002 23.06.2017. Ufiltrert

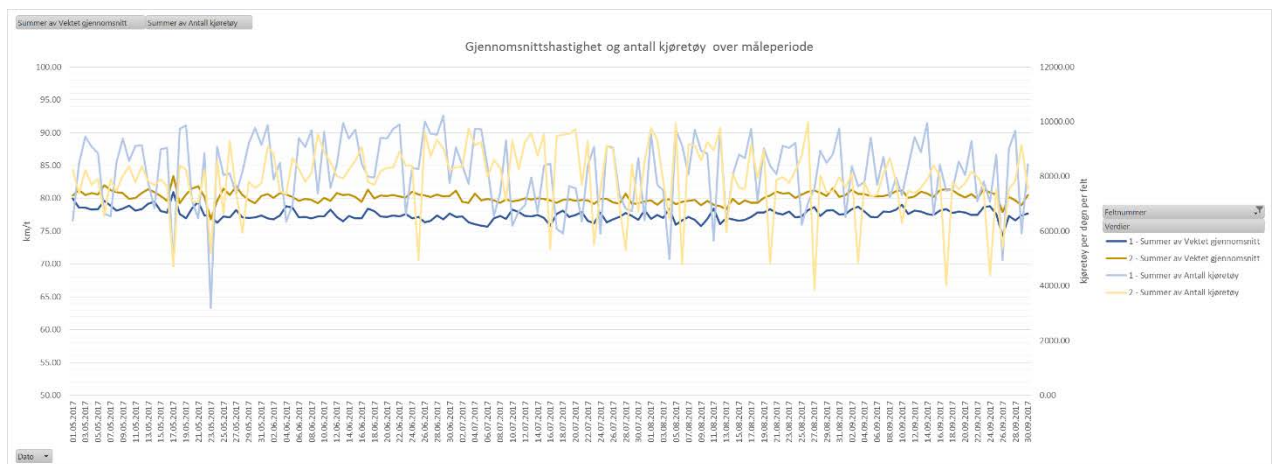


Figur 4.17 Målepunkt 400002 23.06.2017. Filtrert

Figur 4.18 og 4.19 under viser tellepunkt 400002 gjennom hele måleperioden før og etter filtrering. Totalt for dette tellepunktet er 24 % av registreringene ekskludert for måleperioden. Av grafene ser man at de største toppene med trafikkmenge blir tatt ut og at fartskurvene utjevnes. Før og etter filtrering er det henholdsvis 3 260 039 og 2 465 433 passeringer.



Figur 4.18 Målepunkt 400002 over registreringsperiode, fart og trafikkmenge. Ufiltrert

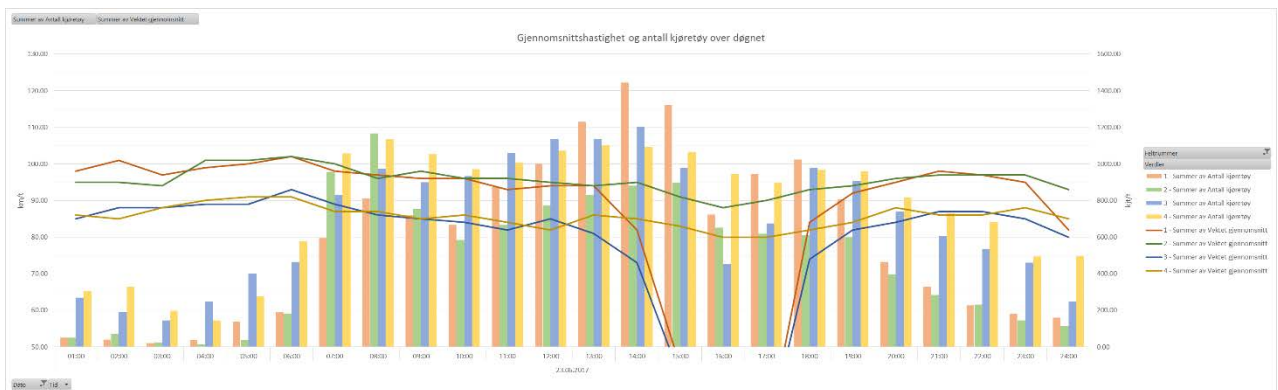


Figur 4.19 Målepunkt 400002 over registreringsperiode, fart og trafikkmenge. Filtrert

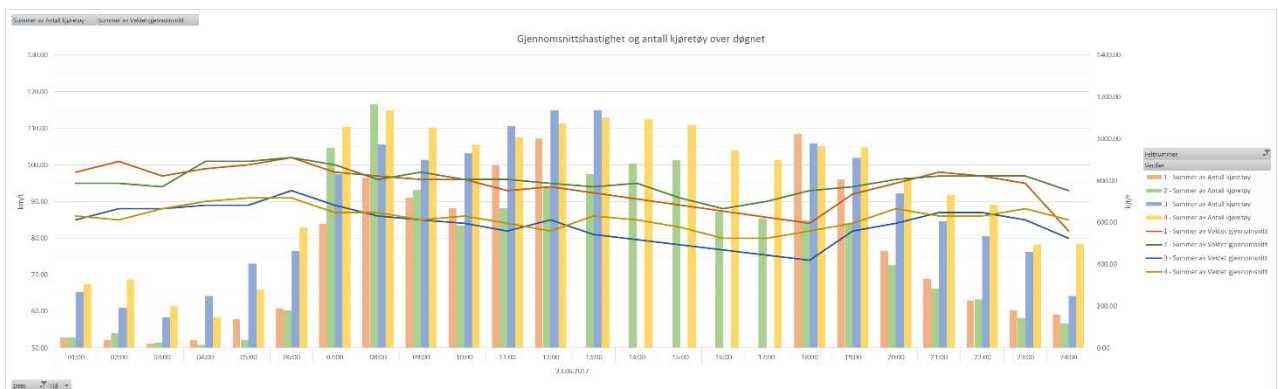
For alle tofeltsveger med 80 km/t er det i fartsdatabasen henholdsvis 20 556 778 og 19 266 452 målinger før og etter filtrering. Det vil si at 94 % av fartsmålingene er med i beregningsgrunnlaget.

Firefeltsveg - 80 km/t.

Figurene 4.20 og 4.21 viser registreringer over ett døgn for målepunkt 300349 før og etter filtrering. Stolper viser trafikkmengde og linjer viser gjennomsnittsfart. 15 % av antall passeringer er ekskludert dette døgnet for dette målepunktet. Man kan tydelig se rushtrafikken for felt 1 og 3 i figurene og at filtreringen fjerner de mest avvikende registreringene, men det er fremdeles en liten dupp i grafene på ettermiddagen. Før og etter filtrering er det henholdsvis 60 398 og 51 419 kjt/døgn.

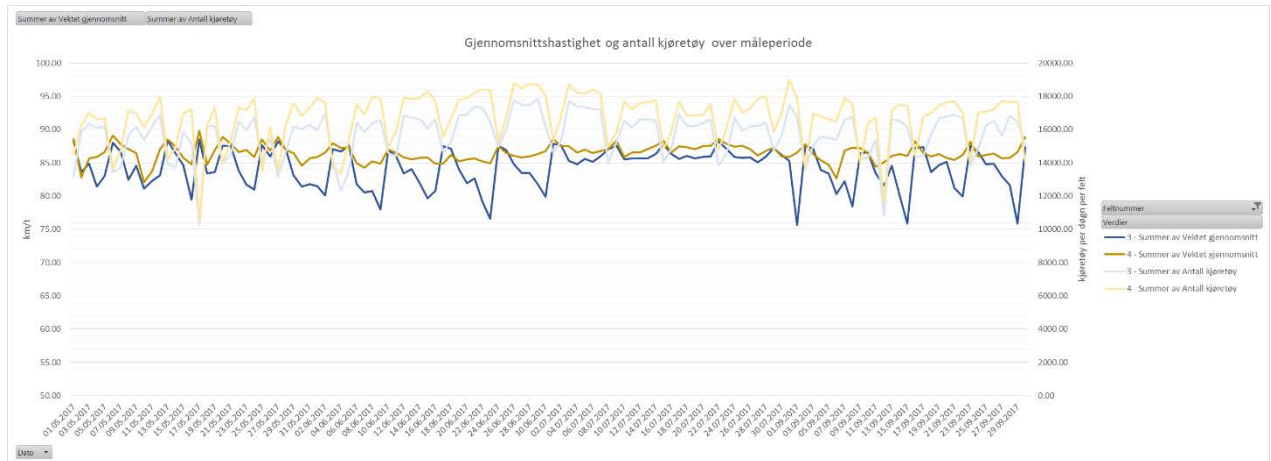


Figur 4.20 Målepunkt 300349 23.06.2017. Ufiltrert

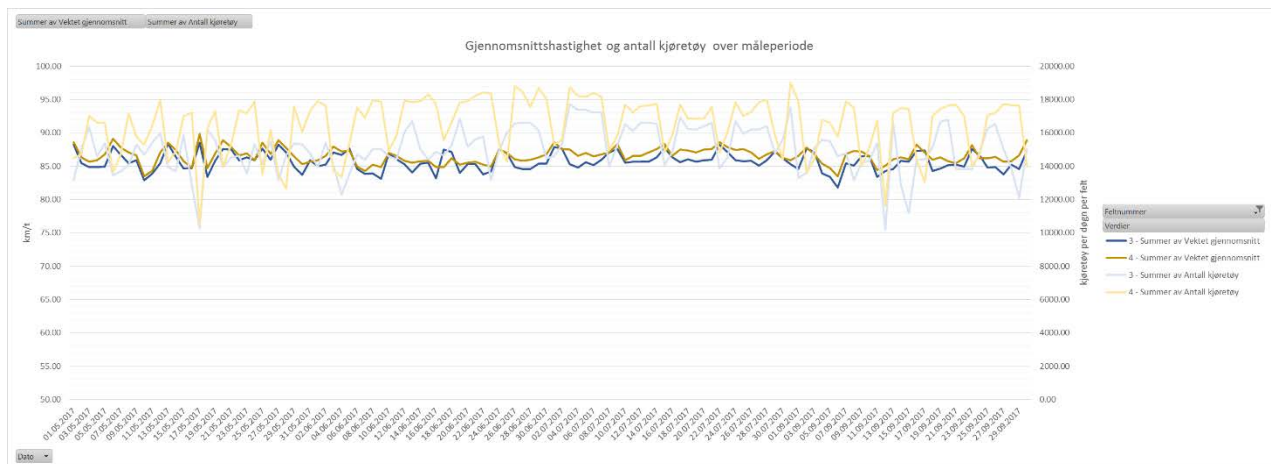


Figur 4.21 Målepunkt 300349 23.06.2017. Filtrert

Figur 4.22 og 4.23 under viser felt 3 og 4 for tellepunkt 300349 gjennom hele måleperioden før og etter filtrering. Totalt for tellepunktet (felt 3 og 4) er 3 % av registreringene ekskludert for måleperioden. Man ser tydelig at fartskurven for felt 3 glattes etter filtreringen. Før og etter filtrering er det henholdsvis 3 951 759 og 3 841 827 passeringer.



Figur 4.22 Målepunkt 300349 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Ufiltrert

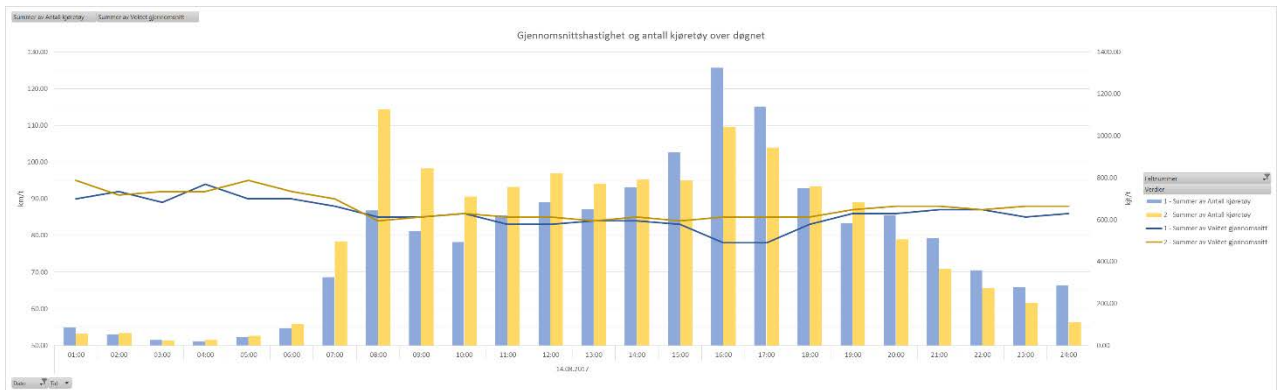


Figur 4.23 Målepunkt 300349 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Filtret

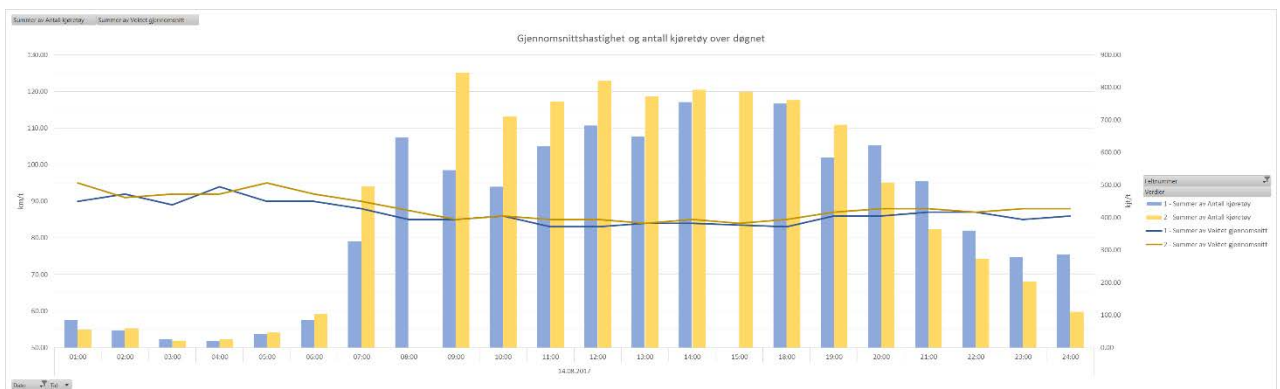
For alle firefeltsveger med 80 km/t er det i fartsdatabasen henholdsvis 14 582 750 og 13 454 092 målinger før og etter filtrering. Det vil si at 92 % av fartsmålingene er med i beregningsgrunnlaget.

Tofeltsveg - 90 km/t.

Figurene 4.24 og 4.25 viser registreringer over ett døgn for målepunkt 900009 før og etter filtrering. Stolper viser trafikkmengde og linjer viser gjennomsnittsfart. 27 % av antall passeringer er ekskludert dette døgnet for dette tellepunktet. Her tas noen timer med høy trafikk ut morgen og ettermiddag, og man ser at fartsgrafene blir utjevnet. Før og etter filtrering er det henholdsvis 24 126 og 17 627 kjt/døgn.

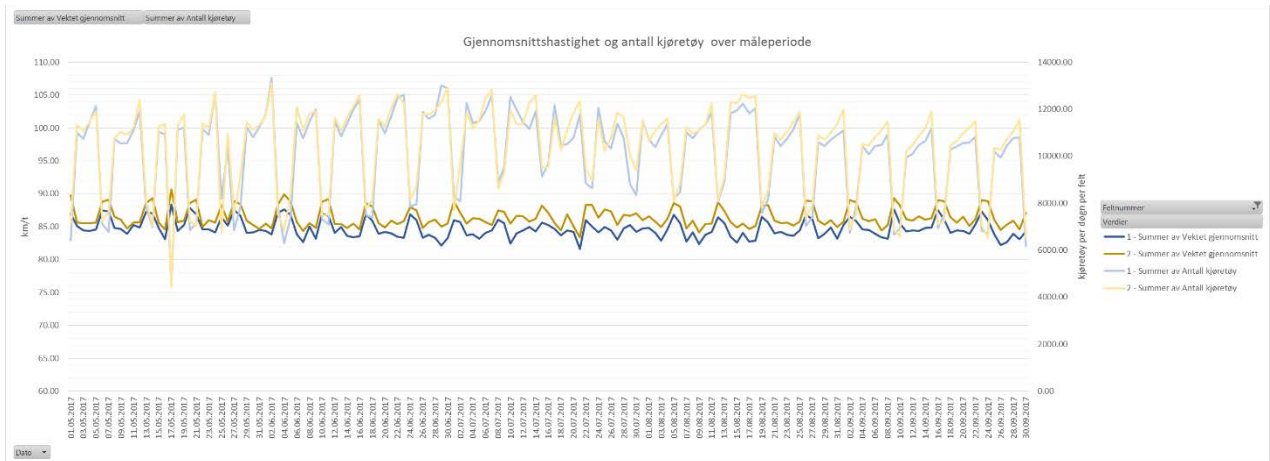


Figur 4.24 Målepunkt 900009 14.08.2017. Ufiltrert

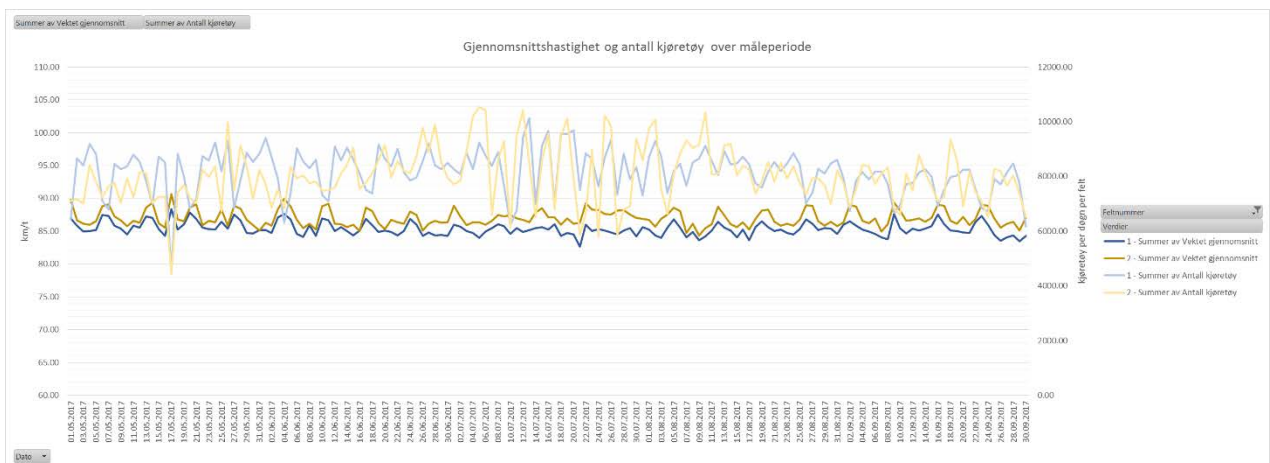


Figur 4.25 Målepunkt 900009 14.08.2017 Filtrert

Figur 4.26 og 4.27 under viser tellepunkt 900009 gjennom hele måleperioden før og etter filtrering. Totalt for dette tellepunktet er 24 % av registreringene ekskludert for måleperioden. For dette tellepunktet er farten ganske stabil også i før-situasjon. Filtringen fjerner timene med høyest trafikk, men har liten påvirkning på fartskurvene. Før og etter filtrering er det henholdsvis 3 135 254 og 2 477 163 passeringer.



Figur 4.26 Målepunkt 900009 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Ufiltrert

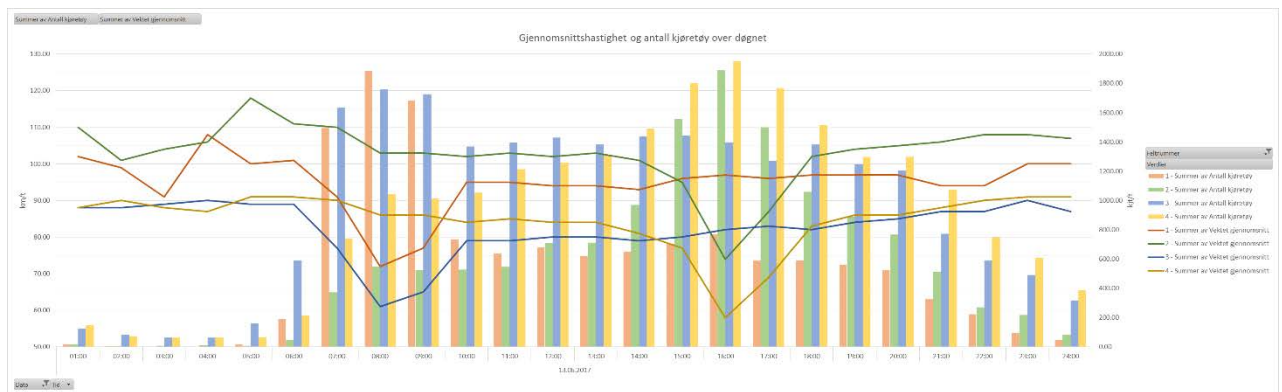


Figur 4.27 Målepunkt 900009 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Filtrert

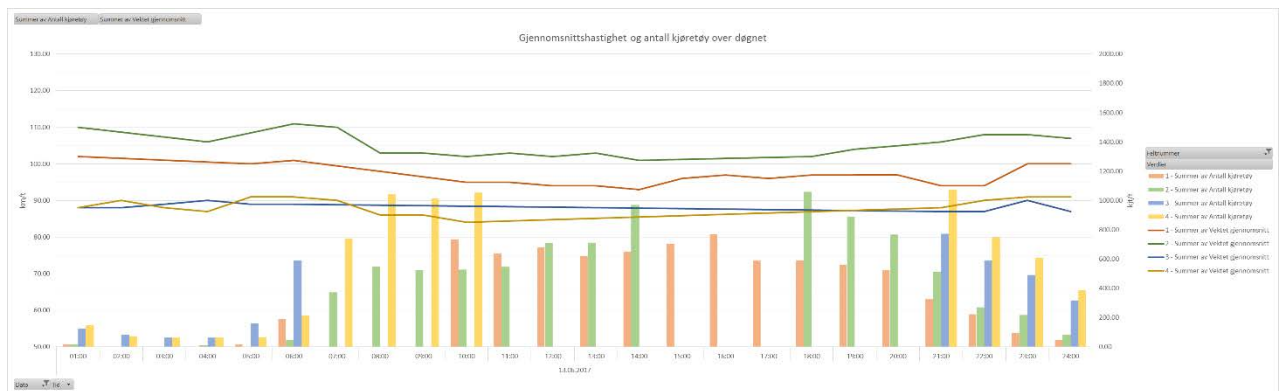
For alle tofeltsveger med 90 km/t er det i fartsdatabasen henholdsvis 8 108 606 og 7 314 831 målinger før og etter filtrering. Det vil si at 90 % av fartsmålingene er med i beregningsgrunnet.

Firefeltsveg - 90 km/t.

Figurene 4.28 og 4.29 viser registreringer over ett døgn for målepunkt 1100022 før og etter filtrering. Stolper viser trafikkmengde og linjer viser gjennomsnittsfart. 62 % av antall passeringer er ekskludert dette døgnet for dette tellepunktet. Dette døgnet er det rushtrafikk morgen og ettermiddag, og man ser at filtreringen tar ut de verste timene. Dette tellepunktet har stor trafikkmengde dette døgnet og hele 62 % av registreringene tas ut. Før og etter filtrering er det henholdsvis 72 374 og 27 338 kjt/døgn.

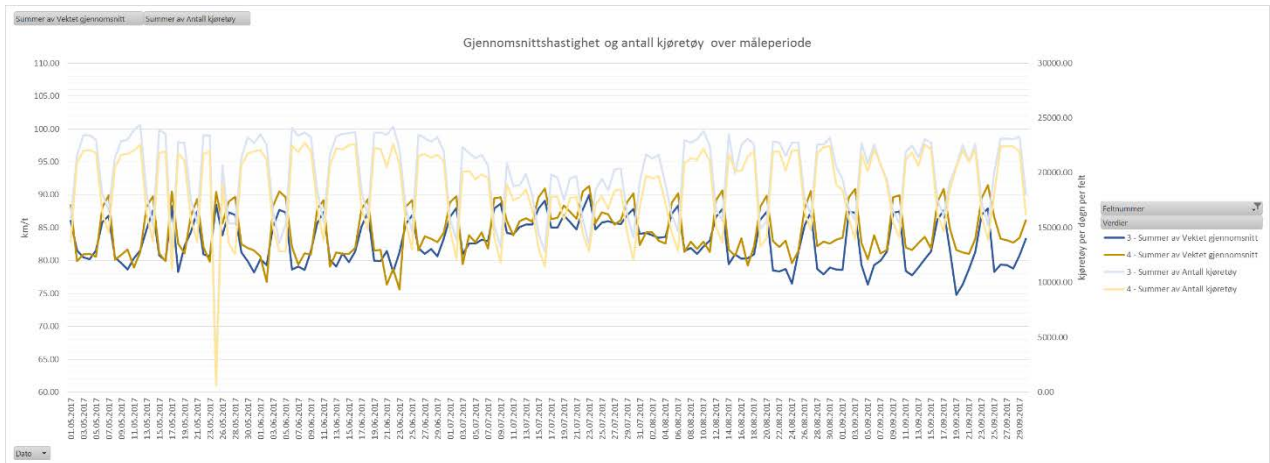


Figur 4.28 Målepunkt 1100022 13.06.2017. Ufiltrert



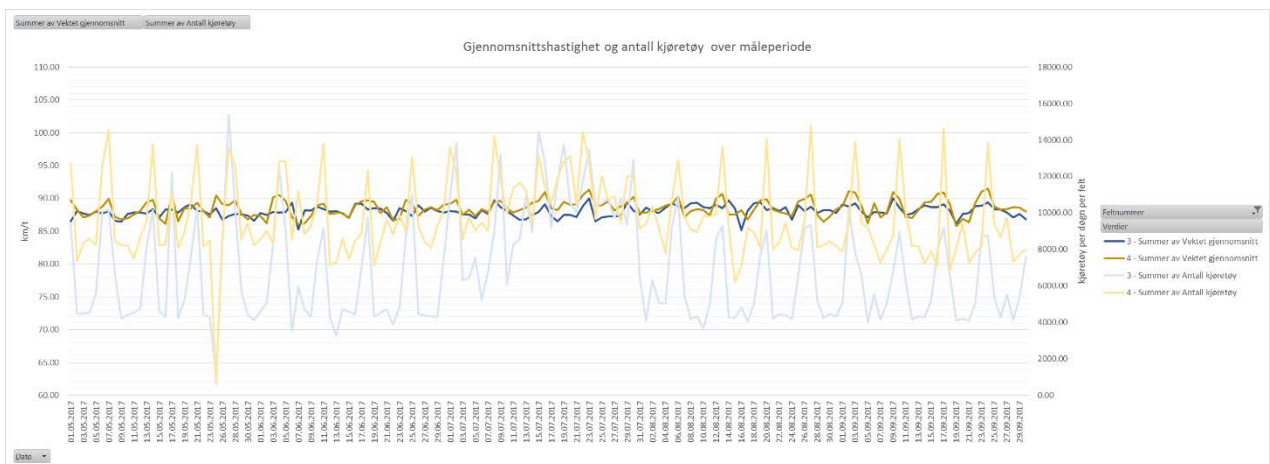
Figur 4.29 Målepunkt 1100022 13.06.2017. Filtrert

Figur 4.30 og 4.31 under viser felt 3 og 4 for tellepunkt 1100022 gjennom hele måleperioden før og etter filtrering. Totalt for tellepunktet (felt 3 og 4) er 57 % av registreringene ekskludert gjennom måleperioden. Ser helt klart en utjevning av fartsgrafene. Før og etter filtrering er det henholdsvis 5 862 906 og 2 530 326 passeringer.



Figur 4.30 Målepunkt 1100022 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4.

Ufiltrert



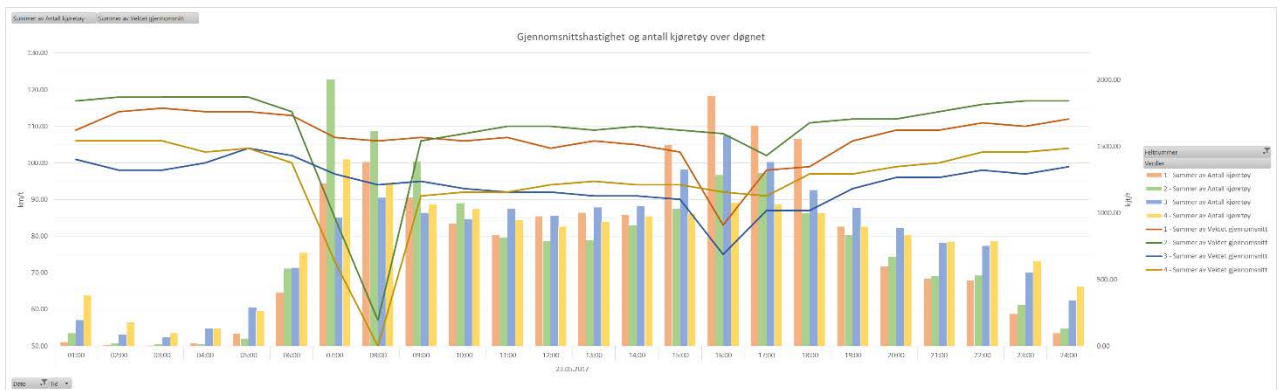
Figur 4.31 Målepunkt 1100022 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4.

Filtret

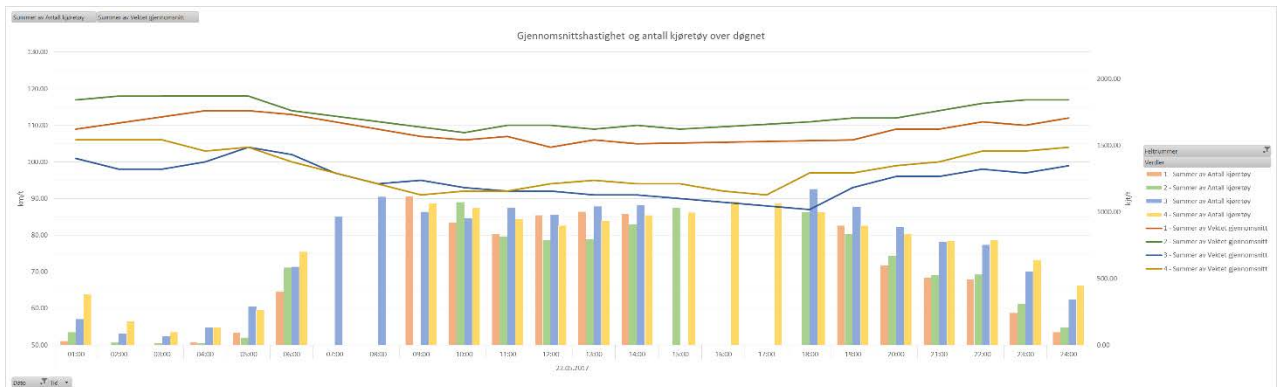
For alle firefeltsveger med 90 km/t er det i fartsdatabasen henholdsvis 41 296 178 og 34 766 047 målinger før og etter filtrering. Det vil si at 84 % av fartsmålingene er med i beregningsgrunnlaget.

Firefeltsveg - 100 km/t.

Figurene 4.32 og 4.33 viser registreringer over ett døgn for målepunkt 200211 før og etter filtrering. Stolper viser trafikkmengde og linjer viser gjennomsnittsfart. 32 % av antall passeringer er ekskludert dette døgnet for dette målepunktet. Man ser av fartsgrafene at det er rushtrafikk og kø både morgen og ettermiddag for henholdsvis felt 2/4 og 1/3. Filtreringen tar ut timene med høytrafikk og lav fart. Etter filtreringen er det fortsatt noe ujevnheter igjen for feltene 3 og 4, men betraktelig mindre enn tidligere. Før og etter filtrering er det henholdsvis 74 223 og 50 494 kjt/døgn.

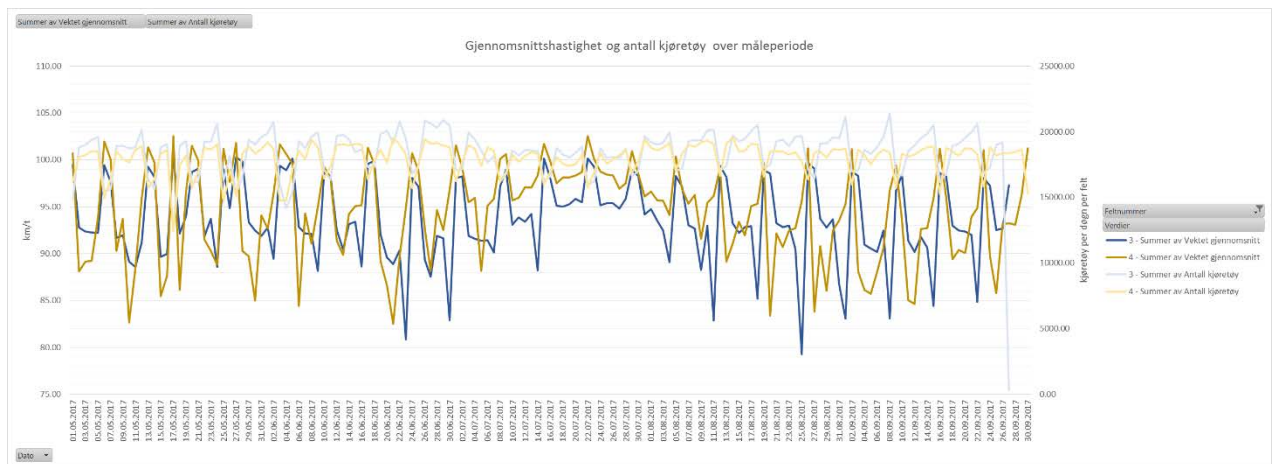


Figur 4.32 Målepunkt 200211 22.05.2017. Ufiltrert



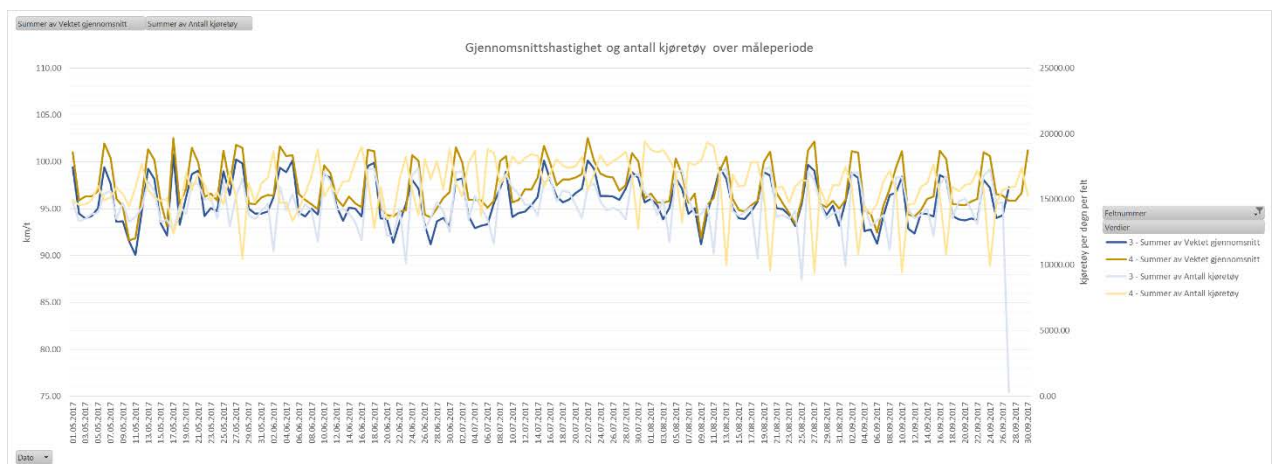
Figur 4.33 Målepunkt 200211 22.05.2017. Filtrert

Figur 4.34 og 4.35 under viser felt 3 og 4 for tellepunkt 202211 gjennom hele måleperioden før og etter filtrering. Totalt for tellepunktet (felt 3 og 4) er 16 % av registreringene ekskludert gjennom måleperioden. Fartskurvene har fremdeles svingninger etter filtreringen, men er mye jevnere enn opprinnelig situasjon. Før og etter filtrering er det henholdsvis 5 491 019 og 4 617 465 passeringer.



Figur 4.34 Målepunkt 202211 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4.

Ufiltrert



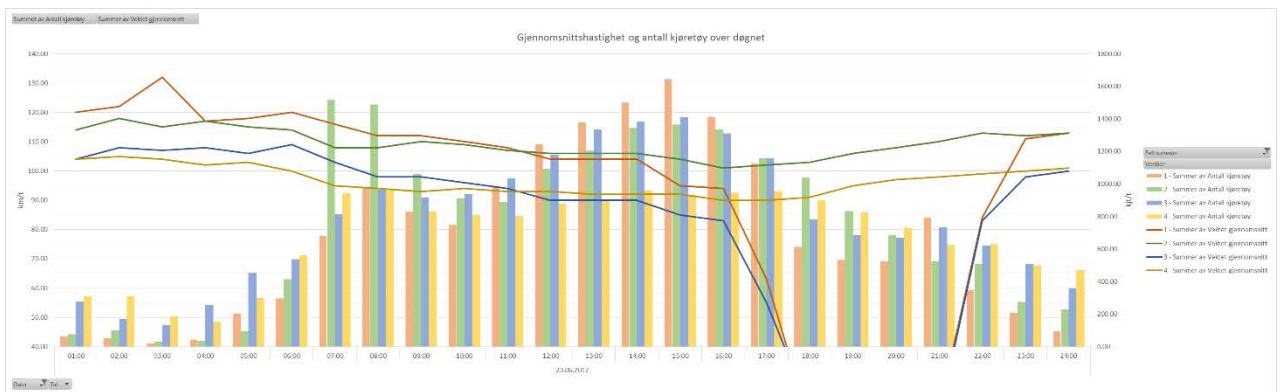
Figur 4.35 Målepunkt 202211 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4.

Filtrert

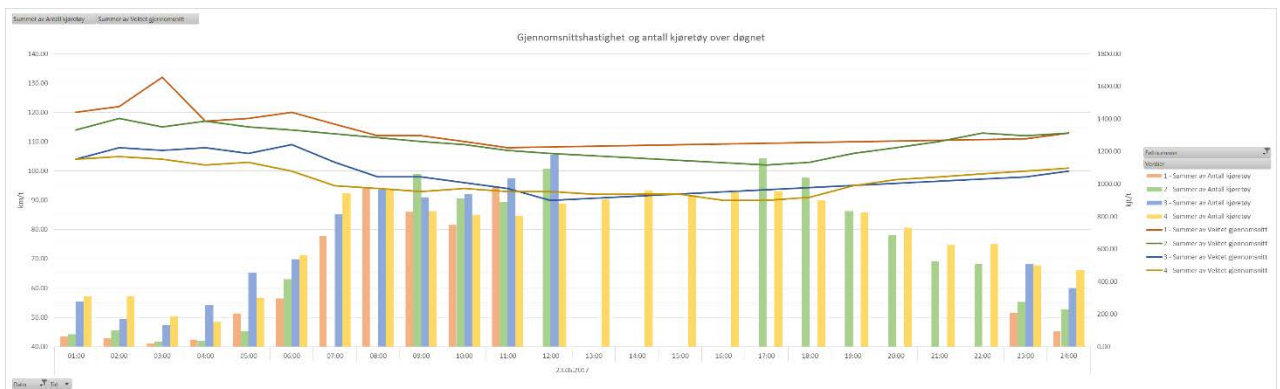
For alle firefeltsveger med 100 km/t er det i fartsdatabasen henholdsvis 75 654 788 og 65 260 757 målinger før og etter filtrering. Det vil si at 86 % av fartsmålingene er med i beregningsgrunnlaget.

Firefeltsveg - 110 km/t.

Figurene 4.36 og 4.37 viser registreringer over ett døgn for målepunkt 200200 før og etter filtrering. Stolper viser trafikkmengde og linjer viser gjennomsnittsfart. 42 % av antall passeringer er ekskludert dette døgnet for dette målepunktet. Farten er høyest om natten, og reduseres etter hvert som det blir mer trafikk på veien. Filtreringen fjerner kødannelsen som oppstår i felt 1 og 3 på ettermiddagstid. Før og etter filtrering er det henholdsvis 69 646 og 40 165 kjt/døgn.

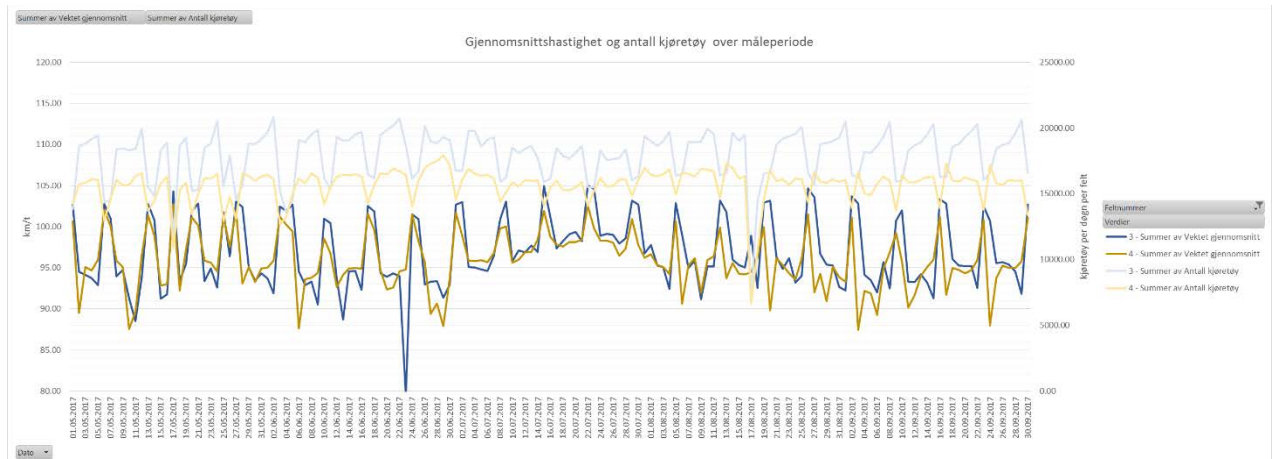


Figur 4.36 Målepunkt 200200 23.06.2017 Ufiltrert

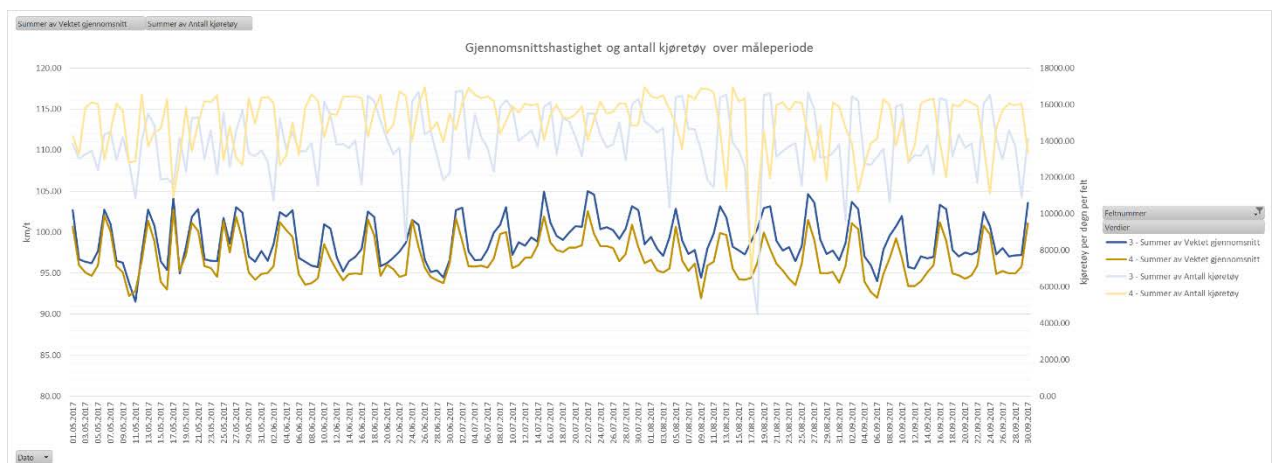


Figur 4.37 Målepunkt 200200 23.06.2017. Filtrert

Figur 4.38 og 4.39 under viser felt 3 og 4 for tellepunkt 200200 gjennom hele måleperioden før og etter filtrering. Totalt for tellepunktet (felt 3 og 4) er 14 % av registreringene ekskludert gjennom måleperioden. Man ser fremdeles at det er svingninger i fartskurvene, men en jevnere situasjon enn før filtreringen. Før og etter filtrering er det henholdsvis 5 136 621 og 4 431 440 passeringer.



Figur 4.38 Målepunkt 200200 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Ufiltrert



Figur 4.39 Målepunkt 200200 over registreringsperiode, fart og trafikkmengde. Felt 3 og 4. Filtret

For alle firefeltsveger med 110 km/t er det i fartsdatabasen henholdsvis 72 582 000 og 69 092 763 målinger før og etter filtrering. Det vil si at 95 % av fartsmålingene er med i beregningsgrunnlaget.

Selv om filtreringen for noen registreringsstasjoner tar ut en stor andel av datagrunnlaget er det totalt sett en liten andel som blir luket bort for de ulike fartsgrensene. Tabell 4.5 viser en samlet oversikt over hvor stor andel av alle passeringer fra hver fartsgrense som inngår i beregningsgrunnlaget til de endelige fartsverdiene.

Fartsgrense, km/t	80 (2 felt)	80 (4 felt)	90 (2 felt)	90 (4 felt)	100	110
Andel, %	94	92	90	84	86	95

Tabell 4.5 Andel av alle passeringer som etter filtrering er med i beregningsgrunnlaget

4.1.4 Resultater

Resultatet av arbeidet med innsamlingen og behandling av fartsmålingene er en database basert på registreringer fra 68 tellepunkter fordelt på de ulike fartsgrensene i hovedsak fra perioden mai til september 2017. Beregningsgrunnlaget består samlet sett av over 209 millioner passeringer. Kildedata og bearbeidet data fra de ulike registreringsstasjonene er samlet i Excel-format, og fartsdatabasen er vedlagt dette arbeidet, se vedlegg 10 (datafil i Excel-format).

For fartsgrensene 80-, 90-, 100- og 110 km/t er det beregnet gjennomsnittsfart, 85 %-fraktilfart og 95 %-fraktilfart.

Tabell 4.6 på neste side viser resultater for veger med fartsgrense 80 km/t. Tabellen viser også resultater for firefelts 80-veger selv om dette ikke inngår i tallene dette arbeidet tar med videre i sammenligningen.

80 km/t - tofeltsveg

Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %-fraktil	Vektet 95 %-fraktil
200245	2009863	78.0	86.5	92.4
400002	2465433	78.8	84.4	88.2
400004	673520	80.3	88.6	94.0
500110	308963	80.2	87.9	93.5
500513	2093775	79.2	84.7	89.0
500724	1043066	81.8	88.3	93.9
500756	1029932	84.6	92.0	98.3
600033	229106	80.4	92.6	99.6
600240	1984330	79.1	87.6	93.0
1500017	505087	80.4	87.5	93.2
1601444	1750017	78.8	84.6	89.0
1800002	721389	78.1	87.3	93.0
1800003	1594242	76.0	83.6	88.3
400231	400341	83.0	90.1	96.6
1100003	668126	77.8	86.1	92.0
1600144	721125	82.3	89.3	94.5
1800187	590485	82.5	88.3	94.6
1500314	477652	82.5	92.8	100.0
Gjennomsnitt		80.2	87.9	93.5

**80 km/t - firefeltsveg
Høyre felt (felt 3 og 4)**

Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %-fraktil	Vektet 95 %-fraktil
200008	4688982	88.6	98.0	105.4
300349	3841827	86.1	94.7	101.1
Gjennomsnitt		87.4	96.3	103.3

**80 km/t - firefeltsveg
Venstre felt (felt 1 og 2)**

Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %-fraktil	Vektet 95 %-fraktil
200008	2754617	103.4	111.9	117.9
300349	2168666	96.7	104.9	110.2
Gjennomsnitt		100.1	108.4	114.0

Tabell 4.6 Fartsdatabase: Resultat for veier med fartsgrense 80 km/t

Tabell 4.7 nedenfor angir resultatene for veger med fartsgrense 90 km/t. For fartsgrense 90 km/t er det med beregnede verdier for både to- og firefeltsveger.

90 km/t - tofeltsveg				
Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %-fraktil	Vektet 95 %-fraktil
900009	2477163	86.1	92.5	96.7
1601440	1767464	88.1	95.0	100.5
1800009	65943	86.2	97.8	104.8
1900043	644185	83.6	90.6	95.6
1900112	152834	83.2	92.0	100.0
2000010	47481	88.9	100.7	110.4
500114	852415	89.6	97.8	105.0
500115	849403	88.1	96.1	102.9
1810123	442699	89.5	100.0	107.1
2000014	15244	90.4	103.8	112.6
Gjennomsnitt		87.4	96.6	103.6

90 km/t - firefeltsveg Høyre felt (felt 3 og 4)				
Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %-fraktil	Vektet 95 %-fraktil
100009	2034963	88.6	98.6	106.0
200127	4284462	86.2	95.4	101.5
200232	4149372	90.7	101.1	108.4
1601441	1976142	88.4	95.7	101.9
209634	1491179	94.4	104.1	111.2
209665	1855551	90.7	100.2	108.2
400003	1399809	92.5	101.7	108.9
400021	973724	91.1	100.6	107.3
1100022	2530326	88.4	96.9	103.2
1100195	3273060	89.7	97.4	103.4
Gjennomsnitt		90.1	99.2	106.0

90 km/t - firefeltsveg Venstre felt (felt 1 og 2)				
Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %-fraktil	Vektet 95 %-fraktil
100009	544660	100.4	110.1	116.3
200127	2710208	95.6	103.1	107.9
200232	2310520	103.1	111.7	117.4
1601441	266577	101.9	110.6	117.6
209634	221314	105.9	114.2	120.1
209665	417381	103.7	113.0	120.8
400003	207563	107.2	116.1	123.6
400021	74707	106.2	115.1	121.9
1100022	2188582	101.0	109.4	115.4
1100195	1855947	94.6	102.0	107.5
Gjennomsnitt		102.0	110.5	116.9

Tabell 4.7 Fartsdatabase: Resultat for veger med fartsgrense 90 km/t

Tabell 4.8 under viser beregnede fartsverdier for firefeltsveger med fartsgrense 100 km/t.

100 km/t - firefeltsveg Høyre felt (felt 3 og 4)				
Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %- fraktil	Vektet 95 %- fraktil
200206	3419555	97.3	107.2	114.1
200210	3656605	92.9	103.8	110.7
200228	2249853	96.7	109.7	116.3
200246	2863647	100.3	112.6	118.7
400019	1830229	100.7	112.8	119.6
600001	4300865	95.6	105.9	112.2
600137	4347242	92.2	102.6	109.0
700013	2337200	101.7	112.8	118.8
700015	2827509	98.0	109.9	116.3
700016	2554738	98.7	110.2	116.6
900204	2008819	99.5	110.1	116.5
100282	1464658	99.1	110.3	117.1
100284	3300695	100.4	111.9	118.6
200211	4617465	96.6	108.6	115.7
400797	1644757	104.9	117.4	123.7
Gjennomsnitt		98.3	109.7	116.3

100 km/t - firefeltsveg Venstre felt (felt 1 og 2)				
Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %- fraktil	Vektet 95 %- fraktil
200206	1163801	111.7	120.4	127.0
200210	2320714	105.8	115.2	121.4
200228	1422981	109.7	119.2	124.8
200246	1639544	113.1	121.6	126.9
400019	527865	110.1	118.7	124.4
600001	2668571	106.6	115.0	120.4
600137	2831223	105.4	113.6	119.0
700013	1017098	113.0	122.2	128.5
700015	1294386	110.4	119.4	124.9
700016	1056024	113.7	122.5	128.3
900204	506449	108.8	117.5	123.3
100282	272046	112.8	121.5	128.4
100284	1734305	110.4	118.9	124.7
200211	2953530	109.7	119.4	125.8
400797	428383	116.9	125.5	131.1
Gjennomsnitt		110.6	119.4	125.3

Tabell 4.8 Fartsdatabase: Resultat for veger med fartsgrense 100 km/t

Tabell 4.9 under viser beregnede fartsverdier for firefeltsveger med fartsgrense 110 km/t.

110 km/t - firefeltsveg Høyre felt (felt 3 og 4)				
Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %- fraktil	Vektet 95 %- fraktil
200153	4302106	96.7	108.6	115.0
200200	4431440	97.9	110.0	116.6
700002	3331692	102.7	115.1	121.2
700009	3394885	101.4	113.1	119.2
700010	3251077	103.2	115.9	121.8
700011	2814121	105.1	117.0	123.0
700018	3163309	103.0	115.2	121.1
700020	2804215	101.9	115.4	121.5
700234	2225846	104.1	116.3	122.2
100200	3669019	101.4	113.8	119.8
100226	3213018	99.4	112.3	119.1
100245	2387255	102.5	115.5	122.4
200022	2559855	104.3	116.8	123.0
200212	1739004	105.1	117.6	123.8
209900	1854027	105.7	118.2	124.5
Gjennomsnitt		102.3	114.7	120.9

110 km/t - firefeltsveg Venstre felt (felt 1 og 2)				
Målepunkt	Antall kjøretøy	Vektet gjennomsnitt	Vektet 85 %- fraktil	Vektet 95 %- fraktil
200153	2682854	106.6	115.0	120.3
200200	2981036	110.6	119.2	124.6
700002	1654661	115.0	122.9	128.1
700009	1765050	114.0	122.2	127.5
700010	2006624	115.3	123.5	128.7
700011	1291510	114.9	122.9	127.8
700018	1631471	113.7	121.9	127.3
700020	1541990	113.6	121.9	127.0
700234	1337288	117.7	125.8	131.3
100200	2310098	112.2	120.8	126.1
100226	1380082	114.0	123.8	131.0
100245	1279415	114.3	123.9	130.7
200022	973357	115.9	124.3	129.8
200212	471993	117.8	126.1	131.6
209900	644465	113.3	121.2	126.4
Gjennomsnitt		113.9	122.4	127.9

Tabell 4.9 Fartsdatabase: Resultat for veger med fartsgrense 110 km/t

Resultatene fra arbeidene med fartsdatabasen er oppsummert i tabell 4.10. Selv om den nye vegnormalen N100 bare inneholder tofeltsveger med fartsgrense 80- og 90 km/t og firefeltsveg med fartsgrense 110 km/t, er det i sammenstillingene under i tillegg tatt med fartsverdier for firefeltsveger med fartsgrense 90 og 100 km/t.

Fartsgrense - kjørefelt	Gjennomsnittsfart	85 %-fraktil	95 %-fraktil
80 - 2-felt	80	88	94
90 - 2-felt	87	97	104
90 - 4-felt	90 (H) / 102 (V)	99 (H) / 111 (V)	106 (H) / 117 (V)
100 - 4-felt	98 (H) / 111 (V)	110 (H) / 119 (V)	116 (H) / 125 (V)
110 - 4-felt	102 (H) / 114 (V)	115 (H) / 122 (V)	121 (H) / 128 (V)

Tabell 4.10 Sammenstilling av beregnet gjennomsnittsfart, 85- og 95 %-fraktilfart for de ulike fartsgrenser

Tabell 4.11 viser en sammenligning av de nye beregnede verdier for fart med tallene som er benyttet av Vegdirektoratet i revisjonsarbeidet med ny håndbok N100 (Eggen, 2016). Det går frem at de nye fartsverdiene er noe høyere enn det som tidligere er beregnet, med unntak av firefeltsveg med 90 km/t. For firefeltsveg med 110 km/t er de nye tallene omtrent 5 km/t høyere enn de gamle tallene. Forskjellen kommer av utvalget av tellepunkter og måten dataene er bearbeidet på.

Fartsgrense - kjørefelt	85 %-fraktil	85 %-fraktil VD N100	Differanse 85 %-fraktil
80 - 2-felt	88	86	2
90 - 2-felt	97	94	3
90 - 4-felt	99 (H) / 111 (V)	99 (H) / 109 (V)	0 (H) / 2 (V)
100 - 4-felt	110 (H) / 119 (V)	107 (H) / 117 (V)	3 (H) / 2 (V)
110 - 4-felt	115 (H) / 122 (V)	109 (H) / 118 (V)	6 (H) / 4 (V)

Fartsgrense - kjørefelt	95 %-fraktil	95 %-fraktil VD N100	Differanse 95 %-fraktil
80 - 2-felt	94	92	2
90 - 2-felt	104	100	4
90 - 4-felt	106 (H) / 117 (V)	106 (H) / 115 (V)	0 (H) / 2 (V)
100 - 4-felt	116 (H) / 125 (V)	113 (H) / 123 (V)	3 (H) / 2 (V)
110 - 4-felt	121 (H) / 128 (V)	115 (H) / 123 (V)	6 (H) / 5 (V)

Tabell 4.11 85- og 95 % fraktil sammenlignet med verdier benyttet i grunnlag til ny N100

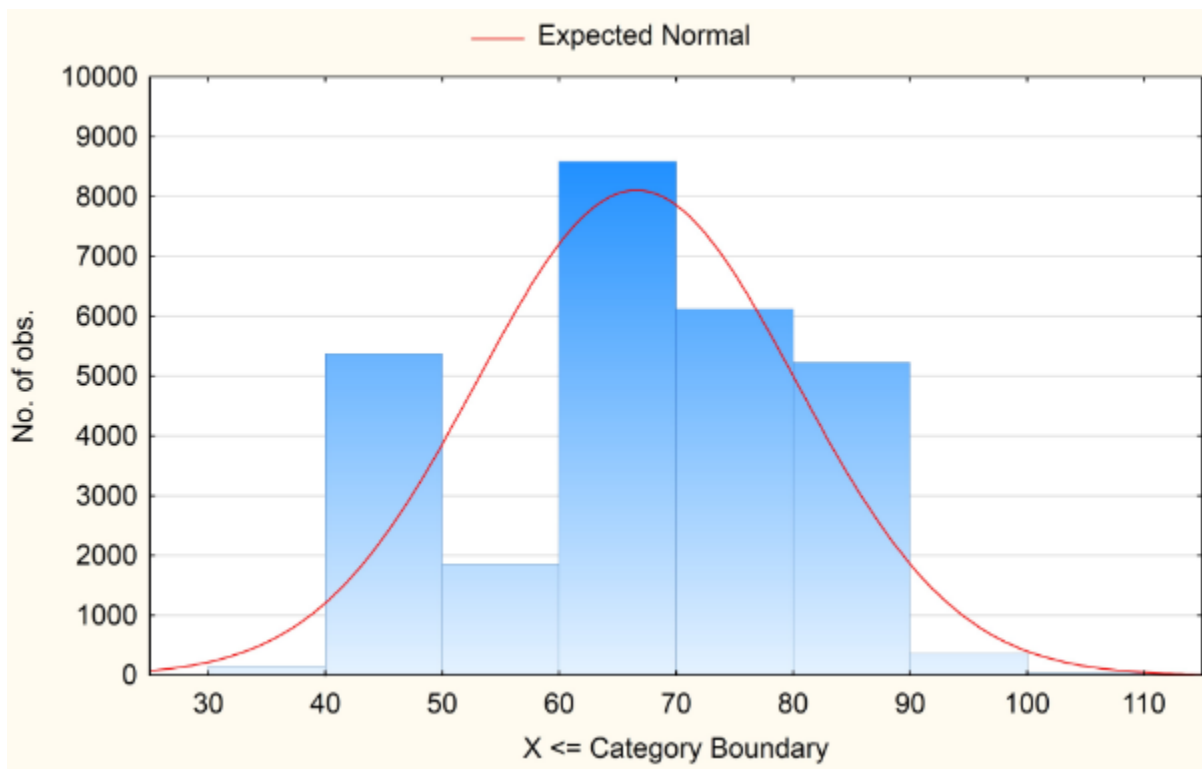
Sammenhengen mellom dimensjonerende fart for de ulike dimensjoneringsklassene for nasjonale hovedveger i ny håndbok N100 og beregnede verdier for opptredende fart er vist i tabell 4.12. For dimensjoneringsklasse H3 og Hø1 overgår ny beregnet opptredende fart dimensjoneringsverdien.

Dimensjoneringsklasse	H1	H2	H3	Hø1	Hø2
Fartsgrense	80	90	110	80	60
Fartstillegg	5	5	10	0	0
Fartsprofiltillegg	5	5	0	5	5
Dimensjonerende fart	85-90	95-100	120	80-85	60-65
85 %-fraktil N100	86	94	118	86	-
85 %-fraktil NY	88	97	122	88	-

Tabell 4.12 Dimensjoneringsklasser i N100 (2018) med dimensjonerende fart vs. opptredende fart

4.2 Friksjonsdatabase

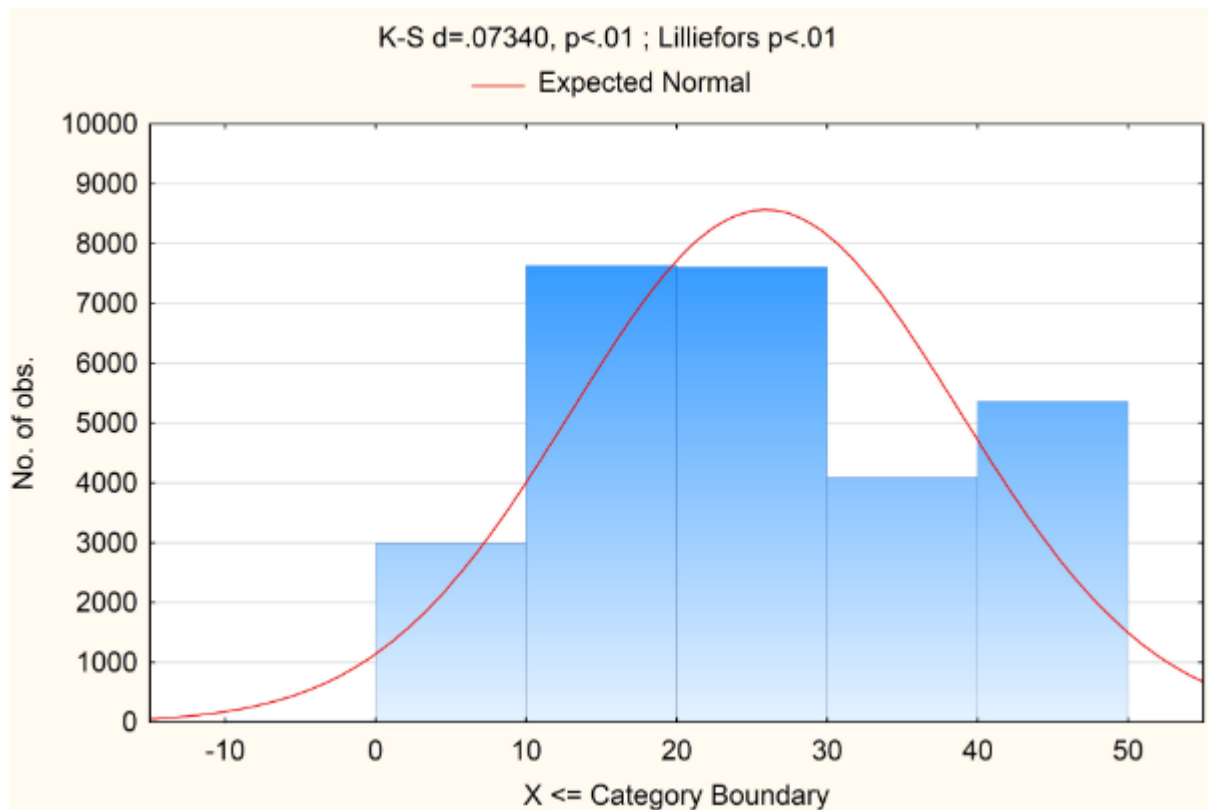
I forbindelse med FoU-programmet som denne oppgaven er en del av er det blitt laget en database med innsamlede resultater fra utførte friksjonsmålinger på veg. Database består til sammen av ca. 600 målinger som ble utført i Nord-Norge i årene 2006 – 2008. Målingene ble utført ved bruk av slippmålere, der omtrent halvparten ble utført med variabel slipp og den andre halvparten med fast slipp. Denne databasen bruker kun data som er tilgjengelig fra målinger med variabel slipp, siden data for dette ble gjort tilgjengelig tidlig i analysen av målingene. Målingene som ble utført med fast slipp ble gjort tilgjengelig for sent i arbeidet med analysen, og er derfor ikke inkludert her. Målingene ble utført med ulik fart, men det er flest observasjoner mellom 40-50 og 60-90 km/t, som figur 4.40 viser. Alle målingene er utført med bruk av målebiler og utstyr fra Statens vegvesen, og er utført på en våt og isfri vegbane og øvrige standarder gitt i norske håndbøker, som er forklart utdypende i Dahlen (2015).



Figur 4.40 Antall observasjoner av friksjon innenfor hver 10 km/t-intervall

Siden databasen kun tar utgangspunkt i variabel slipp i målinger vil slippverdien som ga den maksimale friksjonsverdien variere noe. Figur 4.41 på neste side viser hvilken slippprosent alle

de registrerte friksjonsverdiene ble målt ved innenfor hvert tierintervall. Den viser at de fleste hadde en slipp prosent på mellom 10-30 % ved den registrerte maksimale friksjonsverdien, men viser også at en relativt høy andel av målingene hadde en slipp prosent på mellom 40 – 50 %.



Figur 4.41 Slipp prosent i tierverdier den maksimale friksjon ble registrert ved

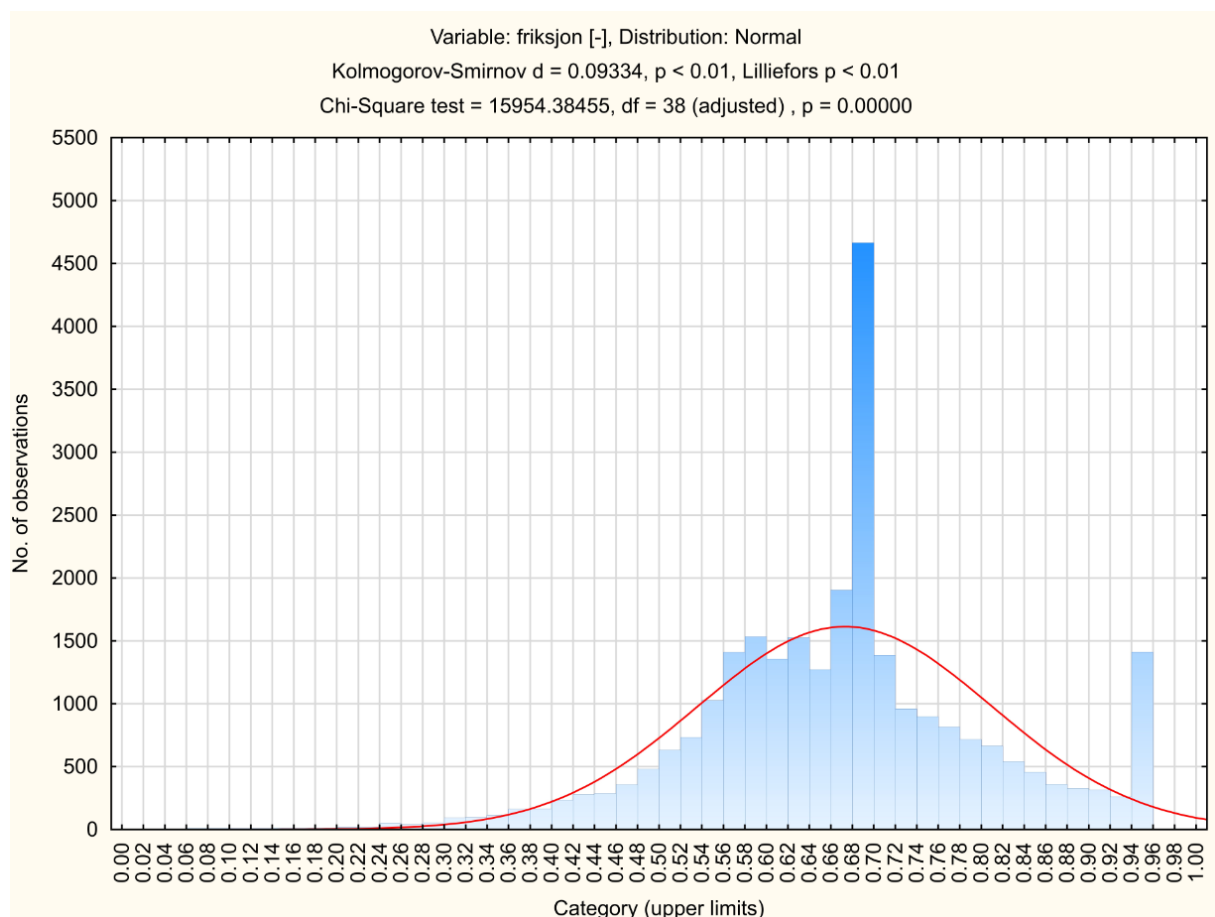
I arbeidet med databasen ble alle målingene utført med variabel slipp samlet og analysert. Arbeidet med alle enkeltmålinger og sammenstillingen av målingene i programvare ble utført gjennom FoU-programmet denne oppgaven er en del av, og de viktigste dataene og funnene presenteres her.

4.2.1 Resultater fra databasen

De viktigste resultatene fra målingene er den maksimale registrerte friksjonsverdien fra hver måling, hvilken tilhørende slippverdi som ga denne maksverdien og hastigheten hver måling ble utført i på vegen. Sammen danner dette grunnlaget for vurderingene av resultatene.

Friksjonsverdien som blir funnet fra målingene er totalfriksjonen på vegen, f_t .

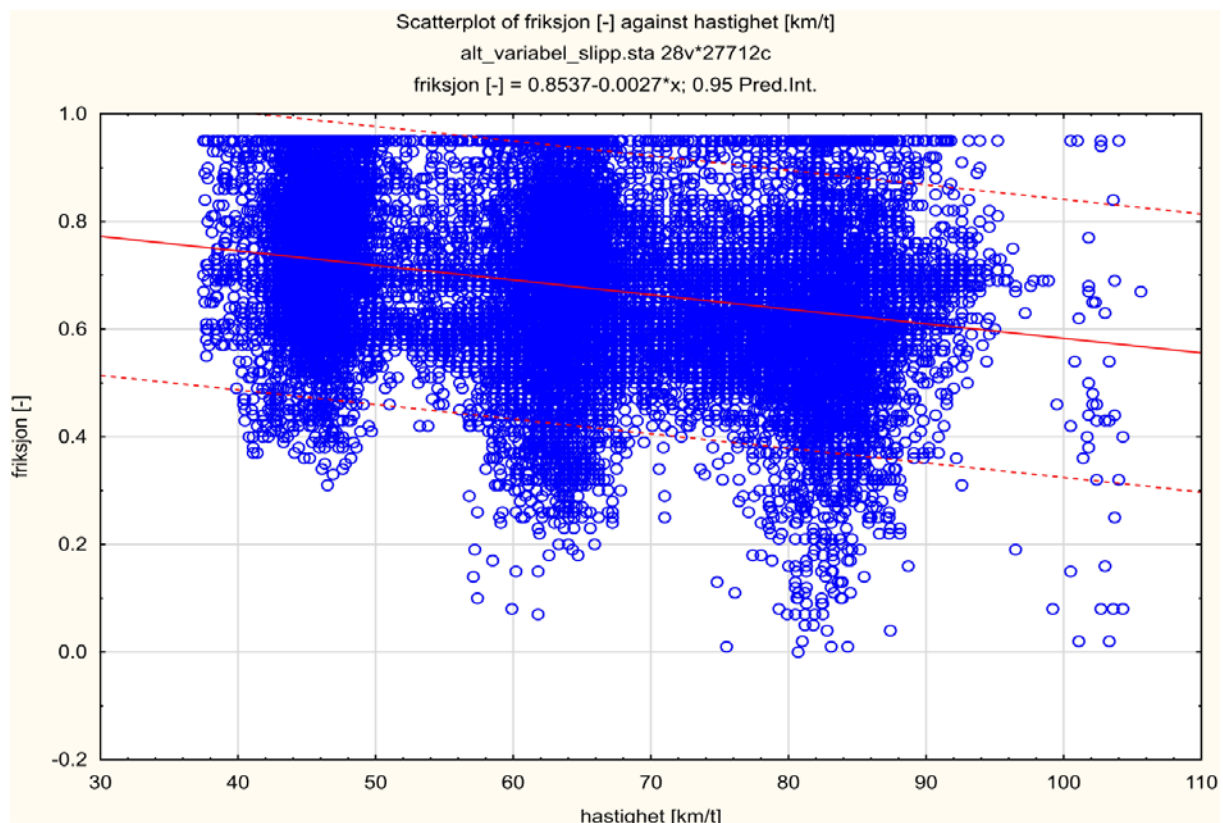
Figur 4.42 viser alle registrerte friksjonsverdier som ble vurdert i databasen, og viser altså maksimalverdien til friksjon som ble registrert under målingene. Fra figuren kan man se at mange målinger gir en friksjonskoeffisient på mellom 0,68-0,70, og trenden viser at jo lengre unna man er disse verdiene jo færre antall målinger har disse verdiene. Man kan også se at det er noe unaturlig mange punkter med målt friksjon mellom 0,94 – 0,96, noe som skyldes at alle målinger med verdier større enn 0,96 settes til 0,96 i tolkingen (Nonstad, 9. mai 2018). At det er såpass mange verdier her skyldes nok også delvis feil ved utførelsen av målingene, f.eks. at målingene er utført med for lite vann på vegbanen.



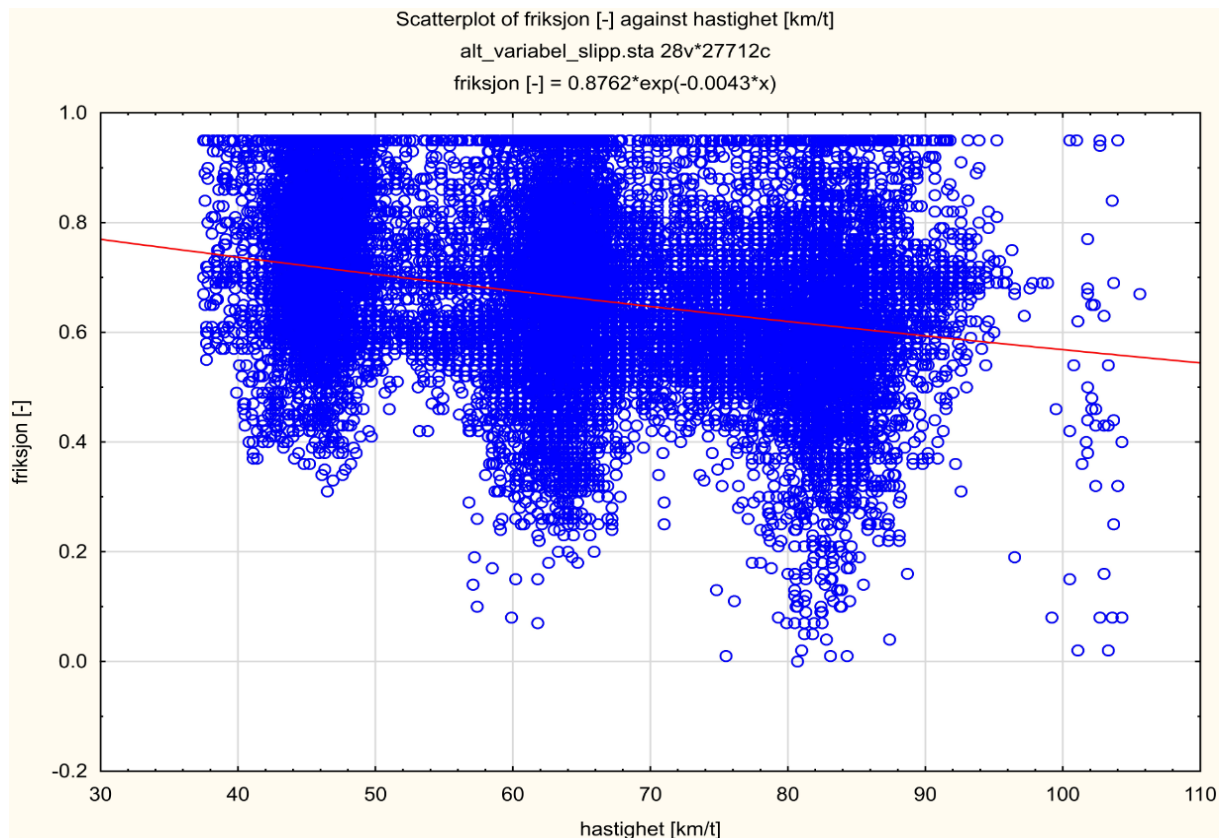
Figur 4.42 Fordeling av friksjonsmålingene

Fra figur 4.43 og 4.44 kan man se hver enkelt registrering med en blå sirkel, og man kan også samtidig se hvilken hastighet målingene ble utført i. Der det er mange registreringer vises dette bare som et blått område i denne figuren. Det er benyttet en programvare for å finne en formel for sammenhengen mellom friksjon og hastighet, og denne er vist med en rød funksjon i figuren. Denne funksjonen finner den sammenhengen som passer best fra det gitte datasettet. Heltrukket linje gir gjennomsnittet for punktene mens de stiplede linjene gir ulike fraktilverdier for datasettet, og i figur 4.43 er 5 %-fraktilen og 95 %-fraktilen for resultatene gitt.

Sammenhengen mellom punktene ble forsøkt med ulike tilnærminger for resultatene, en ved bruk av en lineær funksjon, en med polynomfunksjon, en eksponentiell funksjon og en logaritmisk funksjon. Figurene under gir resultater ved lineær og eksponentiell sammenheng funnet av programvare for behandling av målingene. Som man kan se av figurene var det fra programvaren kun mulig å få gjennomsnittsverdien ved eksponentiell funksjon, mens ulike fraktilverdier kunne finnes ved lineære funksjoner.



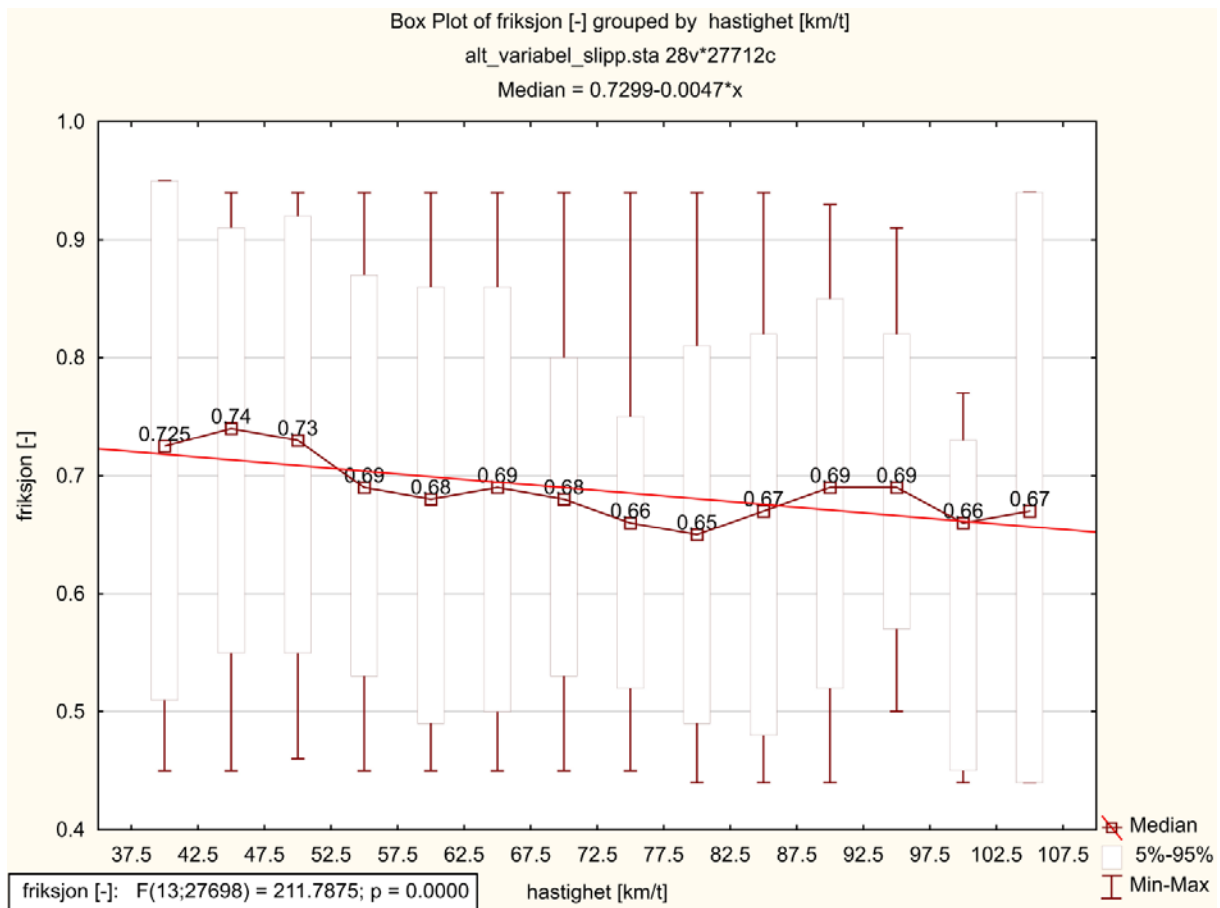
Figur 4.43 Friksjonsmålinger og lineær sammenheng, gjennomsnitt, 5- og 95 %-fraktil



Figur 4.44 Friksjonsmålinger og eksponentiell sammenheng

Resultatene er også gruppert etter hvilken hastighet de ble målt ved, da med et hastighetsintervall på 5 km/t for hver gruppe. Dette vises i figur 4.45 som er vist på neste side, ved at medianen for resultatene er gitt ved rød firkanter og 5 %- og 95 %-fraktilene er gitt ved hvite firkanter. Den røde linjen gitt i figuren angir den lineære sammenhengen mellom friksjon og hastighet for alle medianverdiene.

Fra figuren kan man se at trenden er at friksjonen for det meste minker ved høyere hastighet mellom 40 – 80 km/t. Videre fra 80 – 95 km/t øker friksjonen noe, før den så går noe ned igjen ved hastighet større enn ca. 100 km/t. Årsaken til at friksjonen øker mellom 80 – 95 km/t er ikke kjent, men en årsak kan være at veier med fartsgrense 90 km/t generelt har vegdekker med bedre friksjon som er mindre nedslitte enn vegdekker ved fartsgrense 80 km/t og lavere. Samtidig kan en forsterkende årsak være at minkingen i friksjon blir mindre ved høyere hastighet. Dette må også betraktes i sammenheng med at det er betydelig færre målinger ved hastighet >87,5 km/t, som figurene tidligere viser.



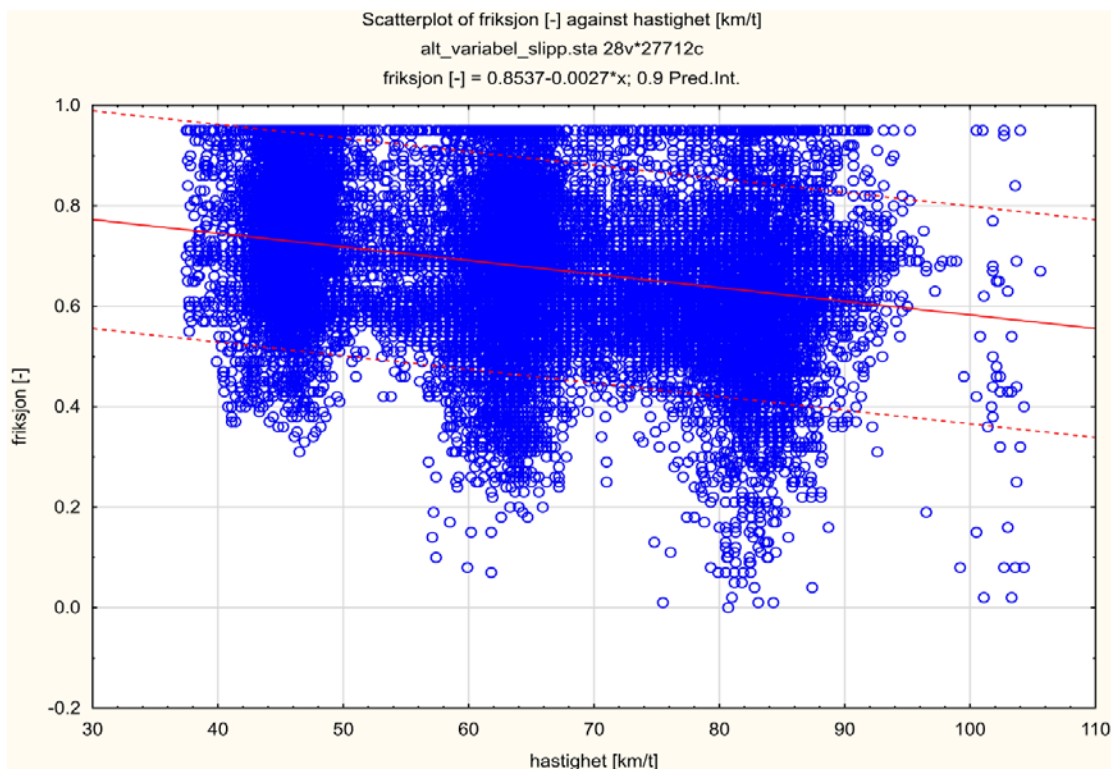
Figur 4.45 Friksjonsmålinger med 5 km/t-intervall, lineær trendlinje for medianpunkter

Ut i fra en faglig vurdering av datasettet og en betraktning av måleresultatene ble den eksponentielle funksjonen vist i figur 4.44 vurdert til å være mest logisk og best tilpasset målepunktene. I litteraturstudien som er utført av håndbøker fra andre land er det bare funnet en annen sammenheng mellom hastighet og friksjon, og denne er gitt i svenske håndbøker (Trafikverket, 2015b). Denne sammenhengen gis også som en eksponentiell funksjon. Av disse årsakene benyttes en eksponentiell funksjon for å uttrykke sammenhengen mellom friksjon og hastighet. Denne sammenhengen ble funnet ved hjelp av programvare og gitt ved formel for totalfriksjon, $f_t = 0,8762 * e^{-0,0043V}$, der V er hastigheten. Dette uttrykker gjennomsnittsverdien til måleresultatene.

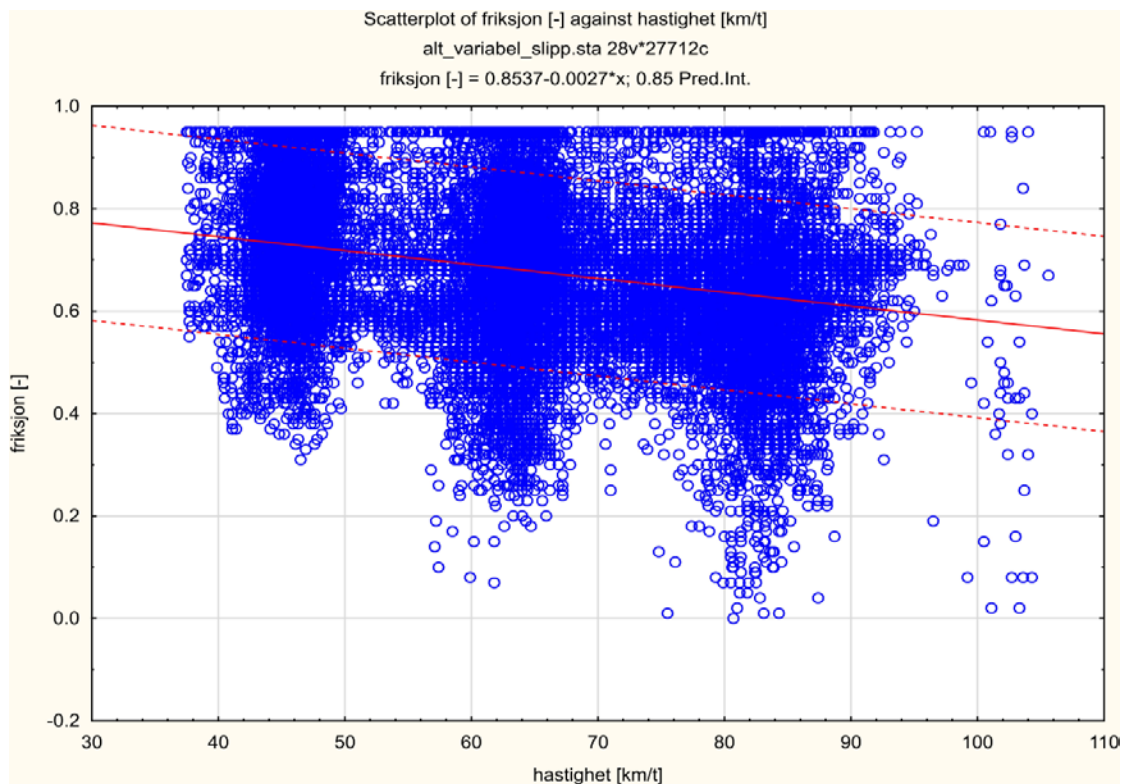
For å finne verdier for å benytte i sammenligningen med andre dimensjonerende verdier var det ønskelig å ha 85 %-, 90 %- og 95 %-fraktile for den målte friksjonen. Ettersom programvaren som ble benyttet ikke ga mulighet for å finne ulike fraktiler ved eksponentiell funksjon ble verdiene funnet ved interpolering, samtidig som det ble gjort noen faglige vurderinger fra tilgjengelig data.

Siden det ved hjelp av programvaren var mulig å finne fraktilverdiene ved den lineære sammenhengen mellom friksjon og hastighet ble dette benyttet som grunnlag for interpoleringen. Disse lineære sammenhengene er vist i figur 4.43 med 95 %-fraktilen, i figur 4.46 med 90 %-fraktilen og figur 4.47 med 85 %-fraktilen. Ettersom startpunktet for gjennomsnittet for lineær og eksponentiell funksjonen var omtrent lik, ble det tatt utgangspunkt i at startpunktet også for den eksponentielle funksjonen til 85-, 90- og 95 %-fraktilen hadde tilsvarende differanse som den lineære funksjonen.

Deretter ble det tatt utgangspunkt i at utviklingen av de eksponentielle funksjonene til 85-, 90- og 95 %-verdien var lik utviklingen til funksjonene for gjennomsnittet og på denne måten ble funksjonen for 85-, 90- og 95 %-verdien for totalfriksjonen funnet.



Figur 4.46 Friksjonsmålinger og lineær sammenheng, gjennomsnitt, 10- og 90 %-fraktil



Figur 4.47 Friksjonsmålinger og lineær sammenheng, gjennomsnitt, 15- og 85 %-fraktil

Funksjonene for de ulike fraktile ble på denne måten funnet til:

- For 85 %-fraktilen ble formelen funnet til $f = 0,7 * e^{-0,0062V}$.
- For 90 %-fraktilen ble formelen funnet til $f = 0,68 * e^{-0,0065V}$.
- For 95 %-fraktilen ble formelen funnet til $f = 0,64 * e^{-0,007V}$.

Ved å beregne med disse formlene med hastighet V lik de som brukes som grunnlag for friksjon i Norge, altså V lik fartsgrenser på 80, 90, 100 og 110 km/t fås verdier for totalfriksjon som gitt i tabell 4.13.

Fartsgrense [km/t]	Totalfriksjon f_t , gjennomsnitt	Totalfriksjon f_t , 85 %-fraktil	Totalfriksjon f_t , 90 %-fraktil	Totalfriksjon f_t , 95 %-fraktil
Formel	$f = 0,8762 * e^{-0,0043V}$	$f = 0,7 * e^{-0,0062V}$	$f = 0,68 * e^{-0,0065V}$	$f = 0,64 * e^{-0,007V}$
110	0,546	0,354	0,333	0,296
100	0,570	0,377	0,355	0,318
90	0,595	0,401	0,379	0,341
80	0,621	0,426	0,404	0,366

Tabell 4.13 Verdier for totalfriksjonen fra målingene i databasen

4.2.2 Sidefriksjon

Ved beregning av parametere dekomponeres totalfriksjonen til sidefriksjon og bremsefriksjon. For å dekomponere den målte friksjonen brukes hovedsakelig fordelingen som er gitt i norske metoder som forklares i kapittel 6.1, ved at sidefriksjonen angis som en viss prosentverdi av totalfriksjonen. Ved å gjøre dette fås verdier som gitt i tabell 4.14, og disse verdiene benyttes videre i sammenligningen av friksjonsverdier i ulike land.

Fartsgrense [km/t]	Sidefriksjon f_k , gjennomsnitt	Sidefriksjon f_k , 85 %-fraktil	Sidefriksjon f_k , 90 %-fraktil	Sidefriksjon f_k , 95 %-fraktil
110	0,113	0,073	0,069	0,061
100	0,148	0,098	0,092	0,083
90	0,178	0,120	0,114	0,102
80	0,211	0,145	0,137	0,124

Tabell 4.14 Sidefriksjon fra målingene i databasen, fordelt med prosentverdi fra totalfriksjon

For 95 %-fraktilen er det også forsøkt å benytte en svensk og en dansk fordeling for sidefriksjonen, der det er beregnet andelen til den dimensjonerende verdien for sidefriksjon som brukes i forhold til verdien for totalfriksjon for tilhørende fart. Fordelingene i Norge, Sverige og Danmark er gitt i tabell 4.15.

	Fart [km/t]	110	100	90	80
Norge	Totalfriksjon	0,398	0,416	0,437	0,462
	Sidefriksjon	0,082	0,108	0,131	0,157
	Andel [%]	20,60	25,96	29,98	33,98
Sverige	Totalfriksjon	0,310	0,330	0,352	0,375
	Sidefriksjon	0,097	0,107	0,118	0,130
	Andel [%]	31,41	32,47	33,56	34,68
Danmark	Totalfriksjon	0,377	0,377	0,377	0,377
	Sidefriksjon	0,097	0,107	0,118	0,130
	Andel [%]	25,73	28,38	31,30	34,48

Tabell 4.15 Andelen sidefriksjon i Norge, Sverige og Danmark

Man ser av tabell 4.15 at de svenske verdiene for andelen sidefriksjon er en del høyere, mens Danmark omtrent ligger midt mellom Norge og Sverige. Tabell 4.16 viser hvilken sidefriksjon de to fordelingene gitt.

Fartsgrense [km/t]	Sidefriksjon f_k , 95 %-fraktil ved svensk fordeling	Sidefriksjon f_k , 95 %-fraktil ved dansk fordeling
110	0,093	0,076
100	0,103	0,090
90	0,114	0,107
80	0,127	0,126

Tabell 4.16 95 %-fraktil av sidefriksjon ved svenske og danske fordelinger av totalfriksjon

I den videre sammenligningen med andre land benyttes verdiene med svensk fordeling vist i tabell 4.16. De danske verdiene benyttes ikke, siden deres verdi ligger midt mellom Norge og Sverige, og det prioriteres heller å ha med ytterpunktene i den videre vurderingen.

4.2.3 Bremsfriksjon

For å beregne bremsfriksjon brukes Pytagoras' setning, ved å gjøre en trekantbetraktning med totalfriksjonen og sidefriksjon, slik det gjøres ved dimensjonering i Norge. Fra dette fås en verdi for bremsfriksjon som gitt i tabell 4.17 som brukes i sammenligningen med andre land. Det er valgt å her bare bruke verdier for sidefriksjonen som ble funnet ved den norske fordelingen, ettersom bruk av svensk og dansk fordeling gir veldig liten forskjell i tallverdien for bremsfriksjon.

Fartsgrense [km/t]	Bremsfriksjon f_b , gjennomsnitt	Bremsfriksjon f_b , 85 %-fraktil	Bremsfriksjon f_b , 90 %-fraktil	Bremsfriksjon f_b , 95 %-fraktil
110	0,534	0,346	0,326	0,290
100	0,550	0,364	0,343	0,307
90	0,568	0,382	0,361	0,325
80	0,584	0,401	0,380	0,344

Tabell 4.17 Bremsfriksjon fra målingene i databasen, utregnet fra totalfriksjon og sidefriksjon

5 Fart

I dette kapitlet beskrives ulike metoder for valg av fart ved dimensjonering av veger. For å gjøre dette blir det her foretatt en gjennomgang av funn i litteraturstudiet med hvilke metoder Norge og seks andre land bruker for å komme fram til deres dimensjonerende fart, og hvordan denne benyttes ved utregningen av utvalgte linjeføringsparametere. Siden valget av dimensjonerende fart ofte har sammenheng med landets dimensjoneringsystem og inndeling av veger, blir det av den grunn beskrevet kort om hvert lands dimensjoneringsystem. For Norge ble dimensjoneringsystemet beskrevet i kapittel 2 og repeteres derfor ikke her.

Målet med kapitlet er å dokumentere metoder og dimensjoneringsprinsipper som ulike land bruker for å bestemme dimensjonerende fart og verdier som benyttes i beregninger. I kapittel 7 oppsummeres og sammenlignes de ulike funn av dimensjonerende fart med hverandre og hvilke konsekvenser bruk av de ulike verdiene for dimensjonerende fart har for ulike linjeføringsparametere.

5.1 Norge

Dimensjonerende fart

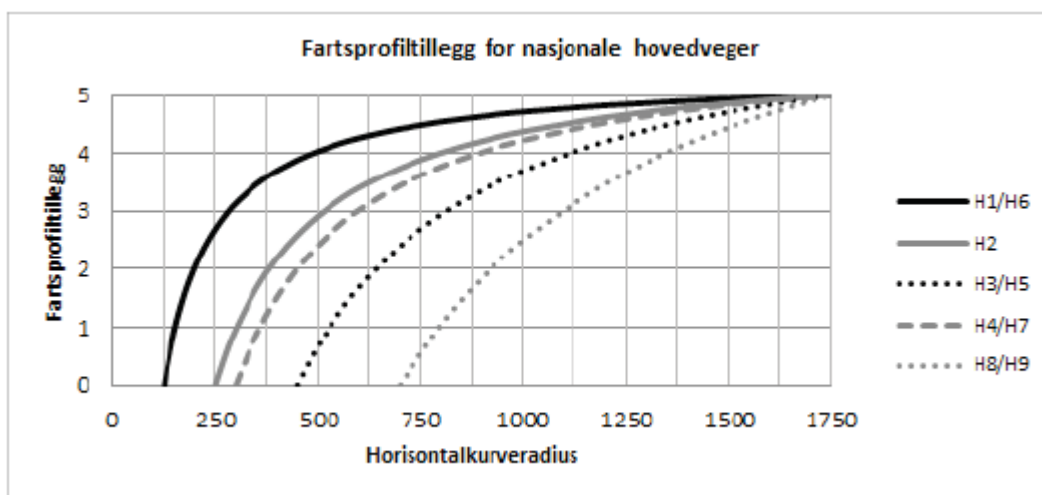
Ved dimensjonering av fart for nye veger i åpent landskap i Norge tar man utgangspunkt i hvilken fartsgrense som blir satt på vegen. Denne kan være enten 80, 90 eller 110 km/t for nasjonale hovedveger (oftest europa- og riksveger) og 60 eller 80 km/t for øvrige hovedveger (oftest fylkesveger). Deretter legges det til to fartstillegg til denne fartsgrensen, det ene kalt «fartstillegg» og det andre kalt «fartsprofiltillegg». Disse legges til fordi fartsmålinger viser at trafikanter kjører raskere enn fartsgrensen, og man forsøker derfor i dimensjoneringen å tilnærme seg den opptredende farten til trafikanter.

«Fartstillegget» er et konstant fartstillegg som legges til langs hele den nye vegen. Hvor stort dette tillegget er avhenger av hvilken dimensjoneringsklasse (dim.klasse) som er valgt, og varierer mellom 0, 5 eller 10 km/t.

«Fartsprofiltillegget» er et varierende fartstillegg som er avhengig av vegens linjeføring.

Dersom vegens horisontalkurveradius er lik minimumsverdien til den tilhørende dimensjoneringsklassen er fartsprofiltillegget lik 0 km/t. Dette er ut i fra betraktningen om at trafikanter kjører saktere ved krapp kurvatur. Ved økende horisontalkurveradius øker verdien til fartsprofiltillegget opp til maks 5 km/t. Ved hovedveger gjelder maks fartsprofiltillegg ved horisontalkurveradier større enn 1750 m, mens for øvrige hovedveger gjelder maks fartsprofiltillegg ved horisontalkurveradier større enn 1000 m. Ved disse makspunktene antas det at kurvaturen ikke lengre begrenser farten til trafikanter. Dette vil si at ved rettlinjer og slake kurver er fartsprofiltillegget 5 km/t. Fartsprofiltilleggets fordeling er vist i prinsipp i figur 5.1 på neste side, da med verdier for 2014-versjonen av Håndbok N100 da tilsvarende figur for 2018-versjonen ikke er gjort tilgjengelig enda.

Dimensjoneringsklassen H3 (motorveg med fartsgrense 110 km/t) har ikke fartsprofiltillegg ettersom vegens minimumsgeometri og øvrige utforming er regnet for å være god nok til at den ikke begrenser farten til trafikanter. Samtidig regner man med at trafikanter ikke kjører særlig raskere enn 120 km/t på disse vegene, noe som er funnet i fartsmålinger, og et ytterligere tillegg vil derfor være unødvendig.



Figur 5.1 Prinsipp hvordan fartsprofiltillegget varierer med horisontalkurveradius (Statens vegvesen, 2014b)

Den dimensjonerende farten som benyttes på vegen fås da ved å legge sammen fartsgrensen, fartstillegget og eventuelt fartsprofiltillegg ved rettlinjier/slakere kurver enn minimum slik det er oppsummert i tabell 5.1. Ved ulike horisontalkurveforløp blir da dimensjonerende fart:

- Ved $R_h = \text{minimumsverdien}$ for tilhørende dimensjoneringsklasse: fartsgrense + fartstillegg.
- Ved R_h mellom $R_h = \text{minimum}$ og $R_h = 1750/1000$ for hovedveger/øvrige hovedveger: fartsgrense + fartstillegg + noe fartsprofiltillegg som prinsipp vist i figur 5.1.
- Ved $R_h > 1750$: fartsgrense + fartstillegg + maks fartsprofiltillegg.

Dimensjonerende fart i Norge [km/t]					
Dim. klasse	Farts-grense	Farts-tillegg	Fartsprofil-tillegg	Dim. fart ved h.kurvatur > 1750m	Dim. fart ved min. h.kurvatur
H1	80	5	0-5	90	85
H2	90	5	0-5	100	95
H3	110	10	0	120	120
Hø1	80	0	0-5	85	80
Hø2	60	0	0-5	65	60

Tabell 5.1 Verdiene for dim. fart som brukes ved utforming av nye veger i Norge

Dette betyr at den dimensjonerende farten som velges i Norge er helt avhengig av hvilken fartsgrense som skal gjelde på vegen og delvis avhengig av horisontalkurvaturen, og det er klare føringer for hvilken verdi som skal velges.

Minimumskrav

I Norge er alle krav som settes til vegene gitt i tabell i håndbok N100. Grunnlaget og utregningene er også forklart i V120, slik at det skal være enkelt å kontrollere hvilke grunnlagsdata som er benyttet ved de forskjellige utregningene. Hvilke krav det er til vegene varierer med de ulike dimensjoneringsklassene.

Tabell 5.2 på neste side viser de mest sentrale parameterne ved utforming av veger som er avhengig av farten. Disse parameterne er minimum horisontalkurveradius, stoppsiktlengde, høybrekkskurve og lavbrekkskurve. Dette er gjort for å sammenligne de norske minimumsverdiene for de ulike parameterne med andre lands minimumsverdier. Det er her tatt med dimensjonerende fart fra 80 til 120 km/t, siden det er disse verdiene for fart det er aktuelt å sammenligne. Fartsgrensen for vegene er også tatt med i denne tabellen siden denne er bestemmende for den dimensjonerende farten.

Siden fartsprofiltillegget er 0 km/t ved beregning av minimum horisontalkurveradius, vil summen av fartstillegg bare inkludere det faste fartstillegget her, noe som gir en dimensjonerende fart på 80, 85, 95 og 120 km/t etter håndbok N100. Det vil si at det ikke er satt krav til minimum horisontalkurvatur for dimensjonerende fart på 90, 100 eller 110 km/t i håndboka. Det er av den grunn også beregnet minimum linjeføringsparametere for disse verdiene for dimensjonerende fart med samme metoder som øvrige verdier selv om dette ikke er krav gitt i håndboka. Dette er for å kunne sammenligne minimumsverdiene med andre land.

Beregningen av minimum horisontalkurve er gjort ut i fra inngangsdataene dimensjonerende fart, overhøyde (e) og sidefriksjon. Maks overhøyde er for det meste 8 %, men for dimensjoneringsklassen H3 (dim. fart 120 km/t) er maks overhøyde 7,5 %. Sidefriksjonen varierer med farten og blir større når farten minker. For fartsgrense større enn eller lik 90 km/t brukes det i tillegg en sikkerhetsfaktor for friksjon på 1,1. Kravet ved dim. fart 95 km/t (håndbokkrav) og 100 km/t (utregnet krav) er lik i tabellen da kravet i håndboka har rundet opp verdien såpass mye at radien blir høyere enn ved dim. fart 100 km/t.

Minimum stoppsiktlengde er lengden fra en sjåfør av et kjøretøy oppdager et hinder i vegbanen til kjøretøyet er helt stoppet opp. Inngangsdataene for dette kravet er dimensjonerende fart, reaksjonstid, bremsefriksjon og stigning. I tabellen under er kravene gitt ved 0 % lengdefall, og dersom det skal regnes med stigninger må en interpolere innenfor et intervall som er avhenger av dimensjoneringsklassen.

Minimum høybrekk er basert på at stoppsikten skal tilfredsstilles, og er avhengig av parameterne øyehøyde, objekthøyde og parameterne for utregning av stoppsiktlengden.

Minimum lavbrekk skal tilfredsstillere komfort, og avhenger av parameterne dimensjonerende fart og vertikalakselerasjonen. For nye hovedveger settes vertikalakselerasjonen til $0,3 \text{ m/s}^2$, mens for øvrige hovedveger (Hø1 og Hø2) settes den til $0,5 \text{ m/s}^2$.

Fartsgrense [km/t]	Dim. fart [km/t]	Parameter [m]			
		Rh	Ls	R _{v, min} høybrekk	R _{v, min} lavbrekk
110	120	800	230	11 000	3 700
	110	550*	195*	7 900*	3 100*
90	100	400*	160	5 300	2 600
	95	400	150	4 700	2 300
80	90	275*	125	3 300	2 100
	85	250	115	2 800	1 900/1 100**
	80	225	105	2 300	1 000

*Det er ikke gitt krav til disse parameterne med disse dimensjonerende hastighetene i tabellene i N100, og verdiene er derfor regnet ut og avrundet på tilsvarende måte som andre verdier.

**Kravet avhenger av om det er i dimensjoneringsklassen H1 eller Hø1, der førstnevntes krav er størst.

Tabell 5.2 Minimumskrav til linjeføringsparametere i 2018-utgaven av N100

Dimensjonering i 2014-utgaven av N100

Ved sammenligningen av fart mellom Norge og ulike land kan det også være aktuelt å sammenligne med parametere og krav satt i 2014-utgaven av N100, ettersom denne er gyldig per mai 2018. Som det ble beskrevet i kapittel 2.5 er det flere dimensjoneringsklasser for de ulike fartsgrensene, som avhenger av trafikkmengde (ÅDT) og om vegen er hovedveg eller øvrig hovedveg. Dette, i tillegg til at man har et varierende fartstillegg, gjør at man får flere verdier for dimensjonerende fart for den samme fartsgrensen.

I denne sammenligningen er både verdier fra N100 med fartsgrense 100 km/t og fra NA-rundskrivet fra 2015 tatt med. NA-rundskrivet omfatter kun verdiene for fartsgrense 110 km/t, og verdiene er her noe lavere enn ved fartsgrense 100 km/t ettersom noe av grunnlagsdataene ble endret med blant annet nye verdier for friksjon.

I tabell 5.3 er den dimensjonerende farten og krav for hovedveger og øvrige hovedveger til parameterne horisontalkurveradius, stoppsikt lengde, høybrekk- og lavbrekkskurveradius oppsummert. Der det er veger med lik dimensjonerende fart og ulike krav varierer andre parametere etter hvilken dimensjoneringsklasse som er brukt, og dette varierer med fartsprofiltillegget (om det beregnes for kurver eller rettstrekninger) eller med sikkerhetsfaktoren for friksjon.

Fartsgrense [km/t]	Dim. fart [km/t]	Parameter [m]			
		Rh	Ls	R _v , min høybrekk	R _v , min lavbrekk
110*	120	800	260	14 100	3 800
100	120		275	15 800	3 700
	115	700	255	13 600	3 400
90	105		190	7 500	2 800
	100	450	175	6 400	2 600
80	95		155	5 000	2 300
	90**	300	145	4 400	2 100
	90***		125	3 300	2 100
	85****	250	115	2 800	1 900
	85*****		110	2 500	1 900
	80	200	100	2 100	1 600

*Krav fra NA-rundskrivet

**Gjelder H4 og H7-veg i horisontalkurve.

***Gjelder H2-veg på rettstrekning.

****Gjelder H2-veg i horisontalkurve.

*****Gjelder Hø1 og Hø2-veg på rettstrekning.

Tabell 5.3 Minimumskrav til linjeføringsparametere i 2014-utgaven av N100

Fra tabellene ovenfor ser man at det er en del forskjeller mellom dimensjoneringen i 2014- og 2018-versjonene av håndbøkene. For det første har hver dimensjonerende fart for det aller meste kun én verdi for de ulike parameterne i 2018-versjonen. Dette kommer av at det er færre dimensjoneringsklasser med mindre forskjeller i fartstillegg og sikkerhetsfaktorer i den nye utgaven, som gitt i teorikapittelet om Vegutforming i Norge.

Den andre forskjellen man kan se er at verdiene til parameterne er lavere i 2018-versjonen enn i 2014-versjonen for den samme dimensjonerende farten. Dette er fordi det er gjort endringer i enkelte grunnparametere, blant annet er det nye verdier for friksjon og tilhørende sikkerhetsfaktorer som forklart i kapittel 2.5.4. I 2018-versjonen av håndboka brukes den samme sikkerhetsfaktoren, 1,1, for alle veger med fartsgrense større eller lik 90 km/t, mens denne varierer noe i 2014-utgaven.

Oppsummering og sammenligningsgrunnlag

Ved planlegging av veger i Norge tar man altså utgangspunkt i den kommende fartsgrensen på vegen, og legger så til ett til to fartstillegg, kalt «fartstillegg» og «fartsprofiltillegg», for å finne den dimensjonerende farten. Størrelsen og variasjonen til de to tilleggene varierer ut i fra hvilken dimensjoneringsklasse som brukes.

For bruk av det norske dimensjoneringsystemet i sammenligningene settes den dimensjonerende farten ut i fra fartsgrensen på vegen, som vist i tabell 5.1. Ut i fra denne dimensjonerende farten regnes linjeføringsparametere ut, og kan sammenlignes med verdier fra fartsmålinger og andre land og se hvilke konsekvenser det gir for disse. Man kan på denne måten også se hvor godt de to fartstilleggene stemmer med opptredende fart på veger med forskjellig fartsgrense, ved å se forskjellen i konsekvensene for linjeføringsparametere mot den målte 85 %-fraktilen.

5.2 Sverige

Dimensjoneringsystem

Ved planlegging og bygging av ny veg eller ombygging av eksisterende veg i åpent landskap klassifiseres vegene i ulike vegtyper som er delt inn etter hvilket tverrprofil og hvilken fart vegen skal ha. Disse fire typene er motorveg, møtefri veg (veg med fysisk adskilte kjørefelt for hver retning, f.eks. med midtdeler), tofeltsveg og enfeltsveg. Innenfor disse vegtypene stilles det krav til utformingen av tverrprofilet, for eksempel vegbredde, kjørefeltbredde, eventuell midtdeler og sikkerhetssone.

Dimensjonerende fart

Ved planlegging av veger i Sverige benyttes i utgangspunktet en fart kalt referansehastighet, forkortet VR, ved bestemmelse og beregning av utformingsparametere. Denne referansehastigheten er ifølge VGU normalt sett den samme som den planlagte fartsgrensen på vegen, og samtidig den høyeste farten vegen skal utformes for.

Den blir bestemt ved at hver vegtype har en 1-3 aktuelle referansehastigheter, for eksempel kan en motorveg ha referansehastighet på enten 110 eller 120 km/t. Hvilken av hastighetene som velges som referansehastighet vil variere, og bestemmes ut i fra politiske beslutninger, prosjektets mål, geografisk område og utstrekning eller ut i fra faglige valg for hvilken fartsgrense som ønskes på vegen.

Denne referansehastigheten er inngangsparameteren for bestemmelsen av minimumsverdiene til blant annet horisontalkurvatur, vertikalkurvatur, sikt lengder og noen parametere knyttet til kryssutforming. Det vil si at alle referansehastighetene har et tilhørende konkret minimumskrav til disse utformingsparameterne, altså varierer ikke disse parameterne med for eksempel vegtype eller trafikkmengde.

For de ulike parameterne er det ofte oppgitt 2-3 grupper med krav ut i fra hvert prosjekts mål og ønske. Disse tre gruppene kalles

- Minimumskrav ved bygging av ny veg, og disse kravene er gitt som et minimum ved alle linjeføringsparameterne før det må søkes fravik fra vegmyndighetene.
- Ønskede minimumskrav, som er gitt i tabell for flere linjeføringsparametere for bygging av ny veg der det ligger inne mer sikkerhet i beregningene enn ved minimumskravene.
- Krav for mindre utbedringer, som blir oppgitt for fleste linjeføringsparameterne og gjelder ved utbedringer av eksisterende veg med lite trafikk eller utbedringer uten endringer av geometrien.

Hvert enkelt prosjekt må avgjøre hvilken av disse gruppene med krav de skal følge, og dette gjøres i en lønnsomhetsvurdering ved hvert prosjekt og vil da avhenge av blant annet topografien, vegtypen og landområdet. Men ved bygging av nye veger er det altså førstnevnte krav som vil være absolutt minimum (før en må søke fravik).

Hva som ligger til grunn for disse tre ulike gruppene med krav, altså hvilke inngangsparametere og beregningsmetoder som er brukt, er ikke gitt i VGU. Blant annet er det ikke gitt hvilken fart det dimensjoneres med, for eksempel om referansehastigheten brukes direkte som dimensjonerende fart eller om det benyttes et fartstillegg. For å finne ut mer om dette ble Mats Remgård i Trafikverket kontaktet, som ga utdypende opplysninger om dette (Remgård, 27. april 2018).

Gjennom denne kontakten kommer det fram at de ulike kravene som stilles til parameterne i VGU bruker like utregningsmetoder og formler, men bruker noen ulike inngangsparametere

blant annet ulik dimensjonerende fart. I noen tilfeller brukes referansehastigheten direkte, noen ganger legges det til et fartstillegg på 10 km/t og i et tilfelle trekkes det fra 10 km/t fra referansehastigheten i dimensjoneringen. Dette varierer etter hvilken parameter det dimensjoneres for og hvilken referansehastighet som skal benyttes. Også andre parametere i utregningene kan variere med referansehastigheten.

For eksempel ved beregningen av krav til minimum horisontalkurvatur opereres det med to av de tre nevnte gruppene med krav, en gruppe med krav for ny veg og en ved mindre utbedringer. Ved beregningen varierer fartstillegget noe, og i tillegg varierer også overhøyden som brukes ut i fra hvilken referansehastighet det beregnes for. Hvilken dimensjonerende fart som benyttes i de to kravgruppene er gitt i tabell 5.4. Grunnlaget for kravet ved mindre utbedringer blir tatt med her bare for å vise at den dimensjonerende farten kan variere, og blir ikke benyttet videre i oppgaven.

Referansehastighet VR	Dimensjonerende fart	
	Minimumskrav ny veg (overhøyde i parentes)	Minimumskrav mindre utbedringer (overhøyde i parentes)
120 km/t	VR + 10 km/t (0,03)	VR + 10 km/t (0,03)
110 km/t	VR + 10 km/t (0,04)	VR + 10 km/t (0,055)
100 km/t	VR + 10 km/t (0,04)	VR (0,055)
80 km/t	VR + 10 km/t (0,04)	VR (0,04)
60 km/t	VR (0,04)	VR - 10 km/t (0,04)

Tabell 5.4 Dim. fart ved fastsetting av minimumskrav for horisontalkurver i Sverige

For beregningen av krav til stoppsikt opereres det med alle de tre gruppene med krav. For minimumskravene til ny veg brukes det ingen fartstillegg ved beregningene, altså brukes referansehastigheten direkte både ved bestemmelsen av bremsefriksjonen, f_b , og ved selve stoppsiktlengden, L_s . For de ønskede kravene brukes et fartstillegg på 10 km/t som legges til referansehastigheten for alle hastighetene bortsett fra ved VR = 120 km/t.

Ved den videre beregningen av minimumskrav til høybrekkskurver brukes de samme verdiene for dimensjonerende fart som ved stoppsikt. Verdien til objekthøyden varierer noe i beregningen ved de ulike kravene. Tabell 5.5 på neste side oppsummerer den dimensjonerende farten ved beregning av stoppsikt og minimum høybrekksradius ved ønskede og minimumskrav ved bygging av ny veg (krav ved mindre utbedringer ble ikke

undersøkt), og den dimensjonerende objekthøyden er også gitt i parentes. Disse verdiene for dimensjonerende fart gjelder også for beregningen av minimum lavbrekk.

Referansehastighet VR	Dimensjonerende fart	
	Minimumskrav ny veg (objekthøyde i parentes)	Ønsket minimumskrav ny veg (objekthøyde i parentes)
120 km/t	VR (0,35)	VR (0,20)
110 km/t	VR (0,35)	VR + 10 km/t (0,35)
100 km/t	VR (0,35)	VR + 10 km/t (0,35)
80 km/t	VR (0,20)	VR + 10 km/t (0,20)
60 km/t	VR (0,20)	VR + 10 km/t (0,20)

Tabell 5.5 Dim. fart ved fastsetting av minimumskrav til stoppsikt, høybrekk og lavbrekk i Sverige

Minimumskrav

Minimumskravene som vurderes her er kravene som benyttes i Sverige og er oppgitt konkret i tabell i VGU for de ulike referansehastighetene. Som det er skrevet i forrige avsnitt er det gitt tre grupper med krav. Videre i denne oppgaven vil minimumskravene som er gitt for bygging av ny veg benyttes både ved sammenligninger av minimumskrav og den dimensjonerende farten, da dette er kravet er det som må tilfredsstilles på nye veger uten at det må søkes fravik. De ønskede kravene vil også tas med i sammenligningen av den dimensjonerende farten, da dette er krav som kan bli satt til veger, særlig større og viktige veger. Den siste kravgruppa kan også bli brukt ved prosjektering og planlegging, men for det meste bare ved mindre utbedringer og forbedringer uten endring i kurvatur og benyttes derfor ikke videre i denne oppgaven. Som sammenligningsgrunnlag mot andre land benyttes derfor krav ved bygging av ny veg og ønskede krav.

Tabell 5.6 angir de mest sentrale parameterne ved utforming av veger som er avhengig av dimensjonerende fart ut i fra minimumskravene ved bygging av ny veg. Dette er gjort for å enklere kunne sammenligne de svenske minimumsverdiene for de ulike parameterne med Norge og andre lands minimumsverdier. Det er her kun tatt med dimensjonerende fart fra 80 til 130 km/t, da det er disse hastighetene det er aktuelt å sammenligne mot andre land.

Verdiene er hentet fra tabeller og grafer i VGU, men ettersom VR ikke alltid er lik dimensjonerende fart stemmer ikke farten og tilhørende verdier i VGU nødvendigvis med

tabell 5.6 på neste side. Der tabellene i VGU ikke har et minimumskrav ved den dimensjonerende farten er det her regnet ut en verdi der det er brukt tilsvarende inngangsparametere som ved nærliggende hastigheter.

Beregningen av minimum horisontalkurve gjøres med inngangsdataene dimensjonerende fart, overhøyde og sidefriksjon (f_k). Ved de ulike referansehastighetene varierer den dimensjonerende overhøyden. Dette henger sammen med at overhøyden ved hver kurve kan settes til ulike verdier av den som prosjekterer. VGU dimensjonerer da med den minste verdien for overhøyde som kan velges ved de ulike referansehastighetene, altså «worst case». Dersom prosjekterende da velger en annen overhøyde enn forutsatt i VGU vil situasjonen bare kunne bli bedre.

Verdiene for minimum stoppsiktlengde gjøres ut i fra beregningen av strekningen fra den kjørende oppfatter et hinder i vegbanen til kjøretøyet har bremsset helt opp, altså den samme betraktningen som i Norge. Inngangsdataene her er reaksjonstid, dimensjonerende fart, bremsefriksjon (f_b) og vegens stigning. Objekthøyden varierer noe ved de ulike referansehastighetene, og dette er vurdert ut ifra sannsynligheten for at ulike objekter er i kjørebanelen, og objekthøyden settes da enten til baklysene til kjøretøy ($h=0,35$) eller til andre objekter i vegbanen ($h=0,2$). Stoppsikten er her oppgitt med 0 % stigning.

Verdiene for minimum høybrekkskurve beregnes for at stoppsikten skal tilfredsstilles. Denne har noe kompliserte utregningsmetoder ettersom det beregnes med at vegens helning forandres langs vertikalkurven, samtidig som man skal kunne se deler av hinderet bak. Ved stopp er vegens lengdefall 5 %, som er maksverdien. På grunn av de kompliserte utregningsmetodene er det ikke gått nærmere inn på utregningen av disse tallene. Enkelte av verdiene som er gitt i tabell 5.6 men som ikke er gitt i VGU er tilsendt i e-post av Mats Remgård. (Remgård, 27. april 2018).

Minimum lavbrekkskurve skal tilfredsstillere krav både til sikt og komfort. Kravet til komfort regnes ut ved dimensjonerende fart og vertikalakselerasjonen og gjelder dersom vegen er belyst og lavbrekkskurvens lengde er mindre enn stoppsikten. Kravet til sikt gjelder dersom vegen ikke er opplyst og lavbrekkskurvens lengde er større enn stoppsikten. Beregningen av siktkravet til lavbrekk er som for høybrekk komplisert, og det er derfor ikke gått videre inn i beregningsgrunnlaget her. Dette fører til at komfortkravene i tabell 5.6 kun er verdier hentet fra tabell i VGU, og utdypende beregninger er ikke utført.

Dim. fart [km/t]	Parameter [m]				
	Rh	LS***	R _{v, min} høybrekk	R _{v, min} lavbrekk (sikt)	R _{v, min} lavbrekk (komfort)
130	1 200	274*	18 452**	7 820**	-
120	900	233	12 000	6 500	2 500
110	700	193	9 000	5 500	2 000
100	534*	162	6 000	4 500	1 500
90	400	132*	4 674**	3 328	-
80	296*	106	3 000	2 500	1 000

*Verdiene er ikke gitt i tabell i VGU, men er regnet ut med samme formler som ved øvrig fart og tilsvarende fartstillegg.

** Verdiene tilsendt fra Trafikvrket (Remgård, 27. april 2018)

***Minimum stoppsikt er oppgitt for rettstrekninger med 0 % lengdefall.

Tabell 5.6 Minimumsparametere i Sverige for bygging av ny veg

Oppsummering og sammenligningsgrunnlag

Den dimensjonerende farten som brukes i Sverige tar utgangspunkt i referansehastigheten som er bestemt hovedsakelig av vegtypen og ut i fra hvilken fartsgrense som ønskes på vegen. Det opereres med tre grupper med krav, der hvilket krav som benyttes avhenger av hvilket type prosjekt som utføres og nytten ved prosjektet ved bruk av de ulike kravene. Ved bygging av ny veg er det gruppene minimumskrav og ønskede krav som gjelder. Videre i denne oppgaven benyttes minimumskravene for å sammenligne minimumskrav mot andre land, mens ved sammenligningen av dimensjonerende fart mot andre land benyttes både verdier fra minimumskravene og fra de ønskede kravene.

Ved de ulike kravene benyttes det i varierende grad et fartstillegg på enkelte parametere og noen referansehastigheter. Det vil si at det ikke er en fast dimensjonerende fart for én veg, men den vil variere ut i fra hvilken parameter en beregner for. Den dimensjonerende farten vil som regel enten være lik referansehastigheten eller referansehastigheten pluss et fartstillegg på 10 km/t.

Ved bruk av den svenske dimensjonerende farten sammen med norske fartsmålinger kan den svenske referansehastigheten brukes som fartsgrensen på veggen, siden dette normalt sett er tilfelle ifølge VGU. Når man da skal finne den dimensjonerende farten som ville vært brukt ved svenske metoder vil denne i noen tilfeller være lik fartsgrensen og i noen tilfeller være 10 km/t høyere enn fartsgrensen. Dette avhenger av hvilken parameter som beregnes og hvilken fartsgrense det er på veggen. For å gjøre dette kan tabell 5.4 og 5.5 benyttes for å finne den dimensjonerende farten for de ulike situasjonene. For minimum horisontalkurvatur benyttes kun dimensjonerende fart fra minimumskravene ved ny veg, mens ved stoppsikt, høybrekk og lavbrekk benyttes både dimensjonerende fart fra minimumskrav og fra ønskede krav. Disse ulike verdier for dimensjonerende fart brukes videre for å regne ut parameterne med norske metoder.

5.3 Danmark

Dimensjoneringsystem

Ved planlegging og bygging av ny veg eller ombygging av eksisterende veg i åpent landskap klassifiseres vegene i ulike funksjonsklasser, for eksempel hovedveg eller adkomstveg, etter om veggen skal prioritere fremkommelighet eller adkomstmuligheter. Deretter fastlegges antall kjørefelt ut i fra ønsket kapasitet. Dette er så bestemmende for fastsettelsen av fart på veggen. Deretter deles vegene inn i 6 vegtyper som bestemmer tverrprofilutformingen til de ulike vegene, altså antall kjørefelt og vegbredde. Dette kan for eksempel være en 6-felts motorveg, en 4-felts hovedveg eller en 2-feltsveg. Disse to inndelingene danner grunnlaget for den senere dimensjoneringen av fart på vegene.

Dimensjonerende fart

Ved planlegging av veger opereres det i Danmark med to ulike begreper for fart, den ene kalles planleggingshastighet og den andre dimensjoneringshastighet. Planleggingshastigheten bestemmes tidlig i planleggingsprosessen. Denne farten settes som utgangspunktet for den kommende fartsgrensen på veggen og velges blant annet ut i fra ønsket reisehastighet, konsekvenser for omgivelsene og økonomi. Det er denne farten myndighetene

ønsker at trafikanter skal overholde på vegen, og den benyttes også som utgangspunkt i tidlige faser av planleggingen for utregning av reisetid og kapasitet. For å bestemme denne planleggingshastigheten deles det inn i 6 fartsklasser som vist i figur 5.2, som gir føringer for hvilken fart som det skal planlegges for ut i fra hvilken funksjonsklasse (på dansk «vejkasse») vegen har. Hvilken fartsklasse som velges sees også i sammenheng med hvilken vegtype som er tenkt på vegen.

Vejklasse	Hastighedsklasser						Trafikarter		
	Meget høj+	Meget høj	Høj+	Høj	Middel	Lav	Biler	Fodgængere, cykler og knallerter	Landbrugskøretøjer mv.
	120-130	90-110	80	60-70	50	30-40			
Gennemfartsveje	●	●							
			●	●				På sti	
Fordelingsveje			●					På sti	
				●				a	
Lokalveje			(●)	●				b	
					●			a	
						●		b	

■ Forekommer eller tilladt
^a Hvis ÅDT for biler er under 2000, kan brede kantbaner anvendes. Ellers anlægges cykelsti
^b Hvis ÅDT for biler er under 5000, kan brede kantbaner anvendes. Ellers anlægges cykelsti.

Figur 5.2 Bestemmelse av planleggingshastighet i Danmark (Vejdirektoratet, 2012c)

Som figur 5.2 viser kan planleggingshastigheten for en veg variere i alle 10 km/t-intervaller mellom 30 – 130 km/t, hvis en ser på alle funksjonsklassene.

Ved utformingen av veger brukes også en dimensjoneringshastighet. Denne blir bestemt ut i fra hensynet til at trafikanter holder en høyere fart enn planleggingshastigheten, som altså i utgangspunktet er lik fartsgrensen. Dette gjøres i et sikkerhetsperspektiv, da fartsmålinger i Danmark viser, ifølge håndboka at mange trafikanter kjører med høyere fart enn planleggingshastigheten.

For å bestemme dimensjoneringshastigheten tas det utgangspunkt i planleggingshastigheten, og det legges ut i fra den til et fartstillegg. Hvor stort dette tillegget skal være bestemmes av vegmyndighetene. Det er ingen fast regel for hvor stort det settes til, men det er gitt anbefalinger for fastsettelsen av den som er vist i figur 5.3. Blant annet anbefales det at dimensjoneringshastigheten skal være lik planleggingshastigheten på motorveg og møtefrie veger (på motorveg er den generelle farten 130 km/t) for alle planleggingshastigheter. På veger med møtende trafikk (uten fysisk midtdeler), med kryss i planum og/eller der det kan

forventes myke trafikanter er planleggingshastigheten 80 eller 90 km/t. Her anbefales det et fartsstillegg 15 km/t på vegger med planleggingshastighet på 80 km/t og 10 km/t der planleggingshastigheten er 90 km/t. Det anbefales også at dersom 85 %-fraktilen til opptredende fart med rimelig grad av sikkerhet kan antas på vegen kan denne brukes som dimensjoneringshastighet.

		V_p										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
V_d	Motorveje							90	100	110	120	130
	Mødefri veje	30	40	50	60	70	80	90	100			
	Veje med modkørende eller krydsende trafik i niveau	40	55	70	80	90	95	100				

¹ Mødefri veje defineres som højklassede veje med niveaufri kryds, hvor der ikke er modkørende trafik inden for sikkerhedszonen og ikke færdes stitrafik.
² På veje med en maksimal kørehastighed bestemt af kurveradius (for eksempel sløjferamper) er den dimensionerende hastighed den maksimale kørehastighed.

Figur 5.3 Dimensjoneringshastigheten V_d i forhold til planleggingshastigheten V_p (Vejdirektoratet, 2018)

Ved dimensjoneringen av vegene brukes både planleggingshastigheten og dimensjoneringshastigheten for å finne minimumsparameterne. Planleggingshastigheten brukes i beregningen av minimumskravene til vegens horisontalkurveradius og forbikjøringssikt. Krav til vegens overhøyde, sidefriksjon for beregning av min. horisontalkurveradius og fastsettelse av sikkerhetssonens bredde, altså parametere knyttet til utformingen av tverrprofilet, bruker også planleggingshastigheten som beregningsgrunnlag. I tillegg stilles det også krav til kjørekomfort ved vertikalkurveradier, altså både høybrekk og lavbrekk, der også planleggingshastigheten benyttes for beregning av minimumskrav. For beregningen av de resterende parameterne til utformingen av vegen brukes dimensjoneringshastigheten. Disse elementene er bremsefriksjon, stoppsikt og påfølgende vertikalkurvatur ut i fra siktkravene. Også horisontalkurvaturen skal kontrolleres for eventuelle sikthindre i sideterrenget med dimensjoneringshastigheten.

Hvilke av parameterne som er bestemt av hvilken av de to ulike verdier for dimensjonerende fart er oppsummert i tabell 5.7. Utdypende om beregningen av de ulike parameterne er forklart i neste delkapittel.

Parameter	Dimensjonerende fart
Bremsefriksjon, f_b	Dimensjoneringshastighet
Sidefriksjon, f_k	Planleggingshastighet for min. R_h , (dimensjoneringshastighet ved siktkontroll)
Overhøyde, e	Planleggingshastigheten
Horisontalkurveradius, R_h	Planleggingshastighet for min. R_h , (dimensjoneringshastighet ved siktkontroll)
Stoppsikt, L_s	Dimensjoneringshastighet
Forbikjøringssikt, L_f	Planleggingshastighet
Høybrekk, R_v , min høybrekk	Dimensjoneringshastighet for sikt, (planleggingshastighet for komfort)
Lavbrekk, R_v , min lavbrekk	Planleggingshastighet for komfort og estetikk, dimensjoneringshastighet for sikt

Tabell 5.7 Dimensjonerende fart til de ulike linjeføringsparametere i Danmark

Minimumskrav

Minimumskravene som vurderes her er kravene som benyttes ved utforming av veger i Danmark og oppgitt i håndbøkene. Noen av minimumskravene til parametere er oppgitt konkret i tabell for de ulike verdier for dimensjonerende fart, men de fleste er kun oppgitt som en formel der planleggere selv må regne ut minimumsverdien avhengig av hvilke inngangsparametere som blir valgt. De utregnede verdiene til kurvatur er avrundet til nærmeste (overstigende ved tvil) titallsverdi. Tabell 5.8 angir de mest sentrale parameterne som er avhengig av farten ved utforming av veger. Dette er gjort for å enklere kunne sammenligne de danske minimumsverdiene for de ulike parameterne med Norge og andre lands minimumsverdier. Det er her kun tatt med dimensjonerende fart fra 80 til 130 km/t, da det er disse hastighetene det er aktuelt å sammenligne mot andre land.

Beregningen av minimum horisontalkurve gjøres ved formel med inngangsdataene planleggingshastighet, overhøyde og sidefriksjon. Beregningene er gjort med maks tverrfall 7 %.

I håndbøkene om linjeføring settes kravene til horisontalkurvatur også i stor grad til stoppsikt,

der det beregnes minimum horisontalkurvatur med et gitt tverrprofil ut i fra avstand til sidehinder. Denne beregningen baserer seg på stoppsiktlengden, L_s , regnet ut med dimensjoneringshastigheten, og avstand til sikthindrende gjenstand i tverrprofilen. Ved dimensjonering i Norge brukes denne ofte bare som siktkontroll for avstand til sidehinder i sammenheng med horisontalkurvatur, og ikke direkte i kravet til horisontalkurvatur siden det kan være enklere å endre tverrprofilutformingen. Kravene til stoppsikt for min. horisontalkurve blir derimot vanskelig å bruke i denne sammenhengen, da tverrprofilutformingen varierer mye både i Danmark og mellom ulike land. Derfor gis her kun verdien utregnet på førstnevnte metode.

Minimum stoppsiktlengde er gitt i tabell i håndbøkene, og beregnes for at kjøretøy skal kunne bremse for hinder i vegbanen, og er lengden fra sjåføren oppdager hinderet til kjøretøyet har stoppet opp. Inngangsdataene er her dimensjoneringshastighet, reaksjonstid, bremsefriksjon og vegens stigning. Også dimensjonerende bremsefriksjon er oppgitt i tabell i håndbøkene. Stoppsikten er her gitt for rettstrekninger med 0 % lengdefall.

Minimum høybrekk beregnes i hovedsak basert på at stoppsikten skal tilfredsstilles, og er avhengig av parameterne øyehøyde, objekthøyde og parameterne for utregning av stoppsiktlengden. Det er også en egen utregning for krav til korte høybrekkskurver (kortere enn stoppsiktlengden) som også er avhengig av vinkelen mellom stigningene, men siden denne vil være helt avhengig av den prosjekterte stigningen før og etter kurven beregnes det ikke noen verdier for dette her. Det stilles også er krav til komfort for høybrekk, men denne verdien er relativt lav i forhold til siktkravet og blir ikke benyttet videre her.

Minimum lavbrekk skal tilfredsstillere krav til sikt, komfort og estetikk. Komfortkravene er kun avhengig av planleggingshastigheten (vertikalakselerasjonen er fast $0,5 \text{ m/s}^2$).

Siktkravene dimensjonerer både for at billys skal lyse opp vegbanen i mørke og for at broer og andre hindringer over vegbanen ikke skal være sikthindrende. Det er ikke gitt noen beregninger for kravet om opplysning av vegbanen, bare at det skal gjøres analoge betraktninger om dette. Kravet for sikthinder over vegbanen er avhengig av parameterne frihøyde over vegbane, øyehøyde, objekthøyden på kjørebane og stoppsiktlengden. Sistnevnte krav blir tatt med i tabell 5.8 på neste side, selv om det under normale omstendigheter alltid er lavere enn komfortkravet.

Estetikkkravene er avhengig av planleggingshastigheten og stigningsendringen, og varierer

derfor mye avhengig av de prosjekterte stigningene før og etter lavbrekket. Dette kravet er derfor valgt å se bort ifra i denne sammenhengen.

Dim. fart [km/t]	Parameter [m]				
	Rh*	Ls**	R _{v, min} høybrekk	R _{v, min} lavbrekk (sikt)	R _{v, min} lavbrekk (komfort)
130	890	249	13 780	2 570	2 610
120	710	217	10 470	1 950	2 220
110	560	187	7 770	1 450	1 870
100	440	160	5 690	1 060	1 550
95	390	147	4 800	900	1 400
90	340	134	3 990	750	1 250
80	260	111	2 740	510	990

*Beregnet med maks tverrfall, 7 %.

** Minimum stoppsikt er oppgitt for rettstrekninger med 0 % lengdefall.

Tabell 5.8 Minimumskrav til de viktigste parameterne som er avhengig av farten i dansk vegutforming

Oppsummering og sammenligningsgrunnlag

Ved planlegging av veger i Danmark benyttes det altså to ulike verdier for dimensjonerende fart for de forskjellige elementene på vegen. Den ene, kalt planleggingshastigheten, er den farten myndigheter ønsker at trafikanter skal kjøre i og denne skal i utgangspunktet sammenfalle med fartsgrensen. Den andre, kalt dimensjoneringshastigheten, er den farten som prøver å tilnærme seg den opptredende farten, 85 %-fraktilen, ved at det legges til et fartsstillegg. Begge brukes ved beregningen av minimumsverdier til utformingsparametere, og det er viktig å bruke riktig fart ved de ulike beregningene.

For å bruke de danske metodene for dimensjonering av fart må det veksles mellom å bruke planleggingshastigheten og dimensjoneringshastigheten på de forskjellige parameterne. Siden planleggingshastigheten i utgangspunktet skal sammenfalle med gjeldende fartsgrense, kan dette brukes som en referanse når det skal sammenlignes med andre lands metoder og fartsmålinger. For dimensjoneringshastigheten vil det være mest hensiktsmessig å følge

anbefalingene for fartsstillegg i forhold til planleggingshastigheten som er gitt i de danske håndbøkene og i figur 5.3, selv om dette ikke er absolutte krav.

For utregningen av minimum horisontalkurvatur og komfortkravene til lavbrekk kan fartsgrensen brukes direkte som den dimensjonerende farten, altså uten noe fartsstillegg, og dette gjelder for alle veger.

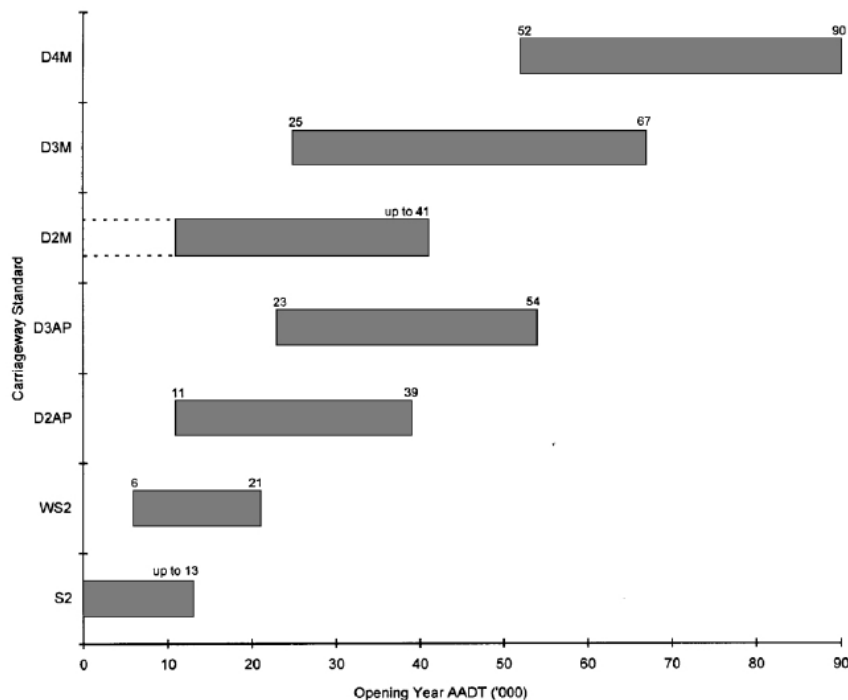
For utregningen av minimum stoppsikt lengde, høybrekk og siktkrav til lavbrekk er den dimensjonerende farten avhengig av om det er en motorveg/møtefri veg eller om det er andre veger uten fysisk midtdeler det dimensjoneres for. Ved motorveger og møtefrie veger brukes fartsgrensen direkte som dimensjonerende verdi. For andre veger uten fysisk midtdeler, for eksempel vanlige tofeltsveger, der fartsgrensen er 80 eller 90 km/t brukes fartsgrensen pluss et fartsstillegg. For fartsgrense 80 km/t benyttes 95 km/t som dimensjonerende fart mens for fartsgrense 90 km/t brukes 100 km/t.

Disse verdiene for dimensjonerende fart benyttes videre som dimensjonerende fart for å regne ut linjeføringsparametere blir ved bruk av norske metoder.

5.4 Storbritannia

Dimensjoneringsystem

Ved planlegging og bygging av nye veger i åpent landskap deles vegene inn i ulike vegtyper. Disse vegtypene er 4-, 6- og 8-felts motorveger (D2M, D3M og D4M), andre 4- og 6-feltsveger (D2AP og D3AP) og to typer 2-feltsveger delt inn etter vegbredde (WS2 og S2). For å finne hvilken vegtype det skal dimensjoneres for tas det utgangspunkt i den beregnede trafikkmengden (ÅDT) i vegens åpningsår, som settes inn i figur 5.4 nedenfor. Med dette som inngangsdata får man en god veiledning på hvilke av vegtypene som er mest samfunnsøkonomisk lønnsom og samtidig har god kapasitet under normale omstendigheter. Ofte vil flere ulike vegtyper være aktuell ut i fra figuren. Det skal så vurderes om det er noen spesielle stedlige forhold i område som gjør at en må velge en annen standard på vegen enn det gitt av trafikkmengden. Neste steg er så å gjøre en enkel samfunnsøkonomisk analyse slik at en kommer fram til en netto nytte for hver av de aktuelle vegtypene, i tillegg til at eventuelle andre viktige faktorer ved alternativene framkommer. Disse analysene sammenstilles så til slutt, før en kommer fram til en optimal vegtype for vegen.



Figur 5.4 Utgangspunkt for valg av vegtype i Storbritannia (Highways England, 1997)

Dimensjonerende fart

Ved planlegging av veger i Storbritannia brukes en dimensjonerende fart («design speed») som grunnlag ved utforming av veger. Denne farten skal velges etter hvilken fart trafikanter sannsynligvis vil kjøre i, det vil si at den skal prøve å tilnærme seg den antatte 85 %-fraktilen til opptredende fart. For å gjøre dette har håndboka basert seg på tre faktorer som påvirker hvilken fart trafikanter vil holde. Disse tre faktorene er vegens linjeføring, vegens øvrige utforming og fartsgrensen på vegen. Fra de to førstnevnte faktorene finner man den farten det skal dimensjoneres for.

Den første faktoren, vegens linjeføring, påvirker farten til trafikanter på den måten at ved flere og større svinger på vegen vil den opptredende fart bli mindre. Det vil si at dersom vegen ikke har noen svinger og bare går rett fram vil fartsbegrensningen som følge av vegens linjeføring være 0 km/t. For å finne hvor stor en slik fartsbegrensning blir der det er svinger er det utarbeidet to formler, én for flerfeltsveger og én for tofeltsveger. Begge disse formlene er avhengig av hvor mye vegen svinger, benevnt med svingegrader pr km. Formelen for tofeltsveger er også avhengig av gjennomsnittlig sikt lengde på vegen. Ut i fra en av disse formlene får en da fram hvor mye vegens linjeføring begrenser den kommende opptredende farten i km/t, og dette brukes videre for å finne en dimensjonerende fart.

Påvirkning fra den andre faktoren, vegens utforming, varierer etter vegens kjørebane- og skulderbredde og etter antall kryss og avkjørsler på strekningen som vist i figuren under. Vegens kjørebane- og skulderbredde er som oftest gitt av vegtypen, bortsett fra ved smale 2-feltsveger der den varierer noe dersom det er spesielle forhold som gjør at vegen må være smalere enn normalt. Den fartsreducerende effekten fra vegbredden blir større jo smalere vegen er.

Påvirkningen fra kryss og avkjørsler er delt inn i om antallet er høyt, middels eller lavt (H, M og L i figuren), der høyere antall fører til større reduksjon i farten til trafikanter.

Hvor stor denne fartsreduksjonen blir i km/t forårsaket av vegens utforming er vist i tabell 5.9.

Road Type	S2				WS2	D2AP		D3AP		D2M	D3M	
Carriageway Width (Ex. Metre Strips)	6m		7.3m		10m		Dual 7.3m		Dual 11m		Dual 7.3m & Hard Shoulder	Dual 11m & Hard Shoulder
Degree of Access and Junctions	H	M	M	L	M	L	M	L	L	L	L	L
Standard Verge Width	29	26	23	21	19	17	10	9	6	4	0	
1.5m Verge	31	28	25	23	There is no research data available for 4 lane Single Carriageway roads between 12 and 14.6m width (S4). In the limited circumstances for their use described in this document, Design Speed should be estimated assuming a normal D2AP with a Layout Constraint of 15 - 13 kph							
0.5m Verge	33	30										

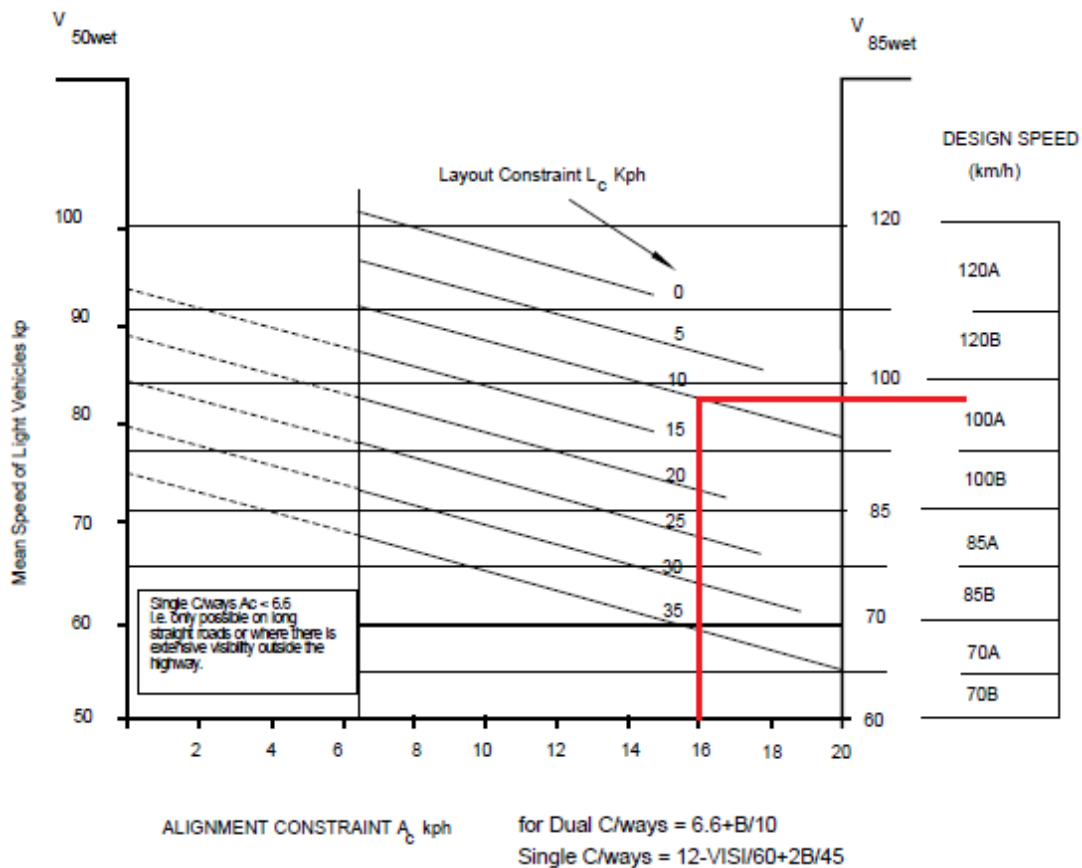
Tabell 5.9 Fartsreduksjon som følge av vegens utforming (Highways England, 2002)

Fartsgrensen er den tredje faktoren som begrenser opptredende fart til trafikanter. De nasjonale fartsgrensene er 112 km/t (70 mph) for motorveger og andre flerfeltsveger og 96 km/t (60 mph) for 2-feltsveger. Ettersom fartsgrensens fartsreduserende effekt ikke er begrenset av den fysiske utformingen av vegen, tas den ikke med i beregningen av dimensjonerende fart.

Når en så har beregnet de fartsreduserende effektene fra vegens linjeføring og utforming settes disse tallene inn i figur 5.5 på neste side. Fartsreduksjonen fra linjeføringen settes inn i den horisontale aksene og utformingens fartsreduksjon settes inn i skråaksene. Ut fra dette kommer en fram til en dimensjonerende fartsklasse og da hvilken dimensjonerende farten som skal brukes på vegen. En kan også lese av omtrentlig hva den beregnede 85 %-fraktilen og 50 %-fraktilen vil bli på vegen.

Disse dimensjonerende fartsklassene er delt opp i 8 klasser, hvor fart på henholdsvis 70, 85, 100 og 120 km/t er delt i 2 klasser, en A- og en B-klasse. A-klassen har den øvre delen av den dimensjonerende farten og B-klassen den nedre delen.

I figuren er det tegnet inn et eksempel på bestemmelsen av dimensjonerende fart. Dersom det er beregnet en fartsreduserende effekt på 16 km/t fra vegens linjeføring og 10 km/t fra vegens utforming kan det sees fra figuren at fartsklassen blir 100A og den dimensjonerende farten blir da 100 km/t. Antatt 85 %-fraktil vil bli ca. 97 km/t og 50 %-fraktilen blir ca. 82 km/t.



Figur 5.5 Dim. fart ut i fra vegens linjeføring og utforming i Storbritannia (Highways England, 2002)

Fra figuren framkommer det også at den antatte 85 %-fraktilen aldri kan bli høyere enn den dimensjonerende farten.

Hvilken dimensjonerende fartsklasse en kommer fram til avgjør hvilke minimumskrav som settes til vegene.

Minimumskrav

Minimumskravene som forklares her er de som benyttes ved utforming av veger i Storbritannia og oppgitt i håndbøkene. Kravene for de ulike utformingsparametere er oppgitt i tabeller, der kravet kun varierer med den dimensjonerende farten. Kravene er her oppgitt som ønskede krav der man ut i fra erfaring vet at man får en god og forutsigbar veg dersom disse verdiene velges, men de regnes for det meste ikke som absolutte minimumskrav. Det vil si at kravene som står for en gitt én dimensjonerende fart i mange tilfeller kan lempes på, slik at kravene som er oppgitt for en lavere dimensjonerende fart kan brukes uten at det

nødvendigvis må søkes fravik. Det er grenser for hvor mye kravene kan lempes på som er forskjellig ved de ulike parameterne, og det er også avhengig av vegtypen og hvilken dimensjonerende fartsklasse som benyttes. Dersom det må benyttes enda lavere verdier enn dette må det søkes fravik.

Årsaken til at håndboka opererer med ønskede krav er for å gi mer fleksibilitet i utformingen dersom kravene gir en veldig høy kostnad eller er negativt for landskap og miljø. Selv om en lempet noe på kravene vil det ifølge håndboka likevel gi en tilfredsstillende standard på vegen og ikke nødvendigvis føre til dårligere trafikksikkerhet eller lite forutsigbarhet for trafikantene. Dette må vurderes ved hvert enkelt tilfelle av de som prosjekterer. Dersom en vurderer å lempe på de ønskede kravene anbefales det i håndboka å ha et alternativ uten å lempe på kravene og et med lemping og deretter vurdere konsekvensene av begge disse alternativene.

Tabell 5.10 angir de mest sentrale parameterne som er avhengig av farten ved utforming av veger. Dette er gjort for å enklere kunne sammenligne de britiske minimumsverdiene for de ulike parameterne med Norge og andre lands minimumsverdier. Det er her tatt med dimensjonerende fart fra 50 til 120 km/t, siden de oppgitte ønskede kravene kan lempes på ved å gå ned flere dimensjonerende fartsklasser.

Parameterne som er listet opp her er de ønskede kravene. Tabell 5.11 angir antall tillatte steg av den dimensjonerende farten som er lov til å lempe på kravet. Dersom en går det gitte antallet steg ned vil dette være det absolutt laveste kravet som er tillatt. For eksempel om det er en motorveg med dimensjonerende fartsklasse 120B vil man for minimum horisontalkurve ha lov til å lempe med kravet inntil 3 steg, altså tilsvarende det ønskede kravet til en veg med dim. fart 70 km/t. Denne tabellen er utgangspunktet for lemping av krav, men det kan også avhenge av andre faktorer som stigningsforhold eller muligheten for forbikjøringer. Det er også begrensninger på at flere lempinger på krav ikke kan opptre samtidig. Heller ikke ved kryss kan ikke kravene lempes på, og siktkravene er også noe høyere her.

Beregningen av minimum horisontalkurve er gjort ut i fra dimensjonerende fart og overhøyde. Det ønskede kravet tilsier at overhøyden skal være 5 %, men dersom en skal lempe på kravet må 7 % overhøyde brukes.

Minimum stoppsikt lengde er gitt i tabell i håndbøkene og er lengden fra sjåføren oppdager et hinder til kjøretøyet er stoppet helt opp. Det oppgitte kravet for de forskjellige verdier for dimensjonerende fart skal tilfredssettes ut i fra sjåførens øyehøyde og objekthøyde.

Minimum høybrekk er basert på at stoppsikten skal tilfredsstilles for dimensjonerende fart over 50 km/t, og er altså avhengig av parameterne for utregning av stoppsiktlengden.

Parameteren blir i håndboka oppgitt som en K-verdi, som er mål på hvor mange meter det tar før stigningsgraden har endret 1 %. Denne K-verdien har ikke et absolutt forhold til radius, R, som brukes i mange andre land, men forenklet kan man si at $R = 100 \cdot K$. I tabell 5.10 er en slik omregning gjort, og minimum høybrekk er oppgitt som radius.

Minimum lavbrekk skal hovedsakelig tilfredsstille krav til komfort, bortsett fra ved veger med dimensjonerende fart opp til og med 70 km/t som ikke er opplyste. Disse skal også sjekkes for sikt og det skal kontrolleres at billykter lyser opp vegbanen i tilstrekkelig lengde. Det skal også for alle veger sjekkes at ikke lavbrekksradiusen er så liten at hinder over vegbanen, som for eksempel broer eller skilt, gjør at stoppsiktkravet ikke tilfredsstilles. Også for minimum lavbrekk er verdien oppgitt som en K-verdi i håndboka, men som ved høybrekk er det her utført en forenklet omregning slik at verdien som er oppgitt i tabellen her er radius.

Dim. fart [km/t]	Parameter [m]			
	Rh*	Ls	R _v , min høybrekk	R _v , min lavbrekk
120	1 020	295	18 200	3 700
100	720	215	10 000	2 600
85	510	160	5 500	2 000
70	360	120	3 000	2 000
60	255	90	1 700	1 300
50	180	70	1 000	900
<50**	127	50	650	-

*Med 5 % tverrfall

**Kravene gjelder ved lemping på krav, 1 steg ned fra 50 km/t

Tabell 5.10 Minimumskrav til de viktigste parameterne som er avhengig av farten i britisk vegutforming

Vegtype	Dim. fartsklasse	Rh	Ls	R _{v, min} høybrekk	R _{v, min} lavbrekk
Motorveg	A	2 steg	1 steg	1 steg	Ingen
Motorveg	B	3 steg	2 steg	2 steg	Ingen
Andre veger	A	3 steg	2 steg	2 steg	1 steg
Andre veger	B	4 steg	3 steg	3 steg	1 - 2 steg*

*2 steg ved dimensjonerende fart 50, 60 og 70 km/t.

Tabell 5.11 Antall steg det kan lempes på krav ved de ulike vegtyper og fartsklasser i Storbritannia

Oppsummering og sammenligningsgrunnlag

Ved planlegging av veger i Storbritannia bestemmes den dimensjonerende farten ut i fra vegens linjeføring og utforming fra figur 5.5. Hver veg får en dimensjonerende fartsklasse, der det framkommer hvilken dimensjonerende fart som skal benyttes og om det er klasse A eller B. En kan av den samme figuren lese av verdien for den kommende opptredende farten ved 85 %- og 50 %-fraktilene. Denne dimensjonerende farten er bestemmende for minimumsverdiene som utformingsparameterne til en veg skal ha.

De oppgitte kravene er i utgangspunktet ønskede minimumskrav og disse kravene kan lempes på. Men denne lempingen må gjøres på mange premisser, blant annet ut i fra hvilken parameter som skal finnes, vegtypen, den dimensjonerende fartsklassen og andre faktorer i utformingen som stigning eller kryssituasjoner.

For å bruke det britiske systemet for dimensjonering av fart for norske fartsmålinger vil det være mest hensiktsmessig å bruke figur 5.5 for valg av dimensjonerende fart. 85 %-fraktilen som framkom fra fartsdatabasen settes inn i høyre vertikalakse i figuren, og det leses deretter av hvilken dimensjonerende fart som ville vært brukt i Storbritannia.

Det kunne også ha vært aktuelt å benyttet figur 5.5 ved å regne ut de fartsreduserende effektene av vegens linjeføring og vegens utforming for hver enkelt veg som fartsmålingene er basert på, men dette vil være et mye mer omfattende arbeid med større analyser av hvert enkelt målepunkt. Derfor vil førstnevnte metode benyttes.

Ved å benytte figur 5.5 og sette inn verdiene for 85 %-fraktilen fra databasen fås verdier for dimensjonerende fart som brukes i sammenligningene for ulike fartsgrenser som gitt her:

- Ved fartsgrense 80 km/t viste fartsdatabasen en 85 %-fraktil på 88 km/t på tofeltsveger. Dette gir dimensjonerende fart i Storbritannia på 100 km/t.
- Ved fartsgrense 90 km/t viste fartsdatabasen en 85 %-fraktil på 97 km/t på tofeltsveger og ved firefeltsveger 99 km/t på høyre kjørefelt og 111 km/t på venstre kjørefelt, der de to førstnevnte benyttes. Dette gir en dimensjonerende fart i Storbritannia på 100 km/t.
- Ved fartsgrense 100 km/t viste fartsdatabasen en 85 %-fraktil på 110 km/t på høyre kjørefelt og 119 km/t på venstre kjørefelt ved firefeltsveger. Dette gir dimensjonerende fart i Storbritannia på 120 km/t.
- Ved fartsgrense 110 km/t viste fartsdatabasen en 85 %-fraktil på 115 km/t på høyre kjørefelt og 122 km/t på venstre kjørefelt ved firefeltsveger. Dette gir dimensjonerende fart i Storbritannia på 120 km/t (siden dette er den høyeste klassen).

5.5 Tyskland

Dimensjoneringsystem

Designprinsippene i retningslinjen for motorveg (RAA) er basert på funksjonen som det aktuelle nettverket av veger tilhører. Med funksjon menes hva den aktuelle vegstrekningen skal betjene, for eksempel om det er en nasjonal hovedveg, en hovedveg mellom regioner eller innenfor en region. Tabell 5.12 gir en komplett oversikt over dette. De forskjellige vegkategoriene er definert i håndbok 121 Retningslinjer for integrert nettverksdesign, forkortet RIN («Richtlinien für Integrierte Netzgestaltung», eng. «Guidelines for Integrated Network Design»). Målsettingen med dette er å få til en ensartet standard for motorveger av samme type, eller generelt; veger av samme type.

Category group		Motorways	Rural roads	Trunk roads in non built-up areas	Trunk roads in built-up areas	Local roads
		AS	LS	VS	HS	ES
continental	0	AS 0		-	-	-
sub-continental	I	AS I	LS I		-	-
inter-regional	II	AS II	LS II	VS II		-
regional	III	-	LS III	VS III	HS III	
sub-regional	IV	-	LS IV	-	HS IV	ES IV
local	V	-	LS V	-	-	ES V

Legende:

AS I	Designation of the category as it occurs
	problematic
-	does not occur or is not justifiable

Tabell 5.12 Oversikt over tyske vegkategorier basert på funksjon (FGSV, 2011)

Av tabell 5.12 ser man at det er definert tre ulike kategorier for motorveger, AS 0, AS I og AS II, avhengig av hvilket nettverk vegen er en del av. Disse danner grunnlaget for håndbok 202 Retningslinjer for utforming av motorveger, RAA.

Håndbok 200 Retningslinjer for veger i byer og tettsteder, RAS_t, omfatter veger innenfor kategorigruppene VS, HS og ES som er hhv. hovedveger i åpent landskap, hovedveger i bebygde områder og lokale veger.

Håndbok 201 Retningslinjer for utforming av veger i åpent landskap, RAL, tar for seg veger innenfor kategorigruppen LS som er veger i åpent landskap.

De forskjellige kategoriene for motorveg deles videre opp i designklasser, som er dimensjoneringsklasser med spesifikasjoner og krav til utforming. Hovedmålet med dette er å sikre ensartethet for motorveger med like forutsetninger. Avhengig av vegkategori, vegens

plassering i forhold til bebyggelse og hvilken myndighet som har ansvar for vegen bestemmes motorvegens designklasse. Tyskland har her definert fire designklasser, EKA 1A, EKA 1B, EKA 2 og EKA 3. Designklassene angir krav til linjeføringa og spesifikasjoner til den øvrige utformingen av vegen og de har dermed ulik dimensjonerende fart. Tabell 5.13 og 5.14 gir oversikt over designklassene og generelle spesifikasjoner.

Road category	AS 0/AS I		AS II		
	outside or inside		outside or inside	outside	inside
Position in relation to built-up areas	outside or inside		outside or inside	outside	inside
Jurisdiction	Federal motorway	Non-federal motorway	Federal motorway	Non-federal motorway	All
Designation	Long-distance motorway	Motorway-like road	Inter-regional motorway	Motorway-like road	Urban motorway
Design class	EKA 1 A	EKA 2	EKA 1 B	EKA 2	EKA 3

Tabell 5.13 Designklassene for veger i kategori AS, motorveger i Tyskland (FGSV, 2011)

Design class	EKA 1 A	EKA 1 B	EKA 2	EKA 3
Designation	Long-distance motorway	Inter-regional motorway	Motorway-like road	Urban motorway
Signing	Z 330 StVO (motorway)		Z 331 StVO (trunk road)	Z 330 or Z 331 StVO
Directional signing	Blue		Yellow	Blue, yellow
Maximum permissible speed*	None		None	≤ 100 km per hour
Recommended distance between junctions	> 8,000 m	> 5,000 m	> 5,000 m	None
Traffic management around construction works on four-lane roads	4+0 generally necessary**		4+0 not absolutely necessary	

* see explanation given in Section 3.4

** '4+0' indicates the lane configuration during reconstruction. The '4' indicates that four lanes (two in each direction) will be accommodated on the one carriageway and the '0' indicates that there will be no traffic on the other carriageway while it is being reconstructed.

Tabell 5.14 Tyske designklassene med spesifikasjoner og krav (FGSV, 2011)

Fart

Ved dimensjonering i Tyskland settes det ved de største motorvegene, EKA 1 og 2, for det meste ikke en fartsgrense, men det benyttes i stedet en anbefalt fart på 130 km/t. Dersom man ved utforming av motorveger i disse standardklassene på kortere strekninger må benytte linjeføringsparametere som er nær minimumsverdiene på en ellers enhetlig veg som tåler høy fart, er det en mulighet til å innføre en lokal fartsgrense lavere enn 130 km/t skal innføres her. Hvis motorvegen i sin helhet blir utformet med linjeføringsparametere nær minimum vil det som regel ikke være nødvendig å innføre fartsgrense da veggeometrien i seg selv er fartsbegrensende. For motorveger i tettbygde områder, designklasse EKA 3, benyttes

fartsgrenser. Som regel er denne 80 km/t, men 100 km/t kan benyttes unntaksvis hvis designelementene for strekningen er basert på betydelig høyere fart enn minimum.

Når det gjelder dimensjonering av minimum linjeføringsparametere som kan benyttes i de ulike motorvegklassene, baserer Tyskland seg på følgende verdier for dimensjonerende fart:

- 130 km/t for langdistanse motorveger (EKA 1A)
- 120 km/t for interregionale motorveger (EKA 1B)
- 100 km/t for andre motorveger (EKA 2)
- 80 km/t for motorveger i tettbebygde områder (EKA 3)

For hver designklasse for motorveger er det altså angitt en dimensjonerende fart til å kalkulere minimumskrav til den geometriske utforminga av vegen. I Tyskland brukes denne farten uten noen form for tillegg og gjelder for alle linjeføringsparametere.

For vegene i by og tettsteder beskrives en annen og noe forenklet metode. Kravene til horisontal og vertikal linjeføring varierer mellom hovedveger i og utenfor tettstedene. For lokale veger og hovedveger i tettsteder er det ikke nødvendig å beregne minimum linjeføringsparametere med tanke føreradfærd og sikkerhet. Dette er fordi føreren selv begrenser farten til omgivelsene eller fordi det ikke er mulig å innføre en streng linjeføring da vegen må tilpasse seg omgivelsene. Fartsgrensa er generelt 50 km/t eller lavere i disse områdene. For vegene i utkanten av de bebygde områdene hvor avstanden mellom kryss er større er det noe annerledes. Her gjelder dimensjonerende fart på 50 km/t hvor man har bebyggelse tett innpå men med uteareal vendt bort fra vegen, og 70 km/t hvor bebyggelse og dens utearealer har god avstand fra vegen. Fartsgrensen er her lik den dimensjonerende farten.

Minimumskrav

Minimumskravene som oppgis her er kravene som benyttes ved utforming av veger etter retningslinjene for utforming av motorveger (RAA). Her gis det krav til minimumsverdier til linjeføringsparameterne for de ulike designklassene med ulik dimensjonerende fart på henholdsvis 80, 100, 120 og 130 km/t som er oppsummert i tabell 5.15.

Dim. fart	R _{h, min} *	Ls **	R _{v, min} høybrekk	R _{v, min} lavbrekk
130	900	248	13 000	8 800
120	720	217	10 000	5 700
100	470	160	5 000	4 000
80	280	111	3 000	2 600

* Beregnet ved maks. tverrfall, 6 %

** Oppgitt for rettstrekninger med 0 % lengdefall

Tabell 5.15 Minimum linjeføringsparametere for ulike verdier av dimensjonerende fart for tyske motorveger

I tillegg er det i håndboka vedlagt standard metoder og formler for å beregne horisontalkurver, klotoider, stoppsikt og vertikalkurver. Beregninga av horisontalkurven gjøres med dimensjonerende fart, sidefriksjon og tverrfall som inndata. Med forutsetningene for inndata som er gitt i standarden stemmer de beregnede minimumsverdier godt for det som er oppgitt i tabell.

For utregning av stoppsikt benyttes reaksjonstid, dimensjonerende fart, friksjon og stigningsgrad som grunnlag. Ved bestemmelsen av friksjon gjøres dette ikke ut i fra en bremsefriksjon som er ulik ved forskjellig fart, men i stedet en totalfriksjonen, altså en konstant verdi uavhengig av den dimensjonerende farten.

Beregningene av minimum høybrekkskurve utføres med øye- og objekthøyde som grunnlag. Beregnede verdier for høybrekk ved hjelp av metoden i håndboka er ikke helt sammenlignbar med det som oppgis i tabellen når man benytter stoppsiktverdier for 0 % lengdefall som inndata. Det tyder på at stoppsiktverdier for maks. lengdefall (5 %) er benyttet når minimum verdi på høybrekk ble bestemt.

Lavbrekk i Tyskland dimensjoneres for stoppsikt. Det er ikke oppgitt noen formel for bestemmelse av minimum lavbrekk i den tyske håndboka.

I håndboka for veger i byer og tettsteder (RASt) er det kort oppsummert minimum linjeføringsparametere for hovedveger i utkanten av bebyggelsen hvor fartsgrensen generelt er 50 eller 70 km/t. Dimensjonerende fart er for disse vegene lik fartsgrensen og aktuelle linjeføringsparametere er vist i tabell 5.16.

Dim. fart	$R_{h, \min}$	Ls	$R_{v, \min}$ høybrekk	$R_{v, \min}$ lavbrekk
70	190	80	2 200	1 200
50	80	47	900	500

Tabell 5.16 Minimum linjeføringsparametere for hovedveger i urbane områder, i utkant av bebyggelsen

Håndboka for veger i by og tettsteder inneholder ingen beskrivelse av metode eller formler for utregning av de forskjellige linjeføringsparameterne. Parameterne fra RASt er tatt med til informasjon, da denne oppgaven skal sammenligne fart fra og med 80 km/t og vil derfor ikke ta med fartsverdier lavere enn dette.

Oppsummering

Tyskland har altså et enkelt og oversiktlig system når det kommer til dimensjonerende fart. Tyskland har en dimensjonerende fart for hver vegtype som brukes til å dimensjonere alle parameterne i vegens linjeføring.

I retningslinjene for utforming av tyske motorveger er det delt inn i fire designklasser med ulike verdier for dimensjonerende fart på 80, 100, 120 og 130 km/t. Bruker man linjeføringsparametere ned mot minimum på kortere strekninger i de tre øverste designklassene må det vurderes om den aktuelle seksjonen skal skiltes med en særskilt fartsgrense. Hvis hele vegstrekningen er sammensatt av linjeføringsparametere ned mot minimum vil fartsgrense ikke være nødvendig da vegens geometri i seg selv begrenser opptredende fart.

For denne studien har det vært uheldig at håndboka for de øvrige vegene i åpent landskap, RAL, ikke har vært tilgjengelig på grunn av mangel på tilgjengelig faglitteratur på engelsk. Vegklassene i denne håndboka hadde vært særlig relevant å sammenligne med vanlige tofeltsveger med fartsgrense 80-90 km/t.

Bruk i det norske dimensjoneringsystemet

Siden de tyske retningslinjene for utforming av motorveg ikke beskriver noe om forholdet mellom opptredende fart, fartsgrense og dimensjonerende fart er det vanskelig å sammenligne opptredende fart fra norske veger direkte med den dimensjonerende fart som brukes i Tyskland. Det ville vært mer aktuelt å sammenligne de norske dimensjoneringsklassene med de tyske designklassene ved å benytte dimensjonerende fart i Norge (fartsgrense + tillegg) mot tilsvarende dimensjonerende fart i Tyskland. Det ville da vært metodene i de ulike landene som ble sammenlignet, og eventuelle forskjeller på linjeføringsparameterne.

Dimensjonerende fart som benyttes i Tyskland har altså verken direkte sammenheng med fartsgrense eller opptredende fart, og Tysklands metode for valg av dimensjonerende fart vil derfor ikke brukes videre i oppgaven.

De enkelte dimensjoneringsparameterne verdier kan likevel benyttes til sammenligning mot andre land, ettersom disse er bestemt ut i fra den dimensjonerende farten.

5.6 USA

Dimensjoneringsystem

Ved planlegging og bygging av ny veg i åpent landskap er vegene i AASHTOs håndbok delt inn etter vegens funksjonsklasse, altså om det er hoved-, samle- og adkomstveg og i ulike vegtyper som f.eks. motorveger, lokalveger og gater. For utformingen av tverrprofilen til vegene er det funksjonsklassen og trafikkvolumet som er avgjørende. For utformingen av vegens linjeføring og krav til minimumsparametere er det kun hvilken dimensjonerende farten som er valgt som er bestemmende.

Dimensjonerende fart

Ved planlegging av veger i USA brukes en dimensjonerende fart («design speed») som grunnlag ved utforming av veger. Hvilken fart som skal velges avhenger av vegens funksjonsklasse og hvor kupert terrenget er der vegen skal gå.

Generelt for alle veger skal den dimensjonerende farten velges etter hvilken fart trafikanter sannsynligvis vil kjøre i, og det skal her velges en høy fraktil-verdi av den opptredende farten (det er ikke gitt hvor høy denne fraktil-verdien skal være). Trafikanter kjører etter det som er logisk etter vegens utforming og geometri, og dette skal den dimensjonerende farten ta hensyn til. Samtidig skal den være logisk i forhold til topografien, landområde og vegens funksjonsklasse. Den skal også kombinere trafikksikkerhet og fremkommelighet med økonomi, miljø, estetikk og politiske interesser. Ut i fra alle disse faktorene skal det velges en dimensjonerende fart.

Det er altså mange faktorer som skal vurderes og det er ikke et entydig fasitsvar for hvilken fart som skal brukes for en veg.

Ut i fra hvilken funksjonsklasse vegen har er det gitt noen anbefalinger for hvilken dimensjonerende fart som kan benyttes for å tilnærme seg den sannsynlige opptredende farten.

For motorveger anbefales det at den dimensjonerende farten blir satt til 110 km/t ved åpent landskap. Ved kupert landskap kan den settes til mellom 80-100 km/t, men for motorveger bør den dimensjonerende farten uansett ikke være mindre enn 80 km/t.

For hovedveger (utenom motorveger) er det gitt tre intervaller med anbefalt fart avhengig av terrenget i område. Ved flatt landskap brukes normalt 100-120 km/t, ved kupert landskap 80-

100 km/t og ved fjellandskap 60-80 km/t.

For samleveger og lokalveger er det kun gitt tabeller med minimumsverdier for den dimensjonerende farten avhengig av terrenget i område og trafikkmengden.

Fartsgrensene på vegene skal ikke settes etter den høyest mulige farten på vegen, men etter 85 %-fraktilen til opptredende fart.

Minimumskrav

Minimumskravene som vurderes her er kravene som benyttes ved utforming av veger i USA og er gitt i tabell i håndboka. Grunnlaget og utregningene er også forklart, slik at det er enkelt å kontrollere hvilke grunnlagsdata som er benyttet ved de forskjellige utregningene. Hvilke krav som settes til vegene varierer kun med hvilken dimensjonerende fart som er valgt.

Tabell 5.17 angir de mest sentrale linjeføringsparameterne som er avhengig av farten ved utforming av veger. Dette er gjort for å enklere kunne sammenligne de amerikanske minimumsverdiene for de ulike parameterne med Norge og andre lands minimumsverdier. Det er her tatt med dimensjonerende fart fra 80 til 130 km/t, siden det er disse ulike verdiene for fart det er aktuelt å sammenligne med.

Beregningen av minimum horisontalkurve er gjort ut i fra inngangsdataene dimensjonerende fart, overhøyde (e) og sidefriksjon. Det er i håndboka gitt flere tabeller med ulike verdier for maks overhøyde, både for e_{maks} -verdier lik 4, 6, 8, 10 og 12 %. For veger der det kan komme snø eller is er kravet for maks overhøyde 8 % for hovedveger og 6 eller 8 % ved motorveger. $e_{maks} = 4$ % er kun mest aktuelt i bystrøk. Av disse årsakene oppgis det her en overhøyde på 6 og 8 %, da sammenligningen med nordiske verdier tilsier at det er fare for snø og is.

Minimum stoppsiktlengde er lengden fra en sjåfør av et kjøretøy oppdager hinder i vegbanen til kjøretøyet er helt stoppet opp. Inngangsdataene for dette kravet er dimensjonerende fart, reaksjonstid og retardasjon. Denne verdien for retardasjon er basert på undersøkelser av opptredende retardasjon, og en verdi på $3,4 \text{ m/s}^2$ er anbefalt da 90 % av sjåførere bremses raskere enn dette. I tabell 5.17 er kravene gitt ved 0 % lengdefall, dersom det skal regnes med stigninger er det i håndboka en egen tabell for dette som da også avhenger av stigningsgraden.

Minimum høybrekk er basert på at stoppsikten skal tilfredsstilles, og er avhengig av parameterne øyehøyde, objekthøyde, endring i stigningsforhold og parameterne for utregning

av stoppsiktlengden. Parameteren blir i håndboka oppgitt som en K-verdi, som er mål på hvor mange meter det tar før stigningsgraden er endret med 1 %. Denne K-verdien har ikke et absolutt forhold til radius, R, som brukes i mange andre land, men noe forenklet kan man si at $R = 100 \cdot K$ noe som gir en omtrentlig korrekt verdi. I tabellen for minimumskravene er en slik omregning gjort, og minimum høybrekk er oppgitt som radius.

Minimum lavbrekk skal tilfredsstillende 4 krav nemlig krav til sikt for at billykter skal opplyse vegbanen, komfort, drenering og sikt for hinder over vegbanen (som skiltplater eller broer over vegen). De to førstnevnte kan brukes som krav til minimumskurvatur, mens kravet for drenering og hinder over vegbanen må kontrolleres avhengig av situasjonen. Utrekningen av siktkravet for at billykter skal opplyse vegbanen avhenger av stoppsiktlengden og endring i stigningsforhold, mens utregningen av komfortkravet avhenger av endringen i stigningsgrad og dimensjonerende fart. Det anbefales i håndboka å bruke verdier som er utregnet fra siktkravet fra billykters opplysning av vegbanen, og dette kravet er gitt i tabell 5.17. For minimum lavbrekk er også verdien oppgitt som en K-verdi i håndboka, men som ved høybrekk er det her utført en forenklet omregning slik at verdien som er oppgitt i tabellen er minimum radius.

Dim. fart	Parameter				
	Rh (e=8%)	Rh (e=6%)	Ls	R _{v, min høybrekk}	R _{v, min lavbrekk}
130	832	951	285	12 400	7 300
120	667	756	250	9 500	6 300
110	501	560	220	7 400	5 500
100	394	437	185	5 200	4 500
90	304	336	160	3 900	3 800
80	229	252	130	2 600	3 000

Tabell 5.17 Minimumskravene til de viktigste linjeføringsparameterne i USA

Oppsummering

Ved planlegging av veger i USA brukes en dimensjonerende fart til beregningen av minimumsparametere for utformingen. Denne dimensjonerende farten skal først og fremst bestemmes ut i fra hvilken opptredende fart som forventes, da med en høy fraktil-andel. For å finne en realistisk verdi for dette er det flere andre elementer som skal vurderes, blant annet vegens funksjonsklasse, terreng, geometri og utforming og i enkelte tilfeller også trafikkmengde. Det er i de ulike funksjonsklassene gitt forslag til hvilken fart det kan dimensjoneres for, men disse er ikke fastsatte verdier og er delvis gitt med intervaller av verdier. Det vil si at vegene ikke har en gitt dimensjonerende fart når de skal planlegges.

En sannsynlig årsak til at det ikke er mer bestemte metoder for å finne en dimensjonerende fart er at AASHOs håndbok gjelder for hele USA som igjen har 50 stater der noen har egne håndbøker mens andre helt eller delvis bruker metodene og verdiene til AASHTO. Det vil si at AASHTOs håndbok skal omfatte svært mange ulike typer veger, myndigheter og lokale ønsker og tilpasninger, noe som gjør at fastsettingen av den dimensjonerende farten kun gjøres ved anbefalinger og veiledninger.

Fra NCHRP rapport 504 fra 2003 kommer det fram i en undersøkelse blant prosjekterende i forskjellige stater i USA at det er ulik praksis for fastsetting av den dimensjonerende farten. Noen velger å benytte verdier innenfor de anbefalte i AASHTOs håndbok sammen med stedlige vurderinger, noen benytter håndboka fra staten de arbeider i mens mange også benytter fartsgrensen på vegen, enkelte ganger også med et fartstillegg.

For å se om de ulike statenes håndbøker er mer konkret i deres tilnærming til dimensjonerende fart er håndbøkene til delstatene Texas, Washington og California gjennomgått.

Dimensjonering i Texas

For veger i åpent landskap deler håndboka i Texas inn i vegtypene motorveger, andre flerfeltsveger og tofeltsveger. Ved valg av dimensjonerende fart er det oppgitt ulike minimumskrav for hvilken som fart det skal dimensjoneres for avhengig av vegtypen. For motorveger skal dimensjonerende fart være minimum 110 km/t. For andre flerfeltsveger skal den være minimum 100 km/t ved kupert terreng og 110 km/t ved flatt terreng. Ved tofeltsveger er vegene delt inn i funksjonsklasser, og ved hovedveger skal den være minimum

100 – 110 km/t avhengig av terreng og ved samle- og lokalveger skal den være minimum mellom 60 – 100 km/t avhengig av trafikkmengde og terreng.

Minimumskravene for kurveradier og siktlengder er, som i AASHTOs håndbok, bestemt av hvilken dimensjonerende fart som er valgt. Verdiene til kravene er i disse to håndbøkene for det meste ganske lik. Dette vil si at heller ikke i Texas brukes bestemte verdier for dimensjonerende fart ved utforming av veger, og det er opp til hvert prosjekt og bestemme hvilken fart det skal dimensjoneres for så lenge denne er over minimumsverdien for vegtypen/funksjonsklassen.

Dimensjonering i Washington

Håndbøkene i Washington deler vegene inn i motorveger, viktige hovedveger, mindre hovedveger, samleveger og lokalveger. Ut ifra disse klassene har håndboka forslag til valg av dimensjonerende farten, men kun som lav, middels eller høy fart. Lav fart er under 55 km/t, middels er mellom 55-80 km/t og høy er fra og med 80 km/t. For eksempel skal en motorveg i åpent landskap ha høy fart (min. 80 km/t), mens en mindre hovedveg i forstadsområde skal ha lav eller middels fart (maks 80 km/t). Men dette er altså kun forslag, og andre verdier kan også velges. Valget skal avhenge av stedlige forhold og tilnærmes den forventede opptredende farten.

Den valgte dimensjonerende farten brukes ved beregning av minimumskravene til utformingen av vegene.

Det er altså nesten ingen føringer for valg av dimensjonerende fart i denne håndboka, og denne skal vurderes fra prosjekt til prosjekt.

Dimensjonering i California

Håndboka i California samstemmer for det meste med AASHTOs håndbok, men der det er forskjeller skal Californias håndbok benyttes ettersom de nasjonale kravene ikke alltid er tilpasset California.

Vegene deles her inn i motorveger (/ekspressveger), hovedveger og lokalveger for valg av dimensjonerende fart. Her settes det opp intervaller av verdier som kan velges som også avhenger av terrenget. Ved motorveger kan dimensjonerende fart velges til en verdi mellom

80 – 130 km/t ved fjellterreng og 110 – 130 km/t ved flatt terreng. Ved hovedveger varierer den dimensjonerende farten mellom 60 – 110 km/t avhengig av om det er fjellterreng, kupert terreng eller flatt terreng. Lokale veger velges enten etter AASHTOs håndbok eller etter fartsgrensen på 55 eller 75 km/t.

Minimumskravene ved utforming avhenger av hvilken dimensjonerende fart som blir valgt. Verdiene her avviker noe fra verdiene oppgitt i AASHTO, sannsynligvis grunnet andre inngangsparametere ved utregningen.

Det er altså heller ikke her bestemte eller anbefalte verdier som skal brukes som dimensjonerende fart for de ulike vegene utover de gitte intervallene ovenfor. Det skal også her vurderes fra prosjekt til prosjekt hvilken fart det skal dimensjoneres for, ut ifra forhold som bl.a. terrengformer, økonomi, miljø, trafikkvolum og vegens funksjonsklasse.

Bruk i det norske dimensjoneringsystemet

For bruk av amerikanske metoder for dimensjonering av fart sammen med norske fartsmålinger er metoden fra AASHTOs håndbok for generell. Dette gjelder også for de tre statene som er undersøkt og deres håndbøker. Håndbøkene vektlegger i stor grad fleksibilitet i utformingen av veger og at alltid må gjøres stedlige vurderinger og tilpasninger, og dette gjør at det blir vanskelig å benytte som sammenligningsgrunnlag. Det blir derfor ikke benyttet amerikanske verdier for dimensjonerende fart videre i oppgaven.

5.7 Australia

Dimensjoneringsystemet

Del 2 av håndbokserien, «Design Considerations», forklarer hvilke hensyn og hva som må vurderes når en skal planlegge nye vegprosjekter i Australia. Det er tre viktige aspekter som blir diskutert i denne delen:

1. De overordnede målene med planlegginga som kan være blant annet myndighetskrav, trafiksikkerhet, transportbehov eller kollektivtilbud.
2. «Context-Sensitive Design» (CSD) er kort beskrevet en fremgangsmåte for vegutforming som gir planleggere fleksibilitet til å tilpasse de enkelte vegprosjekter til de ulike situasjoner.
3. De ulike faktorer som påvirker vegens utforming.

I punkt 2 erkjennes det at det er flere forhold som må tas hensyn til når det bestemmes hvordan vegen skal formes. CSD stiller spørsmål ved behovet og formålet til selve vegprosjektet, og vurderer andre tema slik som trafiksikkerhet, kostnader, estetikk, kulturminner, miljø og naturmiljø likt opp mot hverandre. Vegplanleggerne får stor fleksibilitet når selve vegtraséen utformes, og kan med sin fagkunnskap og erfaring for eksempel vurdere valgt dimensjonerende fart for vegen og ved behov variere denne hvis andre forhold tilsier det. Planleggerne må selvfølgelig være sitt ansvar bevisst og må kunne dokumentere og begrunne sine «avvik».

I de australske håndbøkene legges det også mye fokus på at vegutformingen skal være konsistent og enhetlig. Trafikantene skal ikke møte på noen overraskelser, som for eksempel en krapp kurve på en strekning som ellers består av store radier og rettlinjer. Vegen skal være selvforklarende og vegens egenskaper i seg selv skal fortelle føreren hvilken vegtype det er og dermed hvordan vegens elementer er utformet. En enhetlig utforming kan påvirkes av hvordan tverrprofilet er utformet, hvordan opptredende fart er og hvor mye føreren må følge med, eksempelvis på trafikken, skiltingen og kryss.

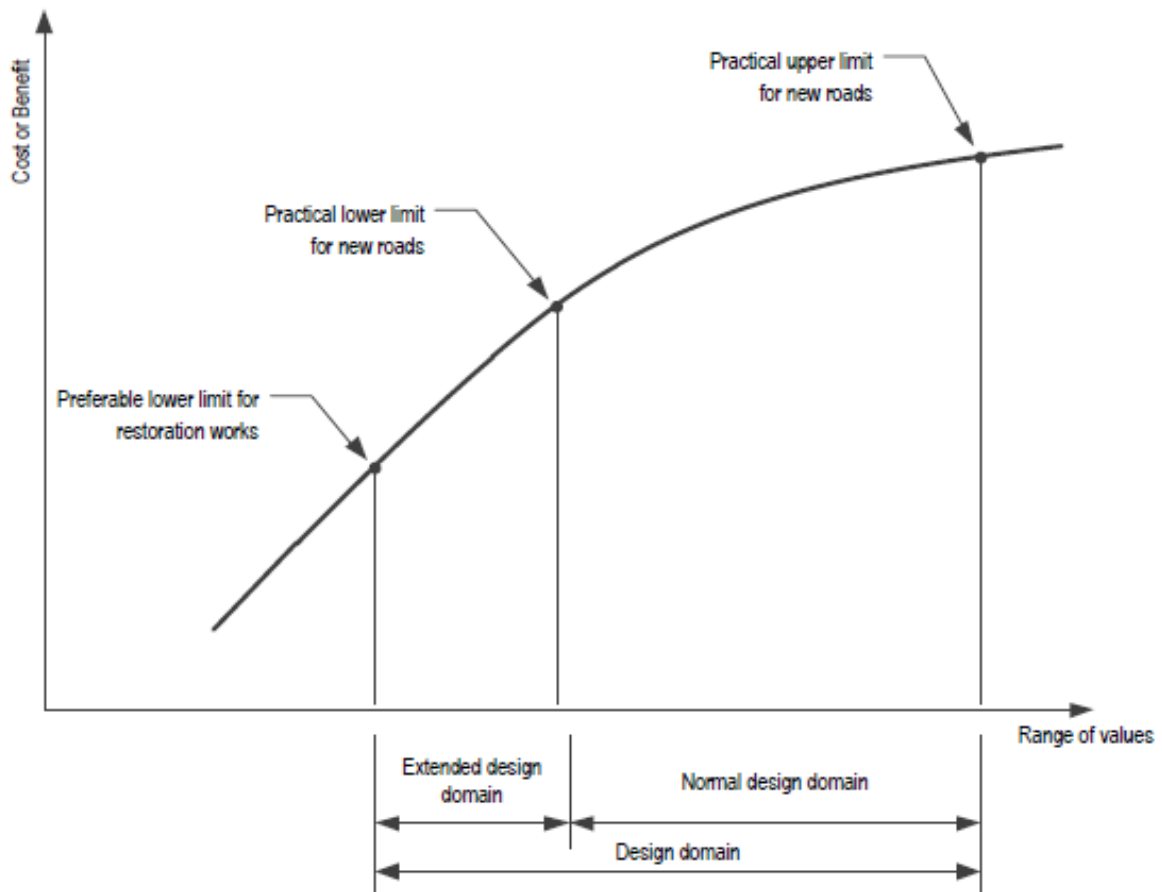
I Australia er vegene delt inn i ulike funksjonsklasser eller vegklasser. Disse klassene har ingen direkte kobling til utformingskrav til eksempelvis linjeføring, men jo høyere klasse jo viktigere er vegen i vegsystemet. Derfor har som regel de høyere vegklassene de høyeste kravene til standard og utforming. Vegklassene er også delt opp i ulike ruteklassifiseringer som utgjør et slags hierarki i det australske vegsystemet. Disse ruteklassifiseringene er M, A,

B og C, hvor M er de største og viktigste rutene og C mindre viktige ruter. For vegutformingen er det viktig at hver vegklasse får en mest mulig enhetlig utforming slik at det er lett for trafikantene å skjønne hvilken veg de er på og tilpasser sin adferd deretter.

Det australske dimensjoneringsystemet har ikke definerte standardklasser med gitte verdier til linjeføringsparameterne, men oppgir verdier til linjeføringsparameterne basert på en valgt dimensjonerende fart, eller «design speed». Opptredende sikt, stoppsikt, horisontalkurver, overhøyde og feltbredder er linjeføringsparametere og element som direkte påvirkes av dimensjonerende fart.

I de siste årene har de australske vegnormalene beveget seg bort fra strenge krav til minimumsverdier og gitte standarder til linjeføringen, men ser heller på helheten og sammenhengen mellom de ulike elementene i et veganlegg. Konseptet «Design Domain» fremmer utforming av en passende og kostnadseffektiv vegtrasé for en gitt situasjon, istedenfor å planlegge et veganlegg som baserer seg på verdier fra for eksempel en bestemt dimensjoneringsklasse eller standard. Med «Design Domain» eller utformingsintervall menes at en linjeføringsparameter kan ha verdier innenfor et intervall som vegplanleggere faglig eller erfaringsmessig kan forsvare hvis det skulle bli stilt noen juridiske spørsmål med utforming av et veganlegg. Intervallet en linjeføringsparameter kan ha er delt i to, det normale utformingsintervallet («Normal Design Domain», NDD) og et utvidet utformingsintervall («Extended Design Domain», EDD), dette er illustrert i figur 5.6 på neste side. De nedre delene av utformingsintervallet representerer verdier som vanligvis vurderes som mindre trygge, men også billigere enn den øvre delen av intervallet. Minimumsverdiene som er oppgitt i den australske retningslinjen for vegutforming er verdier for det normale intervallet (NDD-verdier), mens verdier for det utvidede intervallet (EDD-verdier) er angitt i et vedlegg til handboka.

I utformingen av veganlegg skal det hvor det er praktisk mulig benyttes verdier innenfor det normale området (NDD). Brukes verdier utenfor dette området skal dette fravikbehandles av de som administrerer vegen. Generelt bør man også unngå å bruke minimumsverdier.

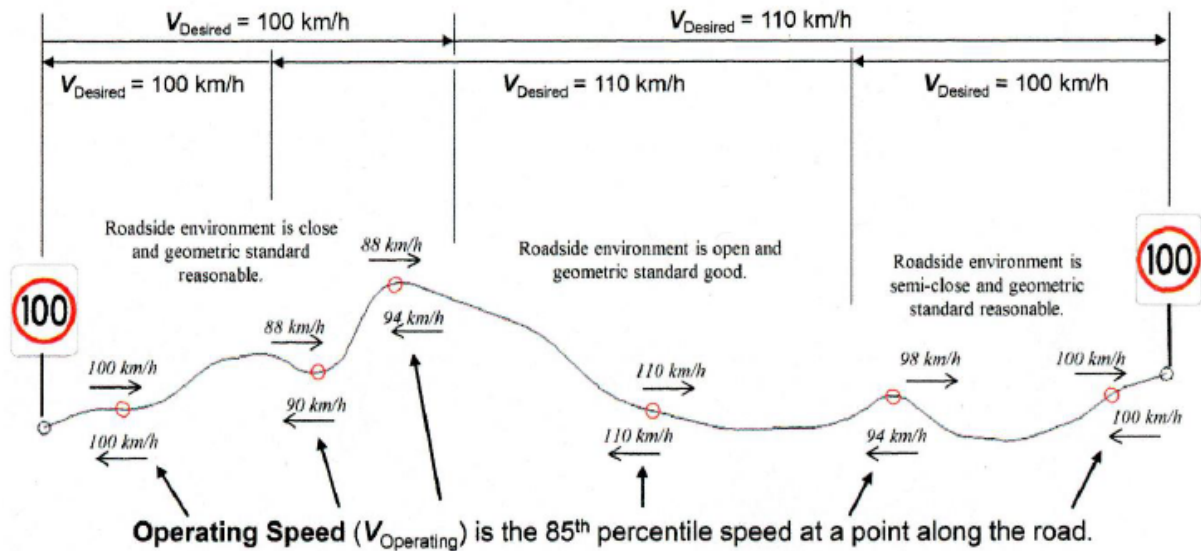


Figur 5.6 Illustrasjon av konseptet med utformingsintervallet eller «Design Domain» (Austrroads, 2016)

Dimensjonerende fart

I Australia er den dimensjonerende farten lik eller større enn den opptredende farten (85 %-fraktilfarten). Figur 5.7 viser sammenhengen mellom de ulike fartsbegrepene som brukes i Australia. Hvordan den blir bestemt varierer med om det er et utbedringsprosjekt eller en ny veg som skal bygges, hvilken vegtype det er og beliggenheten til vegen.

Desired Speed (V_{Desired}) is the speed drivers will adopt or operate at on the less constrained alignment elements of a reasonably uniform section of the road (in free flow conditions).



Design Speed (V_{Design}) is equal to or greater than the Operating Speed for the particular horizontal geometric element and used for the calculation of various geometric design parameters.

$$V_{\text{Design}} \geq [V_{\text{Operating}} = 85^{\text{th}} \text{ Percentile Speed } (V_{85})].$$

Figur 5.7 Sammenhengen mellom ulike fartsbegrepene i Australia (Austroads, 2016)

For veger i tettbygde områder finnes det ingen egnede modeller for å bestemme opptredende fart. I slike områder bør opptredende fart måles der det er mulig, eventuelt kan man bruke en sammenlignbar veg eller strekning. I tettbygde områder kan man erfaringsmessig velge en opptredende fart som ligger 10 km/t høyere enn fartsgrensa for den aktuelle vegen. Dette stemmer godt med trafikantenes ønskede fart for slike veger og sørger for tilstrekkelig sikkerhet i vegutformingene. Tabell 5.18 viser typiske fartsgrenser for ulike vegtyper i tettbygde områder.

Road type	Posted speed limit (km/h)
Freeway	100–110
Dual carriageway with service roads	80–90
Dual carriageway without service roads	60–80
Single carriageway two-way arterial	60–80
Collector roads	50–60
Residential streets	50
One-way service roads	50

Note: Some urban freeways may have a posted speed limit of 80 km/h, either by permanent signs or variable speed limit signs.

Tabell 5.18 Typiske fartsgrenser for ulike vegtyper i tettbygde områder (Austroads, 2016)

For veger i åpent landskap er det to kategorier. Den ene er veger med høy standard og med høy opptredende fart som kan forventes å være lik den ønskede farten til trafikantene. Den andre kategorien er veger hvor den opptredende farten blir begrenset av vegens kurvatur og vil da være lavere enn trafikantenes ønskede fart. Tabell 5.19 viser typiske verdier til ønsket fart og dimensjonerende fart når vegens geometri ikke begrenser farten, og tabell 5.20 viser typiske verdier til ønsket fart når geometrien påvirker farten.

Road type	Proposed speed limit (km/h)	Typical desired speed and design speed (km/h) ⁽¹⁾	Typical minimum radius (m) that will not reduce desired speed ⁽²⁾
Motorways	80	90	450
	100	110	600
	110	120	800
High speed rural roads	100	110	600
	110	120	800
Urban arterial and sub-arterial roads	60	70	200
	70	80	275
	80	90	300

1 For a speed zoned road, desired speed is usually speed limit + 10 km/h.

2 Used for identifying those roads on which vehicle speeds are unaffected by the horizontal alignment. Normally, there should be no curves that require vehicles to operate at less than the desired speed and the minimum preferred radii are greater than these radii.

Tabell 5.19 Typisk ønsket fart på veger med høy standard (Austroads, 2016)

Approximate range of horizontal curve radii (m) ⁽¹⁾	Desired speed (km/h) ^(2, 3) Terrain type			
	Flat	Undulating	Hilly	Mountainous
Less than 75	–	–	75	70
75–300	–	90	85	80
150–500	110	100–110	95	90
Over 300–500	110	110	–	–
Over 600–700	110–120	–	–	–

1 Value selected as representative of the road section's general geometric standard. These are not to be used as design values.

2 Desired speed as a function of overall geometric standard and terrain type. It is the speed regarded as acceptable to most drivers in the particular environment, and represented by the 85th percentile speed on unconstrained sections, e.g. straights, curves with radii well above those listed.

3 On roads with a speed limit < 100 km/h, the desired speed is typically equal to the speed limit + 10 km/h.

Tabell 5.20 Typisk ønsket fart på veger hvor farten blir begrenset av geometrien (Austroads, 2016)

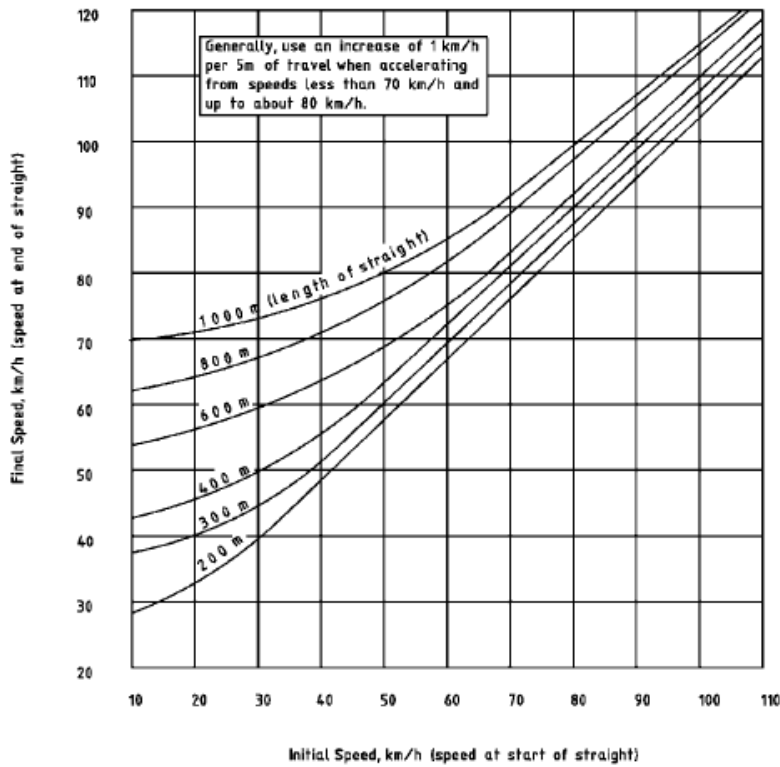
For vegene i åpent landskap hvor vegens horisontalgeometri legger begrensinger på farten er det utviklet en modell som estimerer opptredende fart for ulike seksjoner av vegene. Den opptredende farten vil altså variere på slike veger. En seksjon kan bestå av en enkelt kurve, en serie av like kurver sammenkoblet med korte rettlinjler (< 200 m), en kort rettlinje (< 200 m) eller en kurve med stor radius ($R > 600$ m). Modellen baserer seg på en stort antall trafikkobservasjoner og resultatene fra modellen viser seg å stemme bra med den målte opptredende farten for disse vegene. Modellen baserer seg på tre komponenter ut fra observert data i en seksjon. Disse er den opptredende farten, akselerasjonen på rettlinjler og retardasjonen i kurver. Tabell 5.21 viser opptredende fart for ulike seksjoner, figurene 5.8 og 5.9 på neste side illustrerer henholdsvis akselerasjon på rettlinjler og retardasjon i horisontalkurver.

Range of radii in section (m)	Single curve section radius (m)	Section operating speed (km/h)	Range of radii in section (m)	Single curve section radius (m)	Section operating speed (km/h)
45–65	55	50	180–285	235	84
50–70	60	52	200–310	260	86
55–75	65	54	225–335	280	89
60–85	70	56	245–360	305	91
70–90	80	58	270–390	330	93
75–100	85	60	295–415	355	96
80–105	95	62	320–445	385	98
85–115	100	64	350–475	410	100
90–125	110	66	370–500	440	103
100–140	120	68	400–530	465	105
105–150	130	71	425–560	490	106
110–170	140	73	450–585	520	107
120–190	160	75	480–610	545	108
130–215	175	77	500–640	570	109
145–240	190	79	530+	600	110
160–260	210	82	–	–	–

Note: If the section operating speed shown in this table is greater than the desired speed, the desired speed should be adopted as the section operating speed.

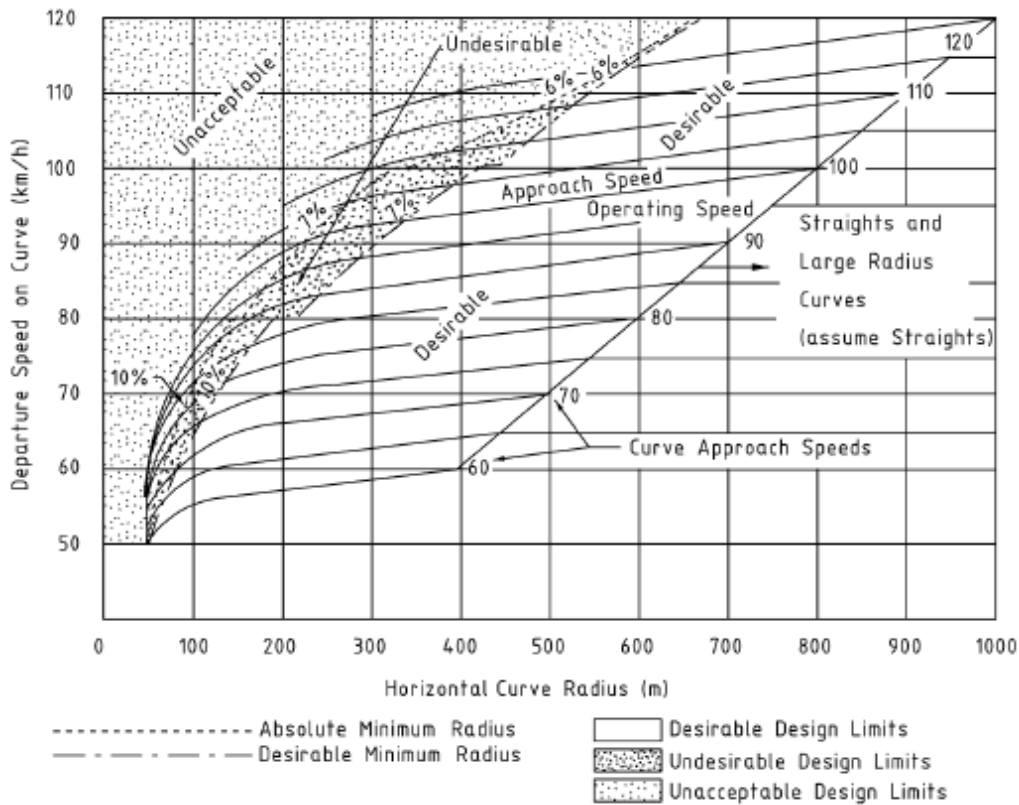
Tabell 5.21 Opptredende farter for ulike seksjoner (Austroads, 2016)

Figur 5.10 viser et praktisk eksempel på hvordan modellen for estimering av opptredende fart utføres for en strekning. Modellen kan benyttes på eksisterende veger og nye veger under prosjektering og det forutsettes at man har en innledende linjeføring som grunnlag. Siden man får den opptredende farten seksjonsvis er det enkelt å avdekke eventuell inkonsistens i linjeføringen, eksempelvis hvis det er for stor differanse mellom to nabokurver. For å sikre en enhetlig linjeføring angir håndboka for geometrisk utforming (del 3 av håndbokserien) en maksimal fartsforskjell man kan ha mellom to elementer i horisontalkurvaturen.

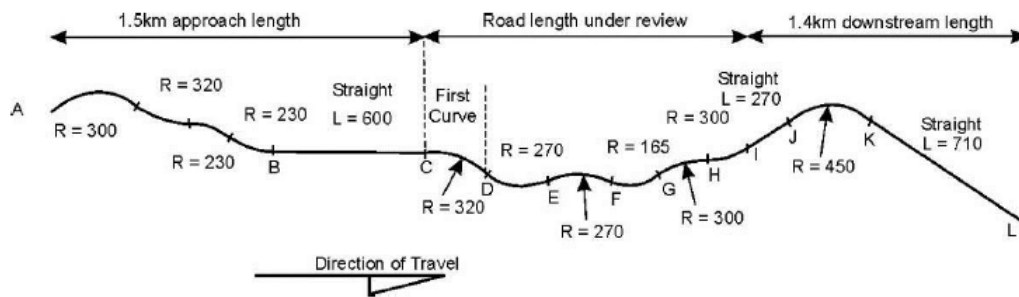


Note: To use the graph, enter the base of the graph at the initial speed of the vehicle, project vertically up to the line representing the length of the straight, then project horizontally left to read the speed at the end of the straight.

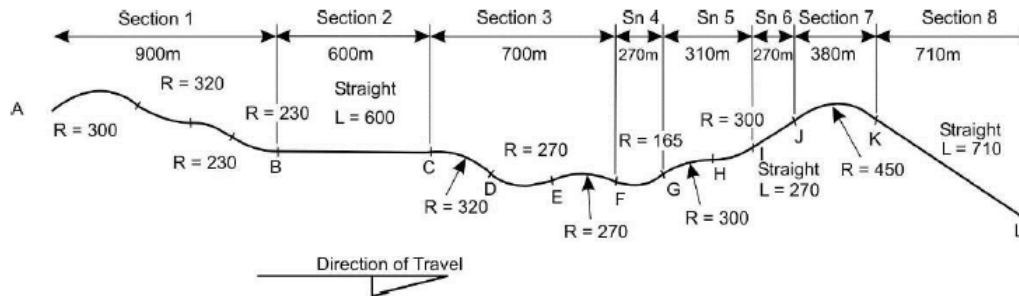
Figur 5.8 Akselerasjon på rettlinjer (Austroads, 2016)



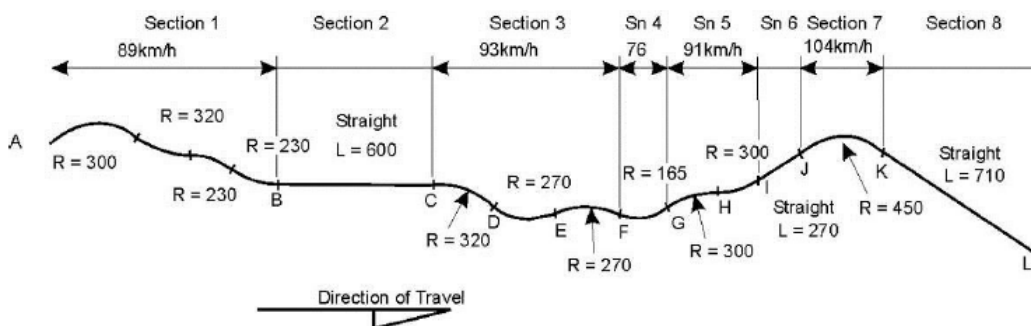
Figur 5.9 Retardasjon i horisontalkurver (Austroads, 2016)



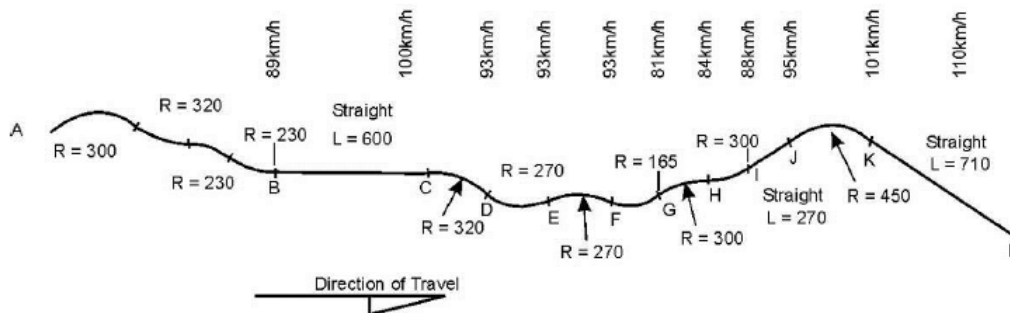
1. Strekningsinformasjon



2. Inndeling i ulike seksjoner



3. Potensielle oppredende fart for ulike seksjonene



4. Estimert oppredende fart langs vegen

Figur 5.10 Praktisk eksempel på estimering av oppredende fart på en vegstrekning (Austroads, 2016)

Minimumskrav

Minimumskravene som oppgis her er kravene som benyttes ved utforming av veger i Australia etter håndboka. Minimumsverdiene til de ulike linjeføringsparameterne blir beregnet ut fra hvilken dimensjonerende fart («Design Speed») som velges. I håndboka gis det minimumskrav for dimensjonerende fart i intervallet 40-130 km/t med 10 km/t inkrement. Denne studien ser i hovedsak på fart for veger i åpent landskap og derfor er det naturlig å ta med linjeføringsparametere for dimensjonerende fart fra 80 km/t og oppover. Et sammendrag av minimumsverdier er vist i tabell 5.22 på neste side.

Horisontalkurvatur beregnes med overhøyde og sidefriksjon som inndata. Verdiene i tabellen nedenfor er beregnet for tverrfall 6 %, da dette er den ønskede maksimumsverdien. Det kan også benyttes 7 % for fart lik 100 km/t eller mindre og 10 % for 80 km/t eller mindre.

Den australske metoden for å beregne stoppsikt bruker reaksjonstid, fart, bremsefriksjon og stigningsgrad som grunnlag. Reaksjonstiden er avhengig av vegtypen og beliggenheten på vegen som planlegges, og verdiene som brukes her er enten 1,5 sekund, 2 sekunder eller 2,5 sekunder. Bremsfriksjonen er lik for alle verdier av dimensjonerende fart, altså en konstant verdi 0,36, men friksjonsverdien kan variere for ulike vegtyper.

Høybrekk bestemmes ut fra to kriterier, estetikk og stoppsikt. Stoppsiktkriteriet gir minimumsverdiene og er dermed mest interessant her. Metoden for å beregne verdier for høybrekk bruker en objekthøyde på 20 cm og en øyehøyde på 1,1 meter. Parameteren blir i håndboka oppgitt som en K-verdi, som er mål på hvor mange meter det tar før stigningsgraden er endret med 1 %. Denne K-verdien har ikke et absolutt forhold til radius, R, som brukes i mange andre land, men noe forenklet kan man si at $R = 100 \cdot K$, noe som gir en omtrentlig korrekt verdi. I tabellen nedenfor er en slik omregning gjort, og minimum høybrekk er oppgitt som radius.

Lavbrekkskurver bestemmes av komfort, sikt ved kjøring i mørke og estetikk. Hvilket krav som gjelder er avhengig av om vegen er belyst og standarden på vegen. Komfortkravet gjelder veger med belysning, og blir satt ut ifra vertikalakselerasjonen. Siktkravet gjelder for veger uten belysning, og blir beregnet ut fra stoppsikt og en tilnærming til hvordan lysene på kjøretøy lyser opp vegen framover. Generelt gir kriteriet om komfort de minste lavbrekkskurvene, sikt ved mørkekjøring gir større verdier og estetikk de største verdiene. Minimumskravet for estetikk gjelder som oftest bare for høystandard veger. For minimum

lavbrekk er også verdien oppgitt som en K-verdi i håndboka, men som ved høybrekk er det her utført en forenklet omregning slik at verdien som er oppgitt i tabellen er minimum radius.

Dim. fart [km/t]	$R_{h, \min}$ *	L_s ***	$R_{v, \min}$ høybrekk	$R_{v, \min}$ høybrekk ****
130	783	257 (275)	14 760	2 700, 4 300, 6 900
120	667	224 (241)	11 220	2 300, 3 700, 6 000
110	529	193 (209)	8 360	1 900, 3 100, 5 100
100	437 (358) **	165 (179)	6 080	1 600, 2 600, 4 200
90	336 (245) **	139 (151)	4 290	1 300, 2 100, 3 500
80	229 (157) **	114 (126)	2 930	1 000, 1 700

* Beregnet for tverrfall 6 %.

** Verdier i parentes er absolutt minimum og kan om nødvendig brukes på veger med lav fart i tettbygde områder eller i kupert terreng. Ønsket verdi er foretrukket.

*** Ønsket minimum for alle vegtyper med reaksjonstid på 2 s (verdier i parentes angir stoppsikt for reaksjonstid på 2,5 s).

**** Første angitte verdi oppfylder komfortkriteriet, andre verdi oppfylder krav til stoppsikt og tredje oppgitte verdi oppfylder krav til estetikk.

Tabell 5.22 Minimumskrav til de viktigste parameterne som er avhengig av farten i australsk vegutforming

Oppsummering og sammenligningsgrunnlag

I Australia er det «Design Speed»-prinsippet som gjelder når vegens geometriske elementer skal dimensjoneres. Denne dimensjonerende farten skal ikke være mindre enn opptredende fart som er angitt til 85 %-fraktilfarten. For veger i tettbebygde områder kan det være vanskelig å observere eller estimere opptredende fart og ofte velges denne til fartsgrensen pluss 10 km/t. For høystandardveger, typisk motorveger, vil opptredende fart være tilnærmet konstant og lik ønsket fart som ifølge håndboka typisk ligger 10 km/t over fartsgrensen. For veger i åpent landskap hvor geometrien er fartsbegrensende kan opptredende fart måles på tilsvarende eksisterende veger eller det kan benyttes en modell for estimering av opptredende fart for de ulike seksjonene av vegen. For disse vegene vil da dimensjonerende fart variere for ulike elementer på strekningen. Selv om dimensjonerende fart kan variere settes det krav til en enhetlig og konsistent linjeføring. Veger skal ikke utformes slik at en skarp horisontalkurve dukker opp som en overraskelse for trafikantene, for eksempel skal en overgang fra en god linjeføring i åpent terreng til en mer begrenset linjeføring i kupert terreng utføres gradvis.

Selv om de australske håndbøkene er omfattende er det et godt system for å finne og beregne verdier til de ulike linjeføringsparameterne for ulike dimensjonerende fart.

For bruk med norske metoder for utregning av linjeføringsparametere kan man for motorveger og andre veger med høy standard hvor geometri ikke vil begrense opptredende fart på vegen bruke den observerte 85 %-fraktilfarten direkte som dimensjonerende fart. Dette vil være tilfelle for norske motorveger med 100 og 110 km/t, og de fleste veger i Norge med 90 km/t da disse stort sett har en gjennomgående god standard. Hvis man ikke har observasjoner av opptredende fart eller disse høystandardvegene ligger i tettbygde områder, ville man ha benyttet den aktuelle fartsgrensen pluss et fartstillegg på 10 km/t som dimensjonerende fart som utgangspunkt.

For andre veger i åpent landskap hvor vegens geometri ofte begrenser den opptredende farten ville hver enkelt seksjon (del av vegstrekning med lik linjeføring) fått en egen dimensjonerende fart. Dette vil ikke være mulig å gjøre med fartsobservasjoner som denne studien har tilgjengelig, da disse stort sett er fra strategiske punkter langs vegen (eksempelvis rettlinj) hvor man prøver å tilnærme seg ønsket fart. For disse vegene kunne man ha

benyttet modellen som estimerer opptredende fart, og dermed bestemt dimensjonerende fart for de ulike seksjoner.

I den videre sammenligningen med andre land kan man i denne oppgaven altså enten benytte den stedlige fartsgrensen med et fartstillegg på 10 km/t eller bruke 85 %-fraktilen direkte som den dimensjonerende farten. Siden 85 %-fraktilen likevel vil bli benyttet selvstendig i beregningen av parametere, velges det for Australia og benytte metoden med fartsgrense pluss 10 km/t for å finne dimensjonerende fart.

6 Friksjon

I dette kapitlet beskrives ulike metoder for bestemmelse av friksjon som brukes i dimensjonering av veger. For å gjøre dette blir det her foretatt en gjennomgang av funn i litteraturstudie med hvilke metoder Norge og 6 andre land bruker for å komme fram til deres friksjonsverdier, og hvordan friksjon benyttes ved utregningen av utvalgte sentrale linjeføringsparametere. For noen land oppgis det kun hvilke verdier som benyttes mens enkelte land oppgir formler, utregning og annen bakgrunnsinformasjon, og omfanget som blir beskrevet fra hvert land er derfor forskjellig.

Målet med kapitlet er å finne ut hvilke metoder for bestemmelse av friksjon og hvilke friksjonsverdier som benyttes i Norge og i de seks andre landene som studeres. I sammenligningskapitlet (kap. 7) oppsummeres og sammenlignes de ulike friksjonsverdiene med hverandre og hvilke konsekvenser bruk av de ulike verdiene for friksjon har for ulike linjeføringsparametere.

6.1 Norge

Grunnlag for valg av friksjon

Friksjonsverdiene som brukes ved dimensjonering av veger i Norge tar utgangspunkt i totalfriksjon f_t , som er den totale friksjon mellom kjøretøyets hjul og vegdekke. Denne verdien er hentet fra målinger som er utført på norske veger som gitt i Evensen, 2014, og her benyttes 95 %-fraktilen. Det vil si at 95 % av målingene har en lik eller bedre/høyere friksjonskoeffisient enn den dimensjonerende verdien. Disse målingene er utført ved våt og bar kjørebane med asfaltdekke da dette er de dimensjonerende overflateforholdene i Norge. Verdien for totalfriksjonen varierer med ulik fartsgrense og i Evensen, 2014 er sammenhengen mellom friksjon og fart funnet til $f_t = 3,231 * V^{-0,382}$ for 95 %-fraktilen. Totalfriksjonen fordeles med en radiell verdi, sidefriksjon f_k , og en tangentiell verdi, bremsefriksjon f_b . Denne fordelingen gjøres ved at sidefriksjonen fordeles med en prosentvis andel av totalfriksjon som vist i tabell 6.1 under, og deretter regnes bremsefriksjon ut ved hjelp av Pytagoras' setning, formelen $f_t^2 = f_k^2 + f_b^2$.

Fartsgrense [km/t]	80	90	100	110
Andel sidefriksjon	0,3398	0,2998	0,2596	0,2063

Tabell 6.1 Andel av totalfriksjon som benyttes til sidefriksjon ved beregning i Norge

Friksjonsverdier

Friksjon brukes i Norge for å regne ut minimum horisontalkurveradius (som igjen bestemmer tverrfallet på vegen) og stoppsikt lengden, som også videre bestemmer minimum vertikalkurveradier. De ulike friksjonsverdiene varierer med hvilken fartsgrense som skal være på vegen, som tabell 6.2 på neste side viser. Røde tall er friksjonsverdiene som benyttes som grunnlag i 2018-utgaven av N100. I den nye håndboka dimensjoneres nye veger med fartsgrensene 60, 80, 90 og 110 km/t. Det er ikke gitt i grunnlaget for friksjon om verdien som brukes er den opptredende ved akkurat denne tilhørende farten, eller om det er beregnet en gjennomsnittlig friksjonsverdi fra denne fartsgrensen og ned til 0 km/t (full stopp) for beregning av stoppsikt. Siden sidefriksjonen må betraktes ved én fart (tilhørende fartsgrense) og total- og bremsefriksjon bruker det samme tallgrunnlaget tolkes det slik at verdiene som

brukes for bremsefriksjonen også er den opptredende verdien ved den tilhørende fartsgrensen (altså ikke et gjennomsnitt fra fartsgrense til 0 km/t).

Fartsgrense [km/t]								
	40	50	60	70	80	90	100	110
f_t	0,77	0,69	0,63	0,59	0,55	0,52	0,49	
f_t (ny)	0,638	0,575	0,528	0,491	0,462	0,437	0,416	0,398
f_k	0,30	0,27	0,23	0,22	0,19	0,16	0,13	
f_k (ny)	0,249	0,224	0,195	0,182	0,157	0,131	0,108	0,082
f_b	0,70	0,63	0,59	0,54	0,52	0,49	0,47	
f_b (ny)	0,588	0,529	0,490	0,456	0,434	0,416	0,401	0,389

Tabell 6.2 Ulike verdier for friksjon som brukes i 2018-utgaven av N100/V120 (Eggen, 2016)

Ved fartsgrense 90, 100 og 110 km/t benyttes det i beregningene en sikkerhetsfaktor på 1,1 for friksjonen, siden det er en liten usikkerhet ved målingene som er utført. For 80 km/t og lavere settes sikkerhetsfaktoren til 1,0. For å få den dimensjonerende friksjonsverdien må den målte friksjon fra figuren ovenfor deles på sikkerhetsfaktoren. Disse dimensjonerende friksjonsverdiene er gitt i tabell 6.3, og brukes videre i sammenligningen mot andre land.

Fartsgrense [km/t]	Sidefriksjon, f_k	Bremsefriksjon, f_b
110	0,075	0,354
100	0,098	0,365
90	0,119	0,378
80	0,157	0,434

Tabell 6.3 Bremse- og sidefriksjon fra 2018-utgaven av N100

Friksjonsverdier i 2014-utgaven av håndbøkene

Ved bruk i sammenligningen av friksjonsverdier tas det også med verdier satt i 2014-utgaven av N100/V120. Verdiene som da ble benyttet er fra 85 %-fraktilen av utførte målinger, og er oppsummert i tabell 6.4, sammen med verdier som brukes i rundskriv 2015/2 for motorveg med fartsgrense 110 km/t.

Friksjon	Fartsgrense [km/t]			
	80	90	100	110
f_t	0,55	0,52	0,49	0,40
f_k	0,19	0,16	0,13	0,08
f_b	0,52	0,49	0,47	0,39

Tabell 6.4 Totalfriksjon, sidefriksjon og bremsefriksjon som brukes i 2014-utgaven av N100

For å finne den dimensjonerende friksjonen benyttes det her en sikkerhetsfaktor ved alle fartsgrenser, men hvor stor denne er varierer med fartsgrensen samt ved 80 km/t også med hvilken vegklasse det dimensjoneres for. For vegklassene H4 og H7 benyttes en sikkerhetsfaktor på 1,50, for vegklasse H2 benyttes sikkerhetsfaktor 1,25 og for øvrige hovedveger (Hv.Ø) benyttes sikkerhetsfaktor 1,1. Ved å dele verdiene ovenfor på sikkerhetsfaktoren får man verdiene for friksjon som brukes ved beregning, og disse er gitt i tabell 6.5 og kan brukes ved sammenligning med andre land.

Fartsgrense [km/t]	Sikkerhetsfaktor	Sidefriksjon f_k	Bremsefriksjon f_b
110	1,3	0,063	0,3
100	1,75	0,07	0,27
90	1,5	0,10	0,33
80*	1,50 / 1,25 / 1,10	0,12 / 0,15 / 0,17	0,34 / 0,41 / 0,47

*Gitt for vegklassene H4 og H7 / H2 / Hv.Ø.

Tabell 6.5 Friksjonsverdiene som brukes ved beregning av parametere i 2014-utgaven av N100

6.2 Sverige

Grunnlag for valg av friksjon

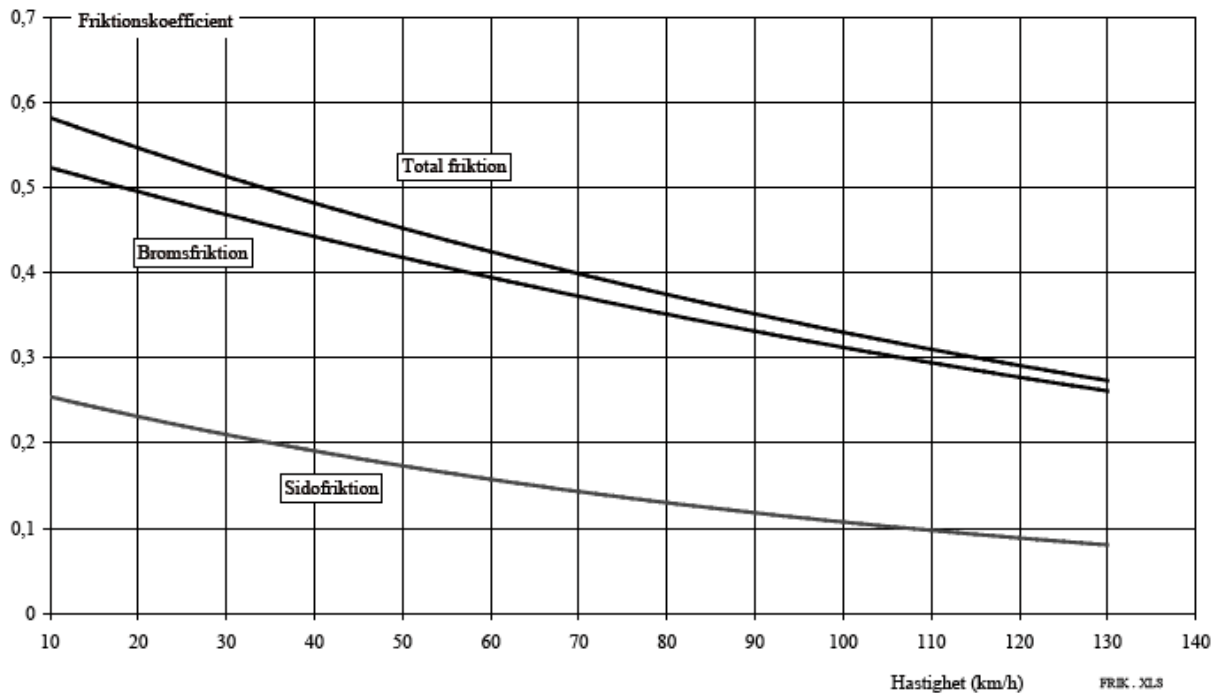
Ved planlegging av veger i Sverige brukes friksjon for å bestemme krav til horisontalkurve, lengdefall og tverrfall (resulterende fall) og sikt, som videre er bestemmende for krav til vertikalkurvaturen. Den totale friksjon (totalfriksjon) mellom hjul og vegbane deles opp etter hvilken parameter det beregnes for, der sidefriksjonen f_k er den radielle delen av totalfriksjon som utnyttes ved kjøring i kurve, mens bremsefriksjonen f_b er den tangentielle delen som utnyttes ved bremsing.

Friksjonsverdier

I de svenske håndbøkene oppgis de ulike verdiene for friksjon både ved formel, figur (figur 6.1 under) og for bremsefriksjonsverdiene også i tabell. Disse verdiene varierer kun med hvilken fart V en dimensjonerer for, og det er her den dimensjonerende farten som benyttes. Etersom det i noen tilfeller brukes et fartstillegg ved utregningen av friksjon, som nevnt i kapittelet om dimensjonerende fart i Sverige, gjør det at formel og figur ikke nødvendigvis stemmer overens.

I tillegg er resultatene man får fra figuren og fra formlene den friksjonen som er opptredende ved akkurat denne farten. I beregninger av linjeføringsparametere brukes en friksjonsverdi som er gjennomsnittet av friksjonen fra en fart V_1 til en annen fart V_2 . Denne gjennomsnittsverdien vil da kunne gi en høyere verdi enn figuren under og formlene.

Verdiene for totalfriksjonen kan enten finnes i figur 6.1, eller ved hjelp av formel. Denne formelen er $f_t = 0,62 * e^{-0,0063V}$, der V er dimensjonerende fart. I følge håndboka skal disse verdiene tilsvare 2/3 av målte verdier på veger med nylagte vegdekker med gode dekk, våt overflate og låste hjul.



Figur 6.1 Totalfriksjon, bremsefriksjon og sidefriksjon ved den aktuelle fart. (Trafikverket, 2015b)

Sidfriksjon brukes i Sverige for utregning av minimum horisontalkurvatur.

Verdiene for sidefriksjon finnes enten omtrentlig i figuren over eller nøyaktig ved bruk av formelen $f_k = 0,28 * e^{-0,0096 * V}$. I tabell 6.6 er utregnede verdier fra denne formelen oppgitt. For beregninger av horisontalkurvatur er farten V konstant, og figuren og formlene stemmer derfor overens.

I Sverige benyttes verdien for sidefriksjon som er knyttet til den dimensjonerende farten, det vil si at for eksempel for en veg med fartsgrense 110 km/t er dimensjonerende fart 120 km/t (fra kap. 5.2), og da brukes friksjonsverdien knyttet til 120 km/t. Siden dette skal sammenlignes med andre verdier, bl.a. Norge som knytter sin verdi direkte til fartsgrensen, tas det videre med to verdier for Sverige: En verdi for sidefriksjon ved bruk av dimensjonerende fart (inkl. fartstillegg) som V og en med bruk av fartsgrensen direkte som V, slik det gjøres i Norge.

Bremsefriksjon brukes for å beregne stoppsikt lengder, som videre benyttes for beregning av minimum vertikalkurvatur.

For å finne verdien for bremsefriksjon kan man benytte figuren over, en formel for

bremsefriksjon eller verdier oppgitt i tabell i håndboka. Tabellen er den eneste som oppgir verdien for bremsefriksjon ved nedbremsing fra V til 0 km/t, altså full stopp, som er verdien brukt ved dimensjonering. Det er også oppgitt en formel for bremsefriksjon, $f_b = 0,55 * e^{-0,0057*V}$, men her finnes verdien for bremsefriksjon ved nedbremsing på 10 km/t. Dette gjelder også verdiene som er gitt i figuren over. Verdiene som er oppgitt i tabell 6.6 og som benyttes videre er derfor verdiene som er gitt fra tabell i VGU ved nedbremsing til full stopp. Ved beregninger benyttes det i Sverige både et minimumskrav og et ønsket krav, der det, som beskrevet i kap 5.2, ikke er fartstillegg for minimumskravene, noe som gjør at dim. fart V i funn av friksjon i tabellen er lik fartsgrensen (slik det også gjøres i Norge). Ved ønsket krav er det foruten om ved VR120 et fartstillegg på 10 km/t som er brukt ved funn av friksjon i tabellen i VGU.

Ved bruk av svenske verdier for friksjon ved norske dimensjoneringsmetoder benyttes tabell 6.6. Dersom man beregnes totalfriksjonen med Pytagoras' setning vil man få en del høyere verdier enn den oppgitte formelen for totalfriksjon gir. Dette kommer som tidligere nevnt av at verdiene for bremsefriksjon i tabellen nedenfor er en gjennomsnittverdi fra V til 0 km/t.

Referanse- hastighet, VR (fartsgrense)	Sidefriksjon, f_k		Bremsefriksjon, f_b	
	Fartsgrense som V	Svensk dim. fart som V	Minimumskrav ny veg	Ønsket krav, ny veg
120	0,088	0,080	0,34	0,34
110	0,097	0,088	0,36	0,34
100	0,107	0,097	0,37	0,36
90	0,118	0,107	0,39	0,37
80	0,130	0,118	0,41	0,39
60	0,157	0,157	0,44	0,42

Tabell 6.6 Dimensjonerende friksjonsverdier i Sverige

6.3 Danmark

Grunnlag for valg av friksjon

Friksjon brukes i beregninger av krav som settes til horisontalkurvatur, overhøyde, stoppsikt som igjen gir krav til vertikalkurvatur. Totalfriksjonen betegnes som et mål på motstanden mellom hjul og vegdekke, og brukes for å videre beregne sidefriksjonen og bremsefriksjonen. Totalfriksjonen er bestemt ved målinger på våt og ren vegbane.

Friksjonsverdier

Totalfriksjonen er ut i fra målinger bestemt til en fast verdi på 0,377. Ved formelen $g_d = f_{tot} * g$ kan man finne retardasjonen g_d ut i fra den målte totalfriksjonen f_{tot} og tyngdeakselerasjonen g . Denne blir da $3,7 \text{ m/s}^2$, noe som ifølge håndboka stemmer overens med verdier som brukes i Tyskland.

For å finne sidefriksjonen, f_k , benyttes en formel hentet fra den amerikanske håndboka, «Green Book» skrevet av AASHTO. Formelen her oppgis som $f_k = 0,28 * e^{-0,0096*V}$, der V er farten.

Ved bremsefriksjon skilles det på verdier som benyttes i kurver og det som benyttes på rettstrekninger. På rettstrekninger antas andelen som benyttes til sidefriksjon som liten (neglisjerbar) og derfor benyttes verdien for totalfriksjon på 0,377 til å være lik bremsefriksjon konstant for alle verdier av dimensjonerende fart.

Ved beregning av bremsefriksjon i kurver benyttes verdiene for totalfriksjon og sidefriksjon i Pytagoras' setning. Formelen som brukes for dette er $f_{tot}^2 = f_k^2 + f_b^2$. Siden totalfriksjonen er konstant og sidefriksjonen øker ved minkende hastighet fører det til at bremsefriksjonen øker ved økende hastighet.

Verdiene for sidefriksjon og bremsefriksjon er oppgitt i tabell i håndboka og er også utregnet her ved hjelp av ovennevnte formler og oppsummert for dimensjonerende fart 80 til 130 km/t i tabell 6.7 på neste side.

Dim. fart [km/t]	Friksjonsparameter		
	Sidefriksjon f_k	Bremsefriksjon f_b , i kurver	Bremsefriksjon f_b , på rettstrekninger
130	0,080	0,368	0,377
120	0,088	0,367	0,377
110	0,097	0,364	0,377
100	0,107	0,361	0,377
95	0,112	0,360	0,377
90	0,118	0,358	0,377
80	0,130	0,354	0,377

Tabell 6.7 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon i Danmark

Disse verdiene brukes videre i sammenligningen med andre land, da med bruk av bremsefriksjon på rettstrekninger for sammenligning med andre land for å få like forutsetninger her.

Siden den dimensjonerende farten som brukes for beregning av minimum horisontalkurvatur i Danmark er lik fartsgrensen som forklart i kap. 5.3, er det ikke nødvendig med to verdier for Danmark for sidefriksjon ved forskjellig dimensjonerende fart.

6.4 Storbritannia

Bakgrunn for valg av friksjon

I håndbøkene i Storbritannia nevnes ikke friksjon i bestemmelsen av krav til utforming av veier. Verdiene for minimumsparameterne til horisontalkurve, tverrfall, stoppsikt, reaksjonstid og dimensjonerende fart er gitt, og disse verdiene brukes her til å regne ut hvilke friksjonsverdier som må brukes for å få tilsvarende verdier ved bruk av norske formler.

Friksjonsverdier

I formelen for minimum horisontalkurve i den britiske håndboka er kun fart og tverrfall med som variabler, det vil si at friksjon ikke er med som en parameter i formelen for utregning. Verdiene for sidefriksjon finnes derfor ved å benytte formelen for minimum horisontalkurve som er gitt i norske V120, og ved å bruke verdiene for horisontalkurvatur R, tverrfall e og hastighet V fra Storbritannia. Denne løses da med hensyn på sidefriksjonen, som gir formelen

$f_k = \frac{v^2}{127 * R} - e$. I tabellen med minimumsverdier i den britiske håndboka er det gitt flere minimumsverdier for horisontalkurver for den samme dimensjonerende farten ved bruk av forskjellig tverrfall. Ved beregning kan man se at verdien for friksjon blir forskjellig for disse kurvene. I denne oppgaven er det valgt å benytte verdiene knyttet til minimumsverdien i tabellen, der det er gitt et tverrfall på 5 %. Det vil si at det også sees bort i fra verdier der man kan lempe på kravene, uten at det må søkes fravik fra håndboka.

Når dette regnes ut med formelen oppgitt ovenfor gir dette en sidefriksjon som er lik for alle hastigheter med dette tverrfallet. Sidefriksjon blir da $f_k = \frac{120^2}{127 * 1020} - 0,05 = 0,06$.

For å finne verdien for bremsefriksjon kan man på samme måte som for sidefriksjonen benytte formelen for minimum stoppsiktlengde som er gitt i norske V120, og skrive denne om med hensyn på bremsefriksjon. Formelen blir da $f_b = \frac{v^2}{254,3 * (L_s - 0,278 * t_r * v)}$, der V er hastighet, L_s er stoppsiktlengden og t_r er reaksjonstiden som brukes i den britiske håndboka. Også for stoppsikt er det gitt et minimumskrav og et absolutt minimumskrav ved lemping av det forannevnte kravet. Det er valgt også her å kun benytte verdier for minimumskravet, som er den verdien som myndigheter ønsker at skal benyttes.

Også ved beregning av bremsefriksjon blir denne konstant ved de forskjellige hastighetene.

Verdien på bremsefriksjonen blir da $f_b = \frac{120^2}{254,3*(295-0,278*2*120)} = 0,25$.

Denne verdien blir også bekreftet i «Sight distance and horizontal curve aspects in the design of road tunnels vs. highways(2015)», der retardasjonen oppgis til 0,25g som gir en bremsefriksjon på 0,25.

Verdiene for friksjon som gir de britiske tallene for minimum horisontalkurve og stoppsikt lengder er oppsummert for de tre verdier av dimensjonerende fart i tabell 6.8 under. Disse verdiene kan benyttes i sammenligningen med andre land. Siden verdiene er konstant og uavhengig av farten kan disse verdiene benyttes ved for alle verdier for dimensjonerende fart mellom 80 – 120 km/t i sammenligningene.

Dimensjonerende fart [km/t]	Sidefriksjon, f_k	Bremsefriksjon, f_b
120	0,06	0,25
100	0,06	0,25
85	0,06	0,25

Tabell 6.8 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon i Storbritannia

6.5 Tyskland

I den tyske vegnormalen for motorveger dette arbeidet har hatt tilgang til finnes friksjonsverdier for ulike dimensjonerende fart, men det finnes ingen dokumentasjon eller bakgrunn for valg av disse verdiene.

I Tyskland benyttes radiell friksjon i formel til å beregne horisontale kurver. Til å beregne stoppsikt bruker Tyskland en konstant retardasjon for alle verdier for fart i stedet for en bremsefriksjonskoeffisient som varierer med dimensjonerende fart.

Sidefriksjon

For å forklare hvordan sidefriksjon benyttes i beregning av horisontale kurver for tyske motorveger tas det utgangspunkt i deres formel for minste horisontalkurve:

$$\text{Minimum horisontalkurve: } \min R = \frac{V^2}{3,6^2 \cdot g \cdot (\max f_R \cdot n + q)} = \frac{V^2}{127 \cdot (\max f_R \cdot n + q)}$$

hvor

$\max f_R$	maksimal radiell friksjonskoeffisient, $\max f_R = 0,925 \times \max f_T$ [-]
n	utnyttelseskoeffisient (utnyttelse av maksimal radiell friksjonskoeffisient) [-] $n = 0,4$ for fri vegstrekning $n = 0,5$ for fartsendringsfelt og ramper i kryssområder
V	dimensjonerende fart [km/t]
q	overhøyde [m/m]

Dette er lik den norske metoden hvor « $\max f_R \cdot n$ » er sammenlignbar med sidefriksjon, f_k , i den norske formelen. Den tyske radielle friksjonen, eller sidefriksjonen, beregnes som 40 prosent av den tangentiell friksjonen for frie vegstrekninger og 50 prosent av tangentiell friksjon for fartsendringsfelt og ramper i kryssområder. Til sammenligning gjør man i Norge en betraktning at sidefriksjonen avhengig av fart er en viss andel av totalfriksjonen.

I den tyske håndboka er det satt opp en tabell med ulike friksjonsverdier. Disse verdiene er gjengitt i tabell 6.9 på neste side. $f_T(\text{SRM}_{1980})$ og μ_{SKM80} er trolig to forskjellige målemetoder

eller prinsipper for bestemmelse av friksjon. Den tangentielle friksjonen, $f_{T, RAA}$, som maksimal radiell friksjon, $\max f_R$, bestemmes fra, er igjen en andel av friksjonsverdien μ_{SKM80} som er metoden som i dag benyttes i Tyskland for å måle friksjon.

V	$f_T(SRM_{1980})$	μ_{SKM80}	$f_{T, RAA}$
30	0,51	0,52	0,45
40	0,46	0,47	0,41
50	0,41	0,44	0,38
60	0,36	0,41	0,36
70	0,32	0,39	0,34
80	0,29	0,37	0,32
90	0,25	0,35	0,30
100	0,23	0,33	0,29
120	0,19	0,30	0,27
130	0,18	0,29	0,25

$f_T(SRM_{1980})$ tangentiell friksjonskoeffisient, målt med SRM (1980)

μ_{SKM80} friksjonskoeffisient, målemetode SKM 80km/t, grenseverdi i samsvar med M BGriff

$f_{T, RAA}$ tangentiell friksjonskoeffisient, RAA designprinsipper
($f_{T, RAA} = 0,877 \times \mu_{SKM80}$)

Tabell 6.9 Tyske tangentielle friksjonskoeffisienter

Oppsummert ser den tyske metoden for å bestemme minste horisontale kurver slik ut:

$$\min R = \frac{v^2}{127 \cdot (\mu_{SKM80} \cdot 0,877 \cdot 0,925 \cdot 0,4 + q)}$$

Bremsefriksjon

I Tyskland brukes ikke bremsefriksjon direkte ved utregning av stoppsikt. I stedet benyttes bremseretardasjon, og verdien for denne retardasjonen holder de konstant uansett dimensjonerende fart. Metoden for beregning av stoppsikt er i utgangspunktet lik den vi benytter i Norge og formelen er vist på neste side:

Stoppesikt: $S_h = S_1 + S_2$

$$S_1 = \frac{V}{3,6} \cdot t_R$$

$$S_2 = \frac{\left(\frac{V}{3,6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot \left(f_T + \frac{s}{100\%}\right)} = \frac{\left(\frac{V}{3,6}\right)^2}{2 \cdot \left(a + g \cdot \frac{s}{100\%}\right)}$$

hvor

g tyngdeakselerasjon, $g = 9,81 = \text{konstant [m/s}^2\text{]}$

a overførbare bremseretardasjon (oppbremsing uten ABS, gjennomsnittlig bremseretardasjon, $a = 3,7 = \text{konstant, } a = f_T \times g \text{ [m/s}^2\text{]}$

f_T tangentiell friksjonskoeffisient [-]

V dimensjonerende fart [km/t]

t_R reaksjonstid [s]

Ut fra dette ser man at f_T er lik bremsefriksjonen, f_b , i den norske metoden. Siden Tyskland bruker en konstant retardasjon på $3,7 \text{ m/s}^2$ i sin metode, kan denne gjøres om til en sammenlignbar bremsefriksjon slik: $f_b = a / g = 3,7 / g = 0,377$.

Som nevnt finnes det ingen dokumentasjon på hvordan og hvorfor de i Tyskland velger en betraktning av retardasjon i stedet for å benytte en friksjonskoeffisient. Enten er det en vurdering lik det som er gjort i USA og studert oppbremsingsfasen ved stopp for et uventet objekt og da landet på en gjennomsnittlig retardasjon på $3,7 \text{ m/s}^2$ som er noe høyere enn USAs verdi på $3,4 \text{ m/s}^2$. Alternativt er det vurdert en gjennomsnittlig verdi for bremsefriksjon, og på bakgrunn av erfaring og observasjoner funnet en verdi som gir de ønsket sikkerhetsmargin i forhold til trafiksikkerhet. Man kan se at friksjonsmålingene med metoden μ_{SKM80} er $0,37$ ved 80 km/t er veldig nær det bremsefriksjonen blir ved en retardasjon på $3,7 \text{ m/s}^2$.

Oppsummering og bruk i norske beregninger

Ved bruk av tyske friksjonsverdier i norske dimensjoneringsmetoder brukes tallene oppgitt i tabell 6.10 nedenfor. Disse verdiene vil være sammenlignbare med veger med motorvegstandard.

Ettersom det ikke ble funnet en sammenlignbar dimensjonerende fart i kap. 5.5 som kunne benyttes i sammenligningene, er sidefriksjonen kun knyttet opp mot den dimensjonerende farten direkte.

Dimensjonerende hastighet [km/t]	Sidefriksjon, f_k^*	Bremsefriksjon, f_b
130	0,094	0,377
120	0,097	0,377
110	0,101**	0,377
100	0,107	0,377
90	0,114	0,377
80	0,120	0,377

* $f_k = \mu_{SKM80} \cdot 0,877 \cdot 0,925 \cdot 0,4$

** Interpolert verdi, siden det ikke er oppgitt en verdi for 110 km/t i tyske retningslinjer.

Tabell 6.10 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon for tyske motorveger

6.6 USA

Bakgrunn for valg av friksjon

Ved planlegging av veger i USA brukes friksjon for å bestemme krav til horisontalkurve og tverrfall. Formelen som er bakgrunnen til verdiene er brukt i flere andre håndbøker, bl.a. Danmark, men denne formelen for sidefriksjon er ikke funnet her og derfor ikke gjengitt. Retardasjon, r , benyttes for beregning av stoppsikt og medfølgende krav til sikt i vertikalkurvatur.

Friksjonsverdier

Verdiene for sidefriksjon gis i tabell sammen med tverrfall og utregnet minimum horisontalkurveradius. Verdien varierer kun etter den dimensjonerende farten V , og er gjengitt i tabell 6.11 under. Ved kjøring i kurve benyttes maks sidefriksjon f_k ved beregning av minimum horisontalkurve og/eller maks tverrfall.

Bremsefriksjon benyttes ikke direkte i formelen for beregning av stoppsikt, men i stedet benyttes retardasjon, r . Retardasjonen settes konstant til $3,4 \text{ m/s}^2$, og dette er en verdi som skal innfris i de fleste tilfeller ved nedbremsing og som også vanligvis er komfortabelt for personene i kjøretøyet. Det vil altså si at det ikke differensieres etter den dimensjonerende farten til kjøretøyene. Grunnlaget for denne vurderingen er hentet fra Fambro et al. (1997), som sier at cirka 90 % av alle førere velger retardasjon større enn $3,4 \text{ m/s}^2$ ($0,347 \cdot g$), og regnes som en komfortabel retardasjon for de fleste førere. Ved denne retardasjonen klarer bilførere å holde kjøretøyet i sitt kjørefelt og opprettholde styring ved oppbremsing på våte vegdekker.

For å beregne hvilken bremsefriksjon denne retardasjonen tilsvarer benyttes formelen $r = g \cdot f_b$ (der g er tyngdeakselerasjonen). Verdien for bremsefriksjon blir da $0,347$, og denne benyttes ved alle verdier for fart.

Ved bruk av verdier fra USA for friksjon ved norske dimensjoneringsmetoder benyttes tabell 6.11. Ettersom det ikke ble funnet en sammenlignbar dimensjonerende fart i kap. 5.6 som kunne benyttes i sammenligningene, er sidefriksjonen kun knyttet opp mot den dimensjonerende farten direkte.

Dimensjonerende fart [km/t]	Sidefriksjon, f_k	Bremsefriksjon, f_b
130	0,08	0,347
120	0,09	0,347
110	0,11	0,347
100	0,12	0,347
90	0,13	0,347
80	0,14	0,347

Tabell 6.11 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon i USA

6.7 Australia

I Australia benyttes sidefriksjon som grunnparameter til å beregne horisontale kurver og for bestemmelse av stoppsikt bruker de en retardasjonskoeffisient.

Sidefriksjon

I Australia benyttes samme metode som gjøres i Norge for å bestemme horisontale kurver, formelen er vist nedenfor:

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (e + f)}$$

hvor

V dimensjonerende fart [km/t]

e overhøyde [m/m]

f sidefriksjonskoeffisienten [-]

Verdiene til sidefriksjonskoeffisienten som benyttes i Australia er basert på australske og utenlandske studier på friksjon, og resultatet av dette arbeidet er at de i australsk vegutforming bruker to verdier for sidefriksjon, en ønsket maksimal verdi og en absolutt maksimal verdi. Disse verdiene er vist i tabell 6.12 under.

Operating speed (km/h)	Cars	
	Des max	Abs max
40	0.30	0.35
50	0.30	0.35
60	0.24	0.33
70	0.19	0.31
80	0.16	0.26
90	0.13	0.20
100	0.12	0.16
110	0.12	0.12
120	0.11	0.11
130	0.11	0.11

Tabell 6.12 Australske verdier for sidefriksjonskoeffisienten (Austroads, 2016)

Den ønskede maksimale verdien skal benyttes på veger med fartsnivå 70 km/t eller høyere og hvor trafikkstrømmen er jevn. På veger med lavt fartsnivå, 60 km/t eller mindre, kan absolutt maksimal sidefriksjonsverdi benyttes. Slike veger kan være veger i tettbygde strøk eller veger i kupert terreng. Selv om det tillates bruk av større friksjonsverdier for veger med lavere standard anbefales det å bruke de ønskede maksimale verdiene hvor det er mulig. På bakgrunn av dette tas bare de ønskede maksimale for sidefriksjon med videre i sammenligningen.

Bremsefriksjon

I Australia benytter de en retardasjonskoeffisient når de beregner stoppsikt. De omtaler også denne som en tangentiell friksjonsfaktor. Denne retardasjonskoeffisienten er konstant uansett dimensjonerende fart. Den australske formel for å beregne stoppsikt er vist under, og denne er tilsvarende den norske metoden.

Formel for stoppsikt:

$$SSD = \frac{R_T \cdot V}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (d + 0,01 \cdot a)}$$

hvor

R_T reaksjonstid [s]

V dimensjonerende fart [km/t]

d retardasjonskoeffisient (lik tangentiell friksjonskoeffisient) [-]

a stigning [%]

I Australia benyttes i hovedsak to ulike verdier til retardasjonskoeffisienten, 0,36 og 0,26, sistnevnte kan brukes på store og viktige hovedveger når terrenget er flatt og når bruk av denne er godkjent av vegmyndighetene. 0,36 er ønsket retardasjonskoeffisient for alle vegtyper og tilsvarer omtrent 90 %-fraktilverdien for oppbremsing på våte bituminøse vegdekker. Det er også opplistet flere retardasjonskoeffisienter for ulike vegtyper og situasjoner i den australske vegnormalen, men disse betraktes som irrelevant i denne studien.

I alle horisontale kurver med sidefriksjon større enn ønsket maksimal verdi skal retardasjonskoeffisienten reduseres med 0,05.

Retardasjonskoeffisientene benyttet i Australia tilsvarer følgende grad av retardasjon (retardasjon, $r = d \cdot g$):

$d = 0,36 \rightarrow$ retardasjon $3,53 \text{ m/s}^2$ og $d = 0,26 \rightarrow$ retardasjon $2,55 \text{ m/s}^2$

Oppsummering og bruk i norske beregninger

I Australia benyttes verdien for sidefriksjon som er knyttet til den dimensjonerende farten, det vil si at for eksempel for en veg med fartsgrense 110 km/t er dimensjonerende fart 120 km/t (fra kap. 5.7), og da brukes friksjonsverdien knyttet til 120 km/t. Siden dette skal sammenlignes med andre verdier, bl.a. Norge som knytter sin verdi direkte til fartsgrensen, tas det videre med to verdier for Australia: En verdi for sidefriksjon ved bruk av dimensjonerende fart (inkl. fartstillegg) som V kalt « V_{dim} Australia» og en med bruk av fartsgrensen direkte som V kalt « V_{dim} fartsgrense», slik det gjøres i Norge.

Fra Australia tas bare den generelle retardasjonskoeffisienten 0,36 med til sammenligningen siden bruk av koeffisienten 0,26 krever fraviksbehandling hos vegadministrasjonen.

Ved bruk av australske friksjonsverdier i norske dimensjoneringsmetoder brukes tallene oppgitt i tabell 6.13.

Dimensjonerende fart [km/t]	Sidefriksjon, f_k		Bremsefriksjon, f_b
	V_{dim} fartsgrense	V_{dim} Australia	
130	0,11	0,11	0,36
120	0,11	0,11	0,36
110	0,12	0,11	0,36
100	0,12	0,12	0,36
90	0,13	0,12	0,36
80	0,16	0,13	0,36

Tabell 6.13 Dimensjonerende side- og bremsefriksjon i Australia

7 Sammenligning

I dette kapitlet sammenlignes resultater fra kapittel 4, 5 og 6. Fra kapittel 4 er det hentet inn verdier fra databasene for fart- og friksjonsmålinger i Norge, fra kapittel 5 er verdier for dimensjonerende fart hentet fra alle landene som er studert i denne oppgaven og fra kapittel 6 kommer friksjonsverdier fra de ulike landene.

Dette kapitlet er delt i 3 deler. Den første delen sammenligner ulike verdier for dimensjonerende fart og den målte opptredende farten, og viser konsekvenser ved å benytte de forskjellige fartsverdiene i norsk metode for å beregne utvalgt viktige linjeføringsparametere. Del 2 er tilsvarende del 1, men i stedet for sammenligning av dimensjonerende fart er det de ulike friksjonsverdier som sammenlignes og det ses på konsekvensene for beregning av linjeføringsparametere. I del 3 kombineres de fremskaffede verdiene for fart og friksjon fra målinger og de ulike landene i sammenligning av de forskjellige linjeføringsparametere.

Linjeføringsparametere som beregnes med ulike verdier for fart og/eller friksjon i dette kapitlet er minimum horisontalkurve $R_{h, \min}$, stoppsikt L_s , minimum vertikalkurve høybrekk $R_{v, \min \text{ høybrekk}}$ og minimum vertikalkurve lavbrekk $R_{v, \min \text{ lavbrekk}}$. Alle utregningene som er gjort i forbindelse med dette, samt samlede grunnlagsdata og grafer benyttet i oppgaven, er utført i Excel og gitt som datafil i vedlegg 13-15.

Målet med dette kapitlet er å belyse forskjeller i verdier for grunnparameterne fart og friksjon som benyttes i Norge og de andre landene som er sammenlignet, og vise hvilke konsekvenser bruk av ulike verdier får ved å bruke de i bestemmelsen av viktige linjeføringsparametere med norske beregningsmetoder.

7.1 Dimensjonerende fart

Det er i kapittel 5 gjennomgått 7 ulike land og deres metoder for å finne en dimensjonerende fart som benyttes i beregningene samt en database for opptredende fart ved ulike fartsgrenser. Disse skal nå sammenlignes ved at opptredende fart hentet fra fartsmålingene på veier med en gitt fartsgrense vurderes sammen med den farten som da ville vært dimensjonerende i de ulike landene. Disse forskjellige verdiene for fart blir så videre benyttet for å regne ut linjeføringsparameterne horisontalkurveradius, stoppsikt, høybrekkurveradius og lavbrekkskurveradius. På denne måten vil man få en oversikt over hvilke minimumskrav de ulike metodene for dimensjonering av fart gir og se konsekvensen ved verdien av farten.

Landene Norge, Sverige, Danmark, Storbritannia og Australia ble vurdert til å ha metoder som egnet seg til en slik sammenligning og disse metodene vil derfor bli sammenlignet her. Tyskland og USAs metoder for valg av dimensjonering av fart og sammenhengen med fartsgrense eller opptredende fart var ikke nok konkret i tilgjengelige håndbøker/retningslinjer til at det kan benyttes videre. Ved sammenligning av enkeltparametere vil derimot verdier fra Tyskland og USA bli tatt med, siden hver dimensjonerende fart har tilhørende krav også i disse landene.

Fremgangsmåten ved valg av dimensjonerende fart gjøres med forskjellige tilnærminger i de ulike landene. Det vektlegges ulike elementer, blant annet fartsgrensen, linjeføringen eller øvrig vegutforming, og det varierer i hvor stor grad de forskjellige elementene påvirker verdien på farten det skal dimensjoneres med. Det er også forskjellig hvor mye farten skal differensieres langs vegen, for eksempel om en skal justere den dimensjonerende farten i forhold til vegens linjeføring og utforming eller om en skal dimensjonere hver nye veg med én fast fartsverdi og da sette andre krav til en sammenhengende utforming.

Ved vurderingen av landene ble det konkludert med at Norge, Sverige, Danmark og Australia kan ta utgangspunkt i fartsgrensen på stedet for vurderingen av hvilken dimensjonerende fart som ville vært brukt, mens Storbritannia kan vurderes ut ifra den målte 85 %-fraktilen for denne vurderingen.

I tabell 7.1 nedenfor er det gjort sammenligning av fartsgrensen, fartsmålingene og hvilken dimensjonerende fart som da ville blitt valgt i de 5 landene. Det er her tatt med fartsgrenser fra 80 – 110 km/t, da det kun er på disse vegene det er samlet databaser for opptredende fart.

I tabellen er det tatt med verdier for 85 %-fraktile fra fartsmålingene, både ved 2-feltsveger og flerfeltsveger, der dette var aktuelt. Høyre (H) og venstre (V) kjørefelt gjelder ved veger med 2 kjørefelt i hver retning og siden (H/V) er angitt i kjøreretningen.

Enkelte plasser er det i tabellen gitt flere verdier for dimensjonerende fart for Norge, Sverige og Danmark. Hvilken av disse som vil brukes avhenger i alle tre landene hvilken parameter det dimensjoneres for. I tillegg gjelder det spesielt for de tre landene at:

- I Danmark anbefales det heller ikke fartstillegg på motorveger eller andre møtefrie veger, altså benyttes fartsgrensen direkte som dimensjonerende fart her.
- I Sverige er det tatt verdiene for dimensjonerende fart som benyttes både som minimumskrav ved bygging av ny veg og ved ønskede krav.
- I Norge kan den dimensjonerende farten også avhenge av hvilken dimensjoneringsklasse som benyttes. Der den dimensjonerende farten fra 2018-versjonen av N100 er nevnt er dette skrevet som «Norge 2018», og her skiller det mellom Hovedveger og Øvrige hovedveger. Verdier fra 2014-versjonen av N100 er benevnt «Norge 2014», og her variere farten med flere ulike dimensjoneringsklasser.

Fartsmålinger og dimensjonerende fart i ulike land [km/t]				
Fartsgrense	110	100	90	80
85%-fraktil 2-feltsveger			97	88
85 %-fraktil (H kjørefelt)	115	110	99	
85 %-fraktil (V kjørefelt)	122	119	111	
Norge 2018	120		100/95	90/85/80
Norge 2014	120	120/115	105/100	95/90/85/80
Sverige	120/110	110/100	-	90/80
Danmark	110	100	100/90	95/80
Storbritannia	120	120	100	100
Australia	120	110	100	90

Tabell 7.1 Dimensjonerende fart ulike land ville gitt ut ifra fartsgrense

7.1.1 Minimumsparametere med norske utregningsmetoder

I den videre sammenligningen skal verdiene for dimensjonerende fart hentet fra ulike land og fartsdatabasen benyttes sammen med norske metoder og øvrige norske inngangsparametere. Disse inngangsparametere settes lik det som benyttes ved utregning i N100 (2018), som er oppsummert i tabell 7.2 under. Den dimensjonerende farten, V , hentet fra ulike land og databasen er eneste variabel, og dette tilsvarer den farten som ville vært brukt ved dimensjonering i de ulike landene for den aktuelle parameteren.

Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Overhøyde	0,075	0,080	0,080	0,080
Sidefriksjon, f_k	0,082	0,108	0,131	0,157
Bremsefriksjon, f_b	0,389	0,401	0,416	0,434
Sikkerhetsfaktor friksjon	1,1	1,1	1,1	1,0
Reaksjonstid, t_r	2,0	2,0	2,0	2,0
Øyehøyde, a_1	1,10	1,10	1,10	1,10
Objekthøyde, a_2	0,25	0,25	0,25	0,25
Vertikalaks. hovedveger, a	0,30	0,30	0,30	0,30
Vertikalaks. hovedveger øvrige, a	0,50	0,50	0,50	0,50

Tabell 7.2 Grunnlagsdata som brukes ved beregning av linjeføringsparametere i kap. 7.1

Farten som ble funnet fra fartsmålingene blir også brukt som dimensjonerende fart, for å se hvilken verdi man får dersom man beregner den opptredende farten til trafikanter. Dette er tatt med i alle tabellene for linjeføringsparametere.

For alle parameterne er også kravene som er gitt i N100 (2018-versjonen) tatt med i tabellene, og dette er avrundede verdier fra de utregnede verdiene i Norge.

Farten i Norge fra 2018-håndboka er delt inn etter om det er hovedveg (Norge 18_Hv) eller øvrig hovedveg (Norge 18_Hv.Ø). Fra 2014-håndboka er det delt inn i dimensjonering etter dimensjoneringsklassene fra H3 til H9 samt fra NA-rundskriv 2015/2 (Norge 14_H3-H9/NA), dimensjoneringsklasse H2 (Norge 14_H2) og etter øvrige hovedveger (Norge 14_Hv.Ø).

Ved alle linjeføringsparameterne blir det laget tabeller og figurer med diagram med verdiene utregnet ved norske formler og metoder. Disse diagrammene har ulike startpunkt på verdiaksen og noe ulike skalaer for å klargjøre forskjellene til verdiene. Det vil si at skalaen og startpunktet er satt relativt til verdiene i datasettet og dette må tas i betraktning ved lesing av figurene.

Minimum horisontalkurve

Det skal nå beregnes minimum horisontalkurve med ulike verdier for den dimensjonerende farten, V , som brukes i ulike land og fra fartsdatabasen. Verdiene som da benyttes for fart er gitt i tabell 7.3 under.

For Norge benyttes ikke fartsprofiltillegget her, og for Sverige er det kun et minimumskrav som er gitt. I Danmark anbefales det ikke fartstillegg uavhengig av hvilken veg som planlegges.

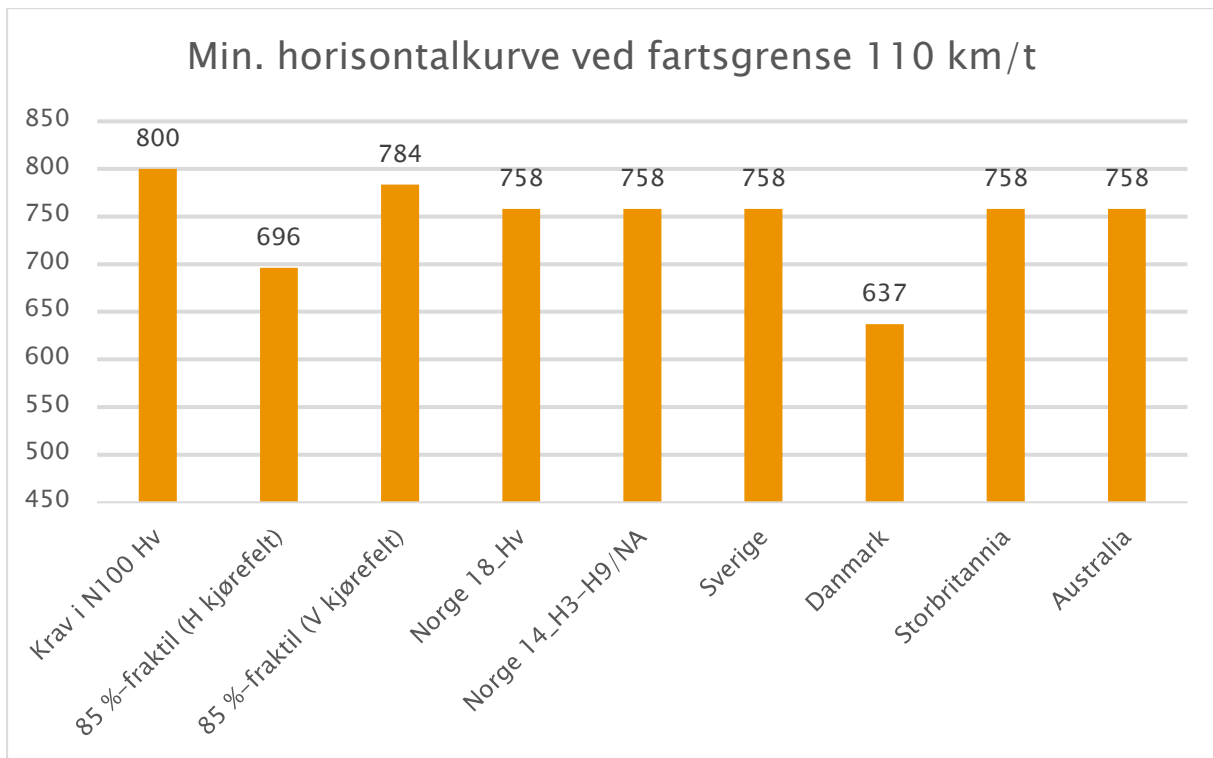
Dimensjonerende fart [km/t]				
Fartsgrense	110	100	90	80
85 %-fraktil 2-feltsveger	-	-	97	88
85 %-fraktil (H kjørefelt)	115	110	99	-
85 %-fraktil (V kjørefelt)	122	119	111	-
Norge 18_Hv	120	-	95	85
Norge 18_Hv.Ø	-	-	-	80
Norge 14_H3-H9/NA	120	115	100	90
Norge 14_H2	-	-	-	85
Norge 14_Hv.Ø	-	-	-	80
Sverige	120	110	-	90
Danmark	110	100	90	80
Storbritannia	120	120	100	100
Australia	120	110	100	90

Tabell 7.3 Dimensjonerende fart som brukes ved beregning av $R_{h, \min}$

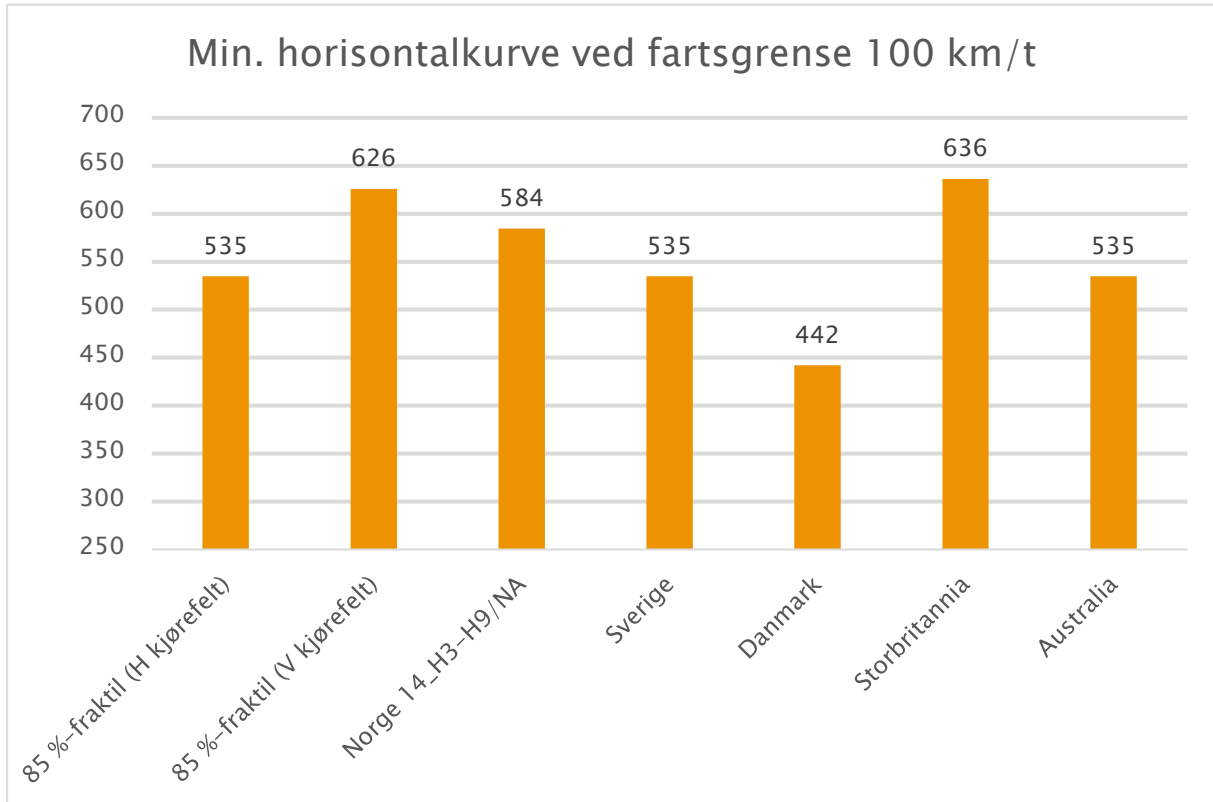
For minimum horisontalkurvatur brukes formelen $R_h = \frac{v^2}{127*(e+f_k)}$ som gitt i kapittelet om linjeføringsparametere, med V fra tabell 7.3 og med øvrige grunnlagsdata fra tabell 7.2. Sidefriksjonen deles på sikkerhetsfaktoren for friksjon for å finne friksjonen som brukes i beregningen. Ved utregning gir dette verdier for minimum horisontalkurvatur som er gitt i tabell 7.4. Verdiene er også satt opp i diagram som vist i figur 7.1 til 7.4.

Minimum horisontalkurveradius [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100 Hv	800		400	250
Krav i N100 Hv.Ø				225
85 %-fraktil 2-feltsveg			372	257
85 %-fraktil (H kjørefelt)	696	535	388	
85 %-fraktil (V kjørefelt)	784	626	487	
Norge 18_Hv	758		357	240
Norge 18_Hv.Ø				213
Norge 14_H3-H9/NA	758	584	395	269
Norge 14_H2				240
Norge 14_Hv.Ø				213
Sverige	758	535		269
Danmark	637	442	320	213
Storbritannia	758	636	395	332
Australia	758	535	395	269

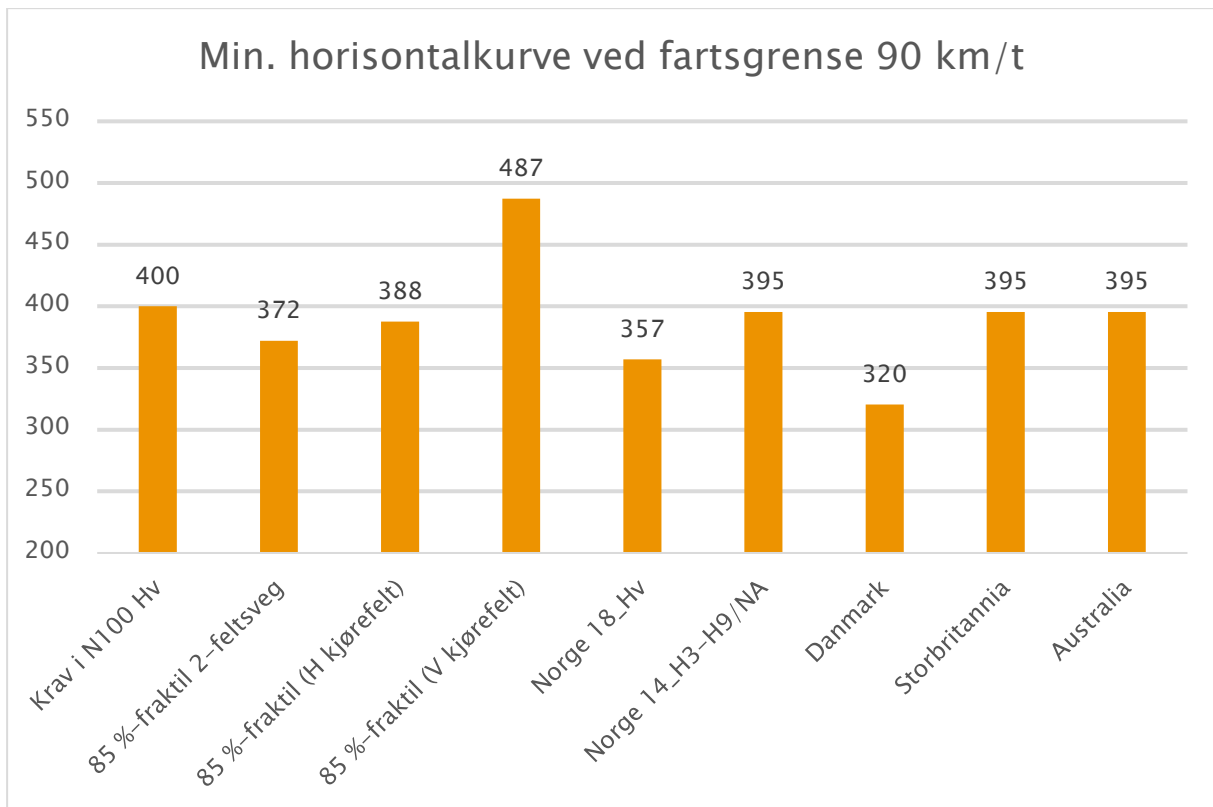
Tabell 7.4 $R_{h, \min}$ fra ulike verdier for dimensjonerende fart



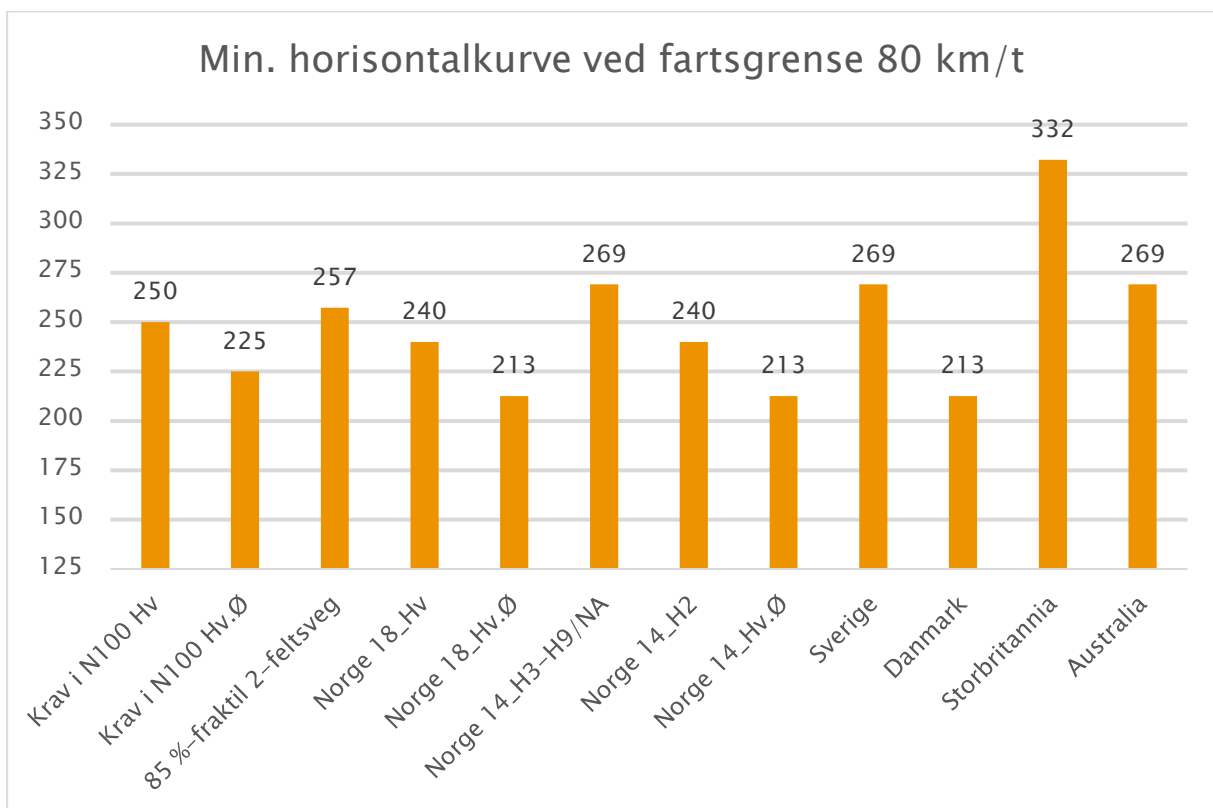
Figur 7.1 $R_{h, \min}$ ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart



Figur 7.2 $R_{h, \min}$ ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart



Figur 7.3 $R_{h,min}$ ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart



Figur 7.4 $R_{h,min}$ ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart

Av tabell 7.4 og figurene over kan man se generelt at Storbritannias dimensjonerende fart er den største og gir også de største minimumsverdiene for horisontalkurvatur. Dette har sammenheng med at Storbritannias verdier er basert på verdier fra fartsdatabasen, og fra denne verdien velges det alltid en høyere dimensjonerende fart. Denne farten blir i denne sammenheng enten 100 eller 120 km/t da disse to klassene er de eneste som er høyere enn målingene fra databasen viser.

Man kan også se at Danmark har de laveste verdiene for minimum horisontalkurvatur, noe som kommer av at den dimensjonerende farten velges lik fartsgrensen, altså uten noe fartstillegg.

De resterende landene har relativt lik dimensjonerende fart for beregning av horisontalkurvatur, og flere land har verdier som stemmer godt med data fra målinger i databasen. Ved flerfeltsveger er det høyre kjørefeltet som stemmer best med verdiene for dimensjonerende fart.

Minimum stoppsiktlengde

Den dimensjonerende farten, V , som brukes i ulike land ved beregning av minimum stoppsiktlengde er gitt i tabell 7.5. Beregningen er forutsatt gjort på rettstrekninger, og verdiene fra ulike land brukes på bakgrunn av dette. For Norge legges det da til fullt fartsprofiltillegg. Det er for denne beregningen oppgitt to ulike verdier for fart fra Sverige og Danmark. Sverige har for stoppsikt et minimumskrav for ny veg og et ønsket krav som kan benyttes som minimum. Danmark har en anbefaling for dimensjonerende fart ved motorveger/møtefrie veger som er lik fartsgrensen kalt «Danmark møtefri veg», mens de anbefaler et fartstillegg ved andre veger med fartsgrense 80 og 90 km/t og disse verdiene er navngitt «Danmark».

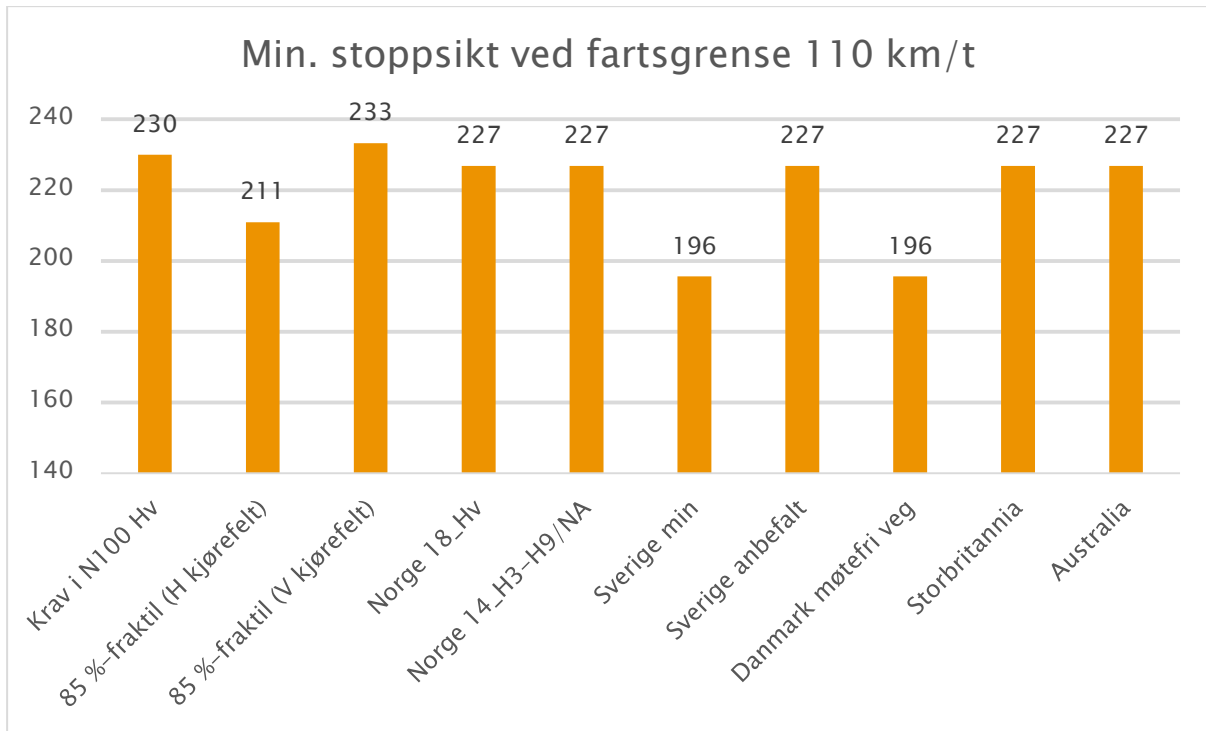
Dimensjonerende fart [km/t]				
Fartsgrense	110	100	90	80
85%-fraktil 2-feltsveger			97	88
85 %-fraktil (H kjørefelt)	115	110	99	
85 %-fraktil (V kjørefelt)	122	119	111	
Norge 18_Hv	120		100	90
Norge 18_Hv.Ø				85
Norge 14_H3-H9/NA	120	120	105	95
Norge 14_H2				90
Norge 14_Hv.Ø				85
Sverige min	110	100		80
Sverige anbefalt	120	110		90
Danmark			100	95
Danmark møtefri veg	110	100	90	80
Storbritannia	120	120	100	100
Australia	120	110	100	90

Tabell 7.5 Dimensjonerende fart på rettstrekninger som brukes ved beregning av stoppsikt og R_v , min høybrekk

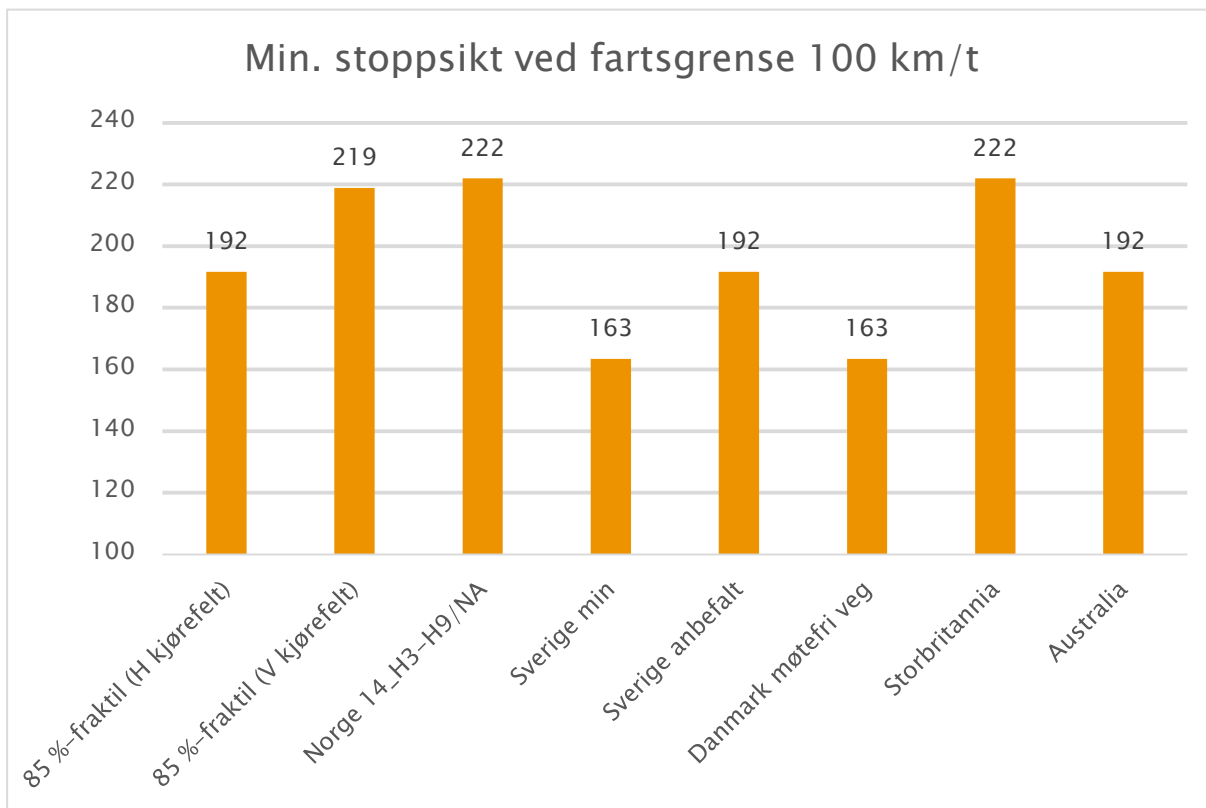
For beregningen av minimum stoppsiktlengde brukes formelen $L_k = \frac{t_r * V}{3,6} + \frac{V^2}{254,3(f_b + s)}$, som gitt i kapittelet om linjeføringsparametere med fart fra tabell 7.5 og med øvrige grunnlagsdata fra tabell 7.5. Verdiene for bremsefriksjonen, f_b , benytter verdier knyttet til fartsgrensen i Norge og deles på sikkerhetsfaktoren for å finne dimensjonerende friksjon. Ved utregning gir dette verdier for minimum stoppsiktlengder som er gitt i tabell 7.6 under. Verdiene er også satt opp i diagram som vist i figur 7.5 til 7.8.

Minimum stoppsiktlengde [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100 Hv	230		160	125
Krav i N100 Hv.Ø				115
85%-fraktil 2-feltsveger			152	119
85 %-fraktil (H kjørefelt)	211	192	157	
85 %-fraktil (V kjørefelt)	233	219	190	
Norge 18_Hv	227		160	123
Norge 18_Hv.Ø				113
Norge 14_H3-H9/NA	227	222	173	135
Norge 14_H2				123
Norge 14_Hv.Ø				113
Sverige min	196	163		102
Sverige anbefalt	227	192		123
Danmark			160	135
Danmark møtefri veg	196	163	134	102
Storbritannia	227	222	160	146
Australia	227	192	160	123

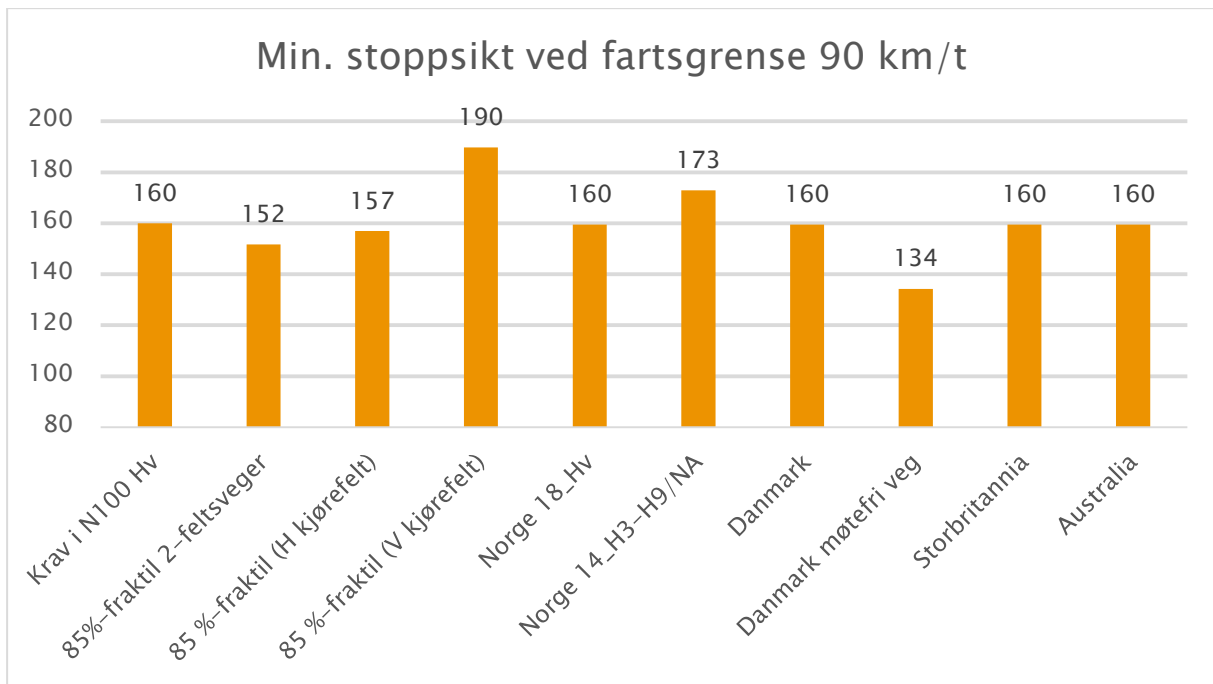
Tabell 7.6 Stoppsikt fra ulike verdier for dimensjonerende fart



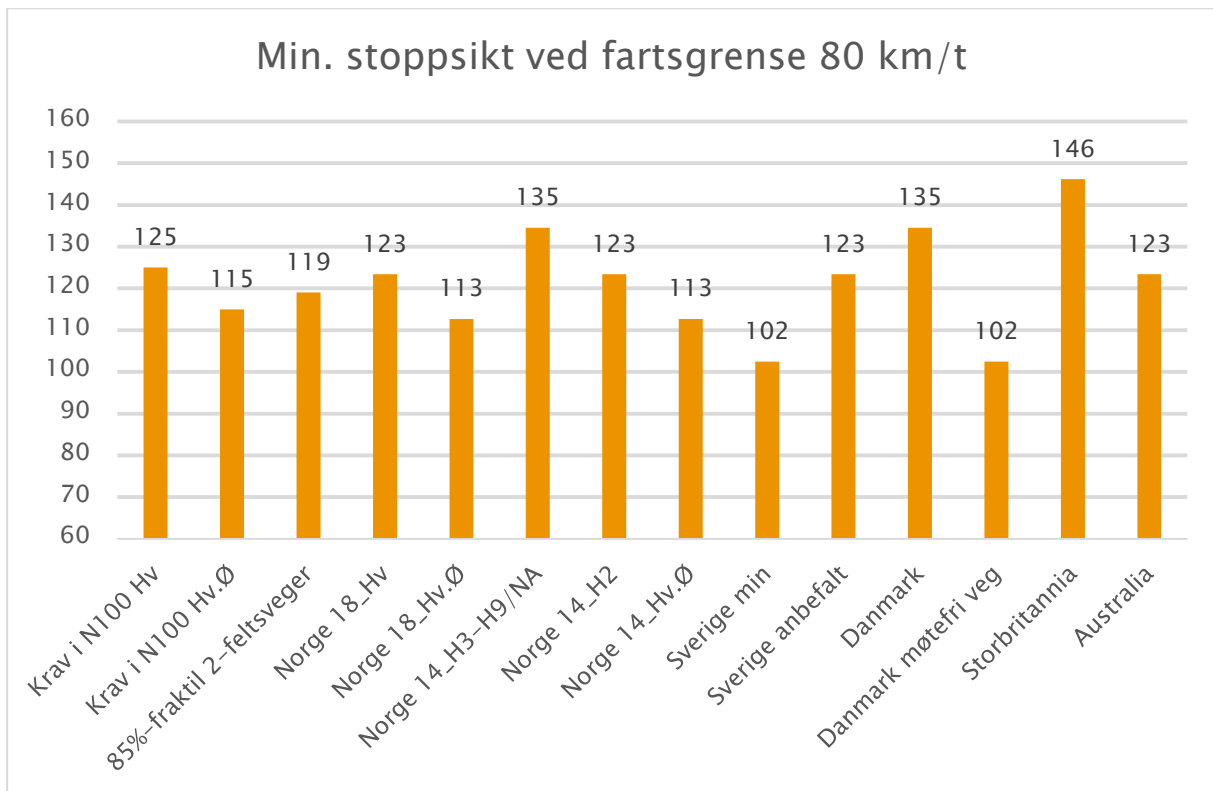
Figur 7.5 Stoppsikt ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart



Figur 7.6 Stoppsikt ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart



Figur 7.7 Stoppsikt ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart



Figur 7.8 Stoppsikt ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart

Av tabell 7.6 og figurene over kan man se at Danmarks møtefrie veger (inkl. motorveger) og Sverige minimumskrav gir de laveste verdien for kravet til stoppsiktlengder. Dette kommer av at det her ikke opereres med noe fartstillegg og fartsgrensen benyttes direkte ved beregning av stoppsikt.

Utover dette er de fleste stoppsiktlengdene på et likt nivå, noe som vil si at farten ved beregning av stoppsikt varierer lite. Verdiene fra fartsmålingene ligger også omtrent på nivå med de fleste, altså ligger Sveriges minimumskrav og kravene ved Danmarks møtefrie veger en del under 85 %-fraktil av opptredende fart fra databasen.

Minimum vertikalkurveradius i høybrekk

Den dimensjonerende farten, V, som brukes i ulike land ved beregning av minimum høybrekk er lik den som benyttes ved minimum stoppsikt lengde, og er gitt i tabell 7.5. Minimum

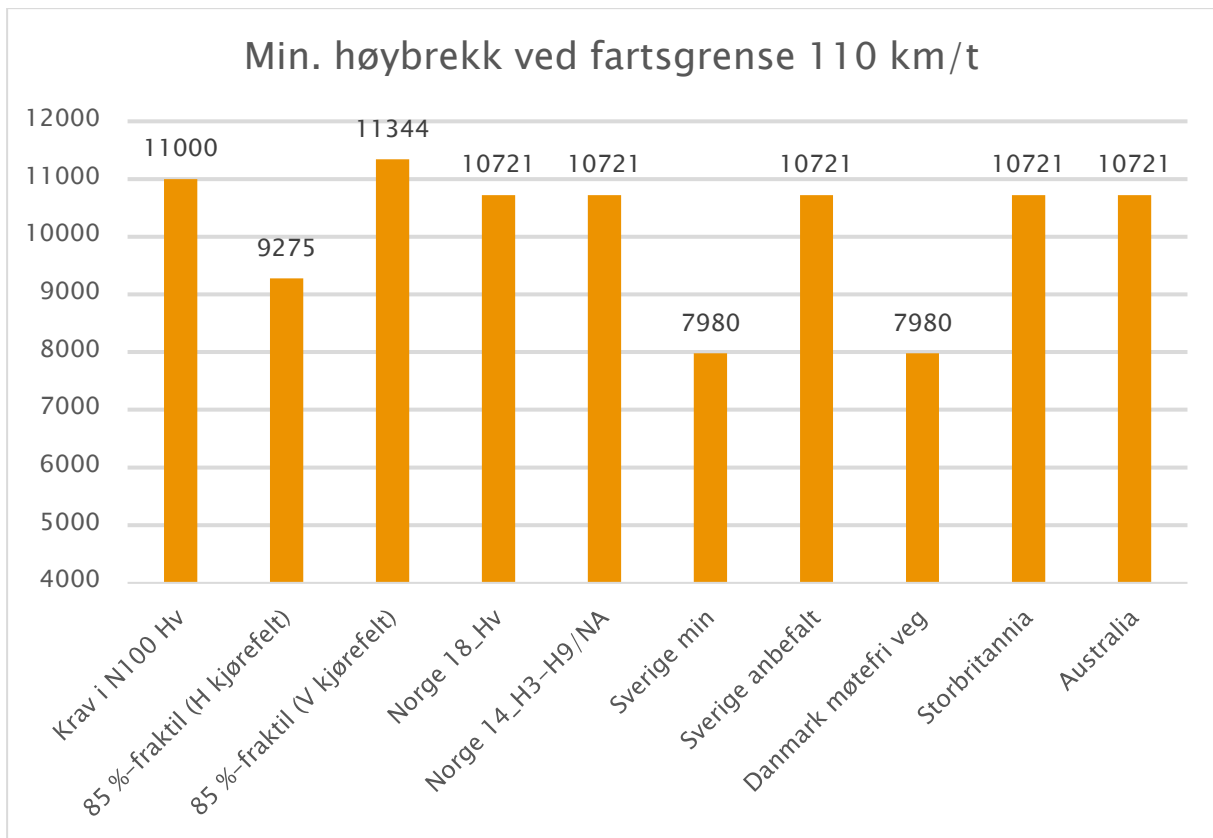
stoppsikt lengde brukes formelen $R_{v,min\ høybrekk} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{L_k}{\sqrt{a_1} + \sqrt{a_2}} \right)^2$, som gitt i kapittelet om linjeføringsparametere, der stoppsikt lengden som brukes er gitt i tabell 7.6 og med øvrige grunnlagsdata fra tabell 7.2.

Ved utregning gir dette verdier for minimum høybrekk skurver som er gitt i tabell 7.7 under.

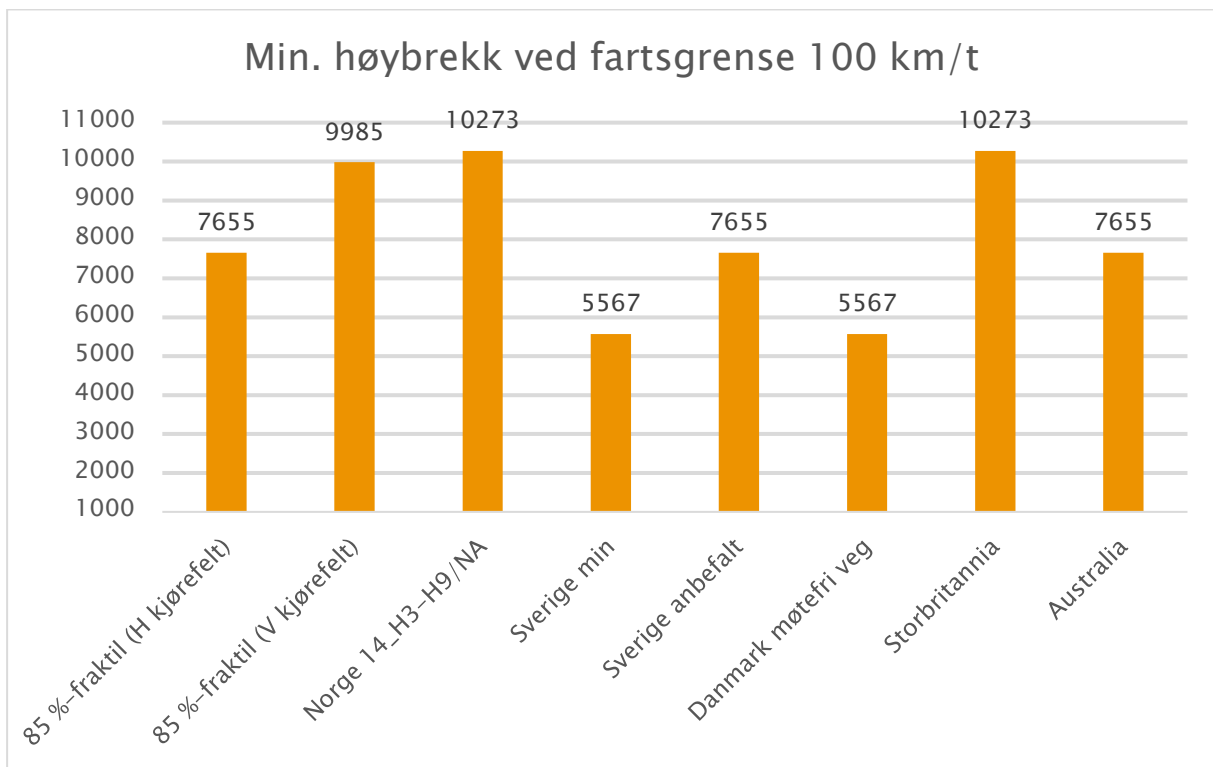
Verdiene er også satt opp i diagram som vist i figur 7.9 til 7.12.

Minimum vertikalkurveradius i høybrekk [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100 Hv	11000		5300	3300
Krav i N100 Hv.Ø				2800
85%-fraktil 2-feltsveger			4798	2954
85 %-fraktil (H kjørefelt)	9275	7655	5132	
85 %-fraktil (V kjørefelt)	11344	9985	7507	
Norge 18_Hv	10721		5305	3174
Norge 18_Hv.Ø				2647
Norge 14_H3-H9/NA	10721	10273	6236	3774
Norge 14_H2				3174
Norge 14_Hv.Ø				2647
Sverige min	7980	5567		2187
Sverige anbefalt	10721	7655		3174
Danmark			5305	3774
Danmark møtefri veg	7980	5567	3755	2187
Storbritannia	10721	10273	5305	4453
Australia	10721	7655	5305	3174

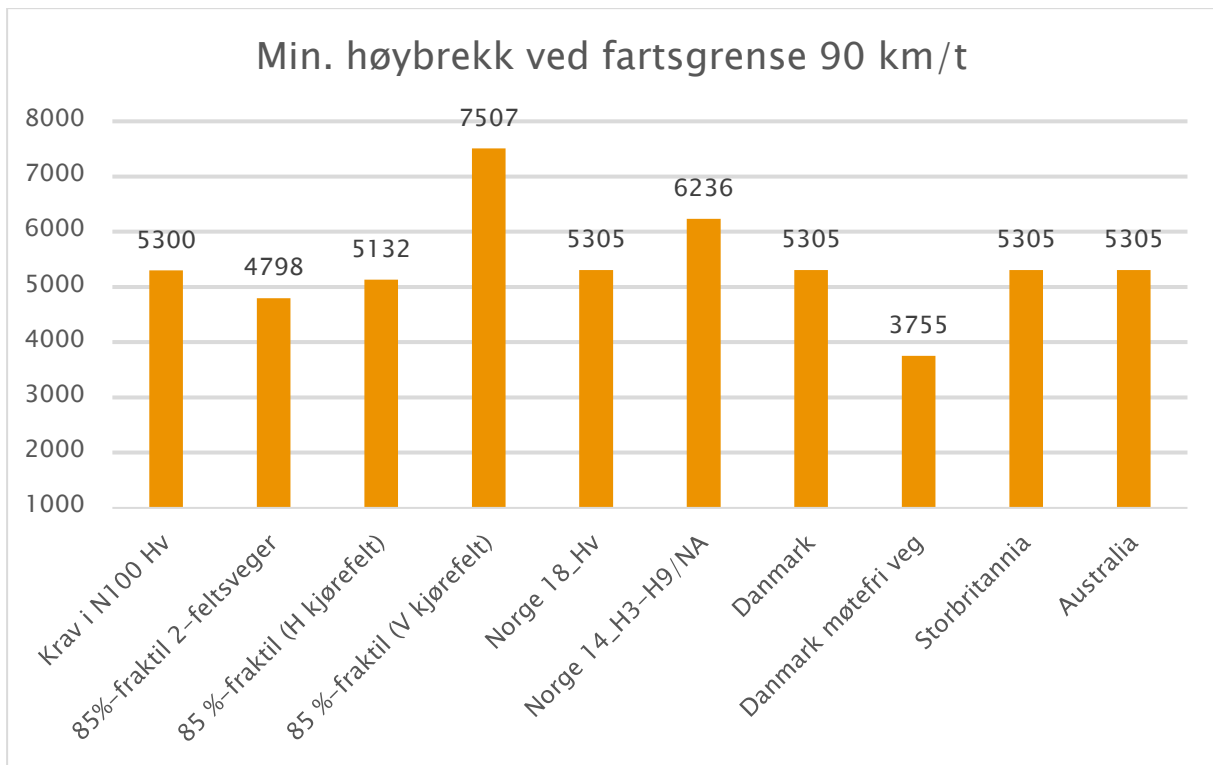
Tabell 7.7 $R_{v, min}$ høybrekk fra ulike verdier for dimensjonerende fart



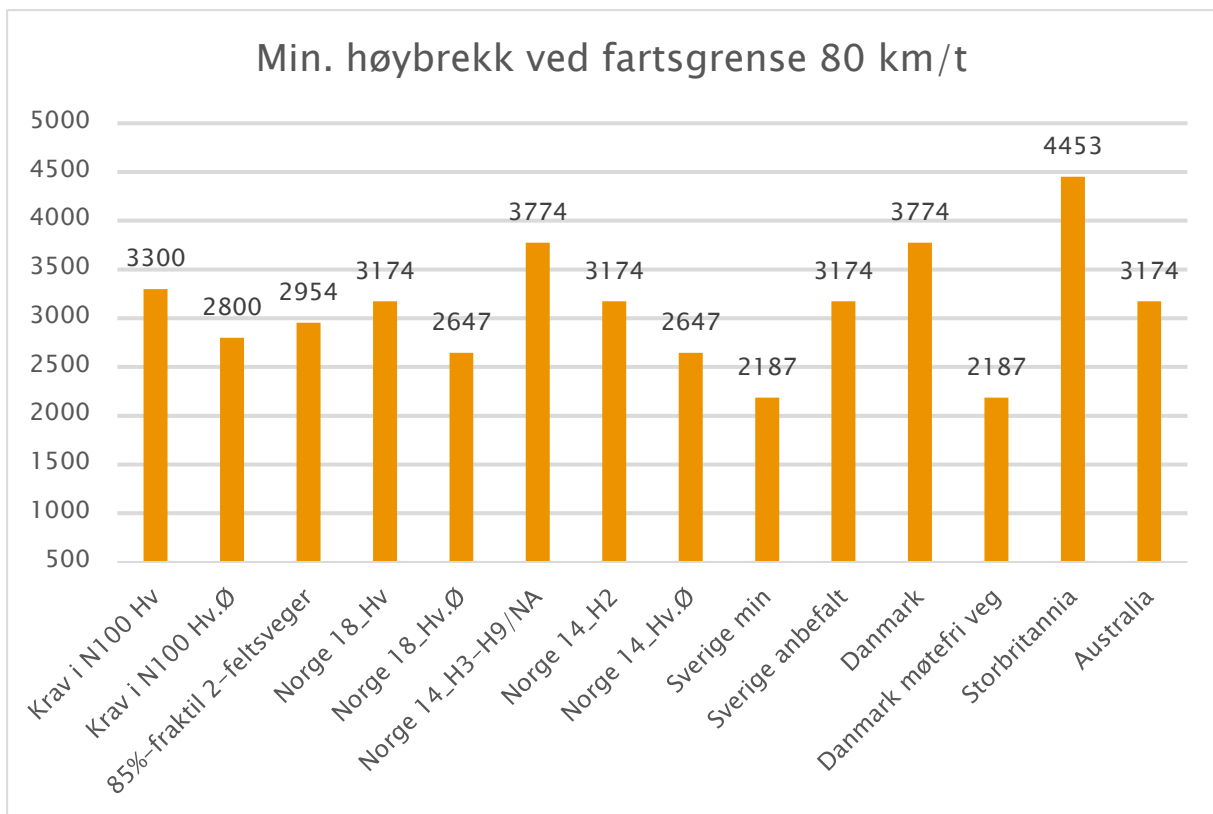
Figur 7.9 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart



Figur 7.10 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart



Figur 7.11 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart



Figur 7.12 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart

Av tabell 7.7 og figurene over kan man se de samme trekkene som ved utregning av stoppsikt lengdene, ettersom minimum høybrekkskurve ved utregning med norske metoder kun avhenger av stoppsikten og faste verdier for øye- og objekthøyder.

Figurene gir likevel et bilde av konsekvensene de ulike verdiene for fart utgjør for minimumsverdiene til høybrekkskurve som kan benyttes. Dette kan videre sammenlignes med verdien fra den reelle situasjonen i trafikken gjennom opptredende fart som framkommer fra fartsmålingene.

Minimum vertikalkurveradius i lavbrekk

Den dimensjonerende farten, V, for rettstrekninger som brukes i ulike land ved beregning av minimum vertikalkurveradius i lavbrekk er gitt i tabell 7.8. Som ved stoppsikt og høybrekkskurve er det to ulike verdier for fart fra Sverige. I Danmark benyttes det her samme verdier for fart ved motorveger/møtefrie veger som andre veger, og denne er lik fartsgrensen.

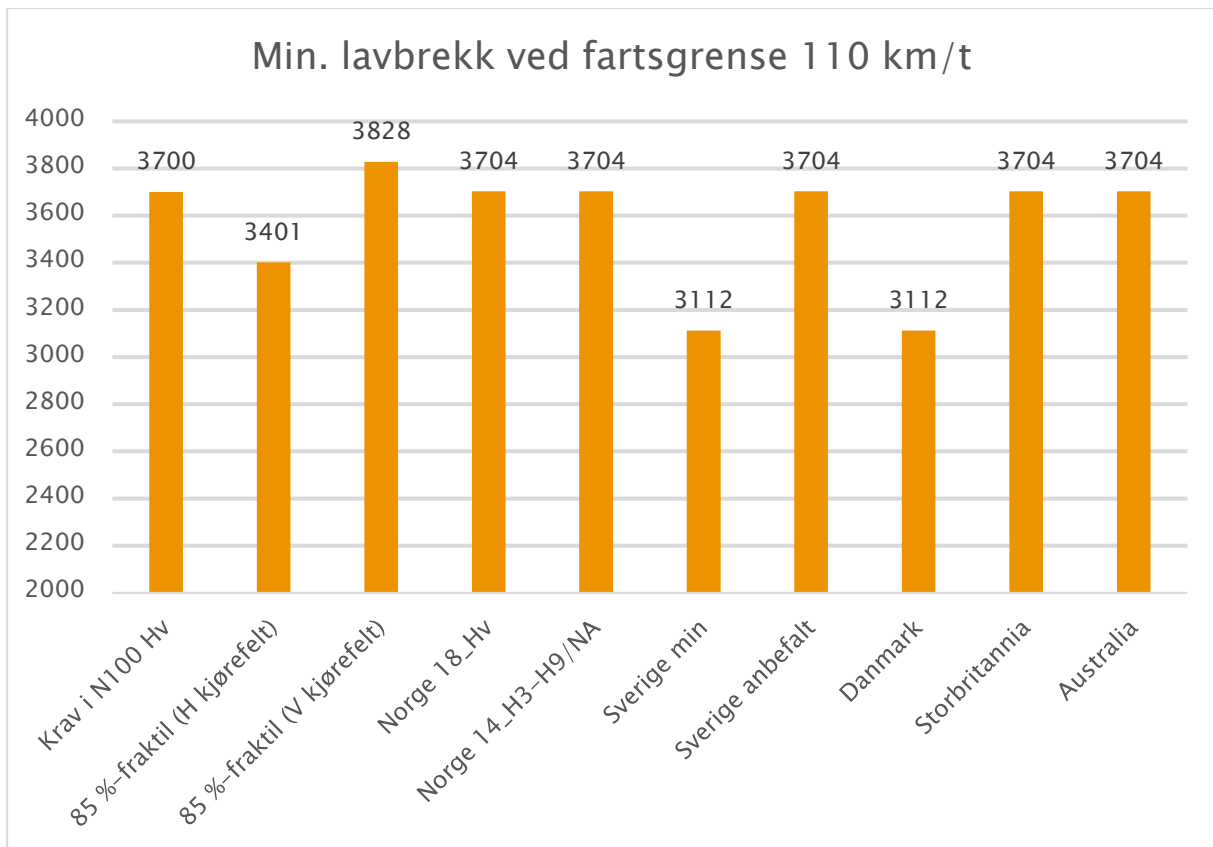
Dimensjonerende fart [km/t]				
Fartsgrense	110	100	90	80
85%-fraktil 2-feltsveger			97	88
85 %-fraktil (H kjørefelt)	115	110	99	
85 %-fraktil (V kjørefelt)	122	119	111	
Norge 18_Hv	120		100	90
Norge 18_Hv.Ø				85
Norge 14_H3-H9/NA	120	120	105	95
Norge 14_H2				90
Norge 14_HØ				85
Sverige min	110	100		80
Sverige anbefalt	120	110		90
Danmark	110	100	90	80
Storbritannia	120	120	100	100
Australia	120	110	100	90

Tabell 7.8 Dimensjonerende fart på rettstrekninger som brukes ved beregning av $R_{v, \min \text{ lavbrekk}}$

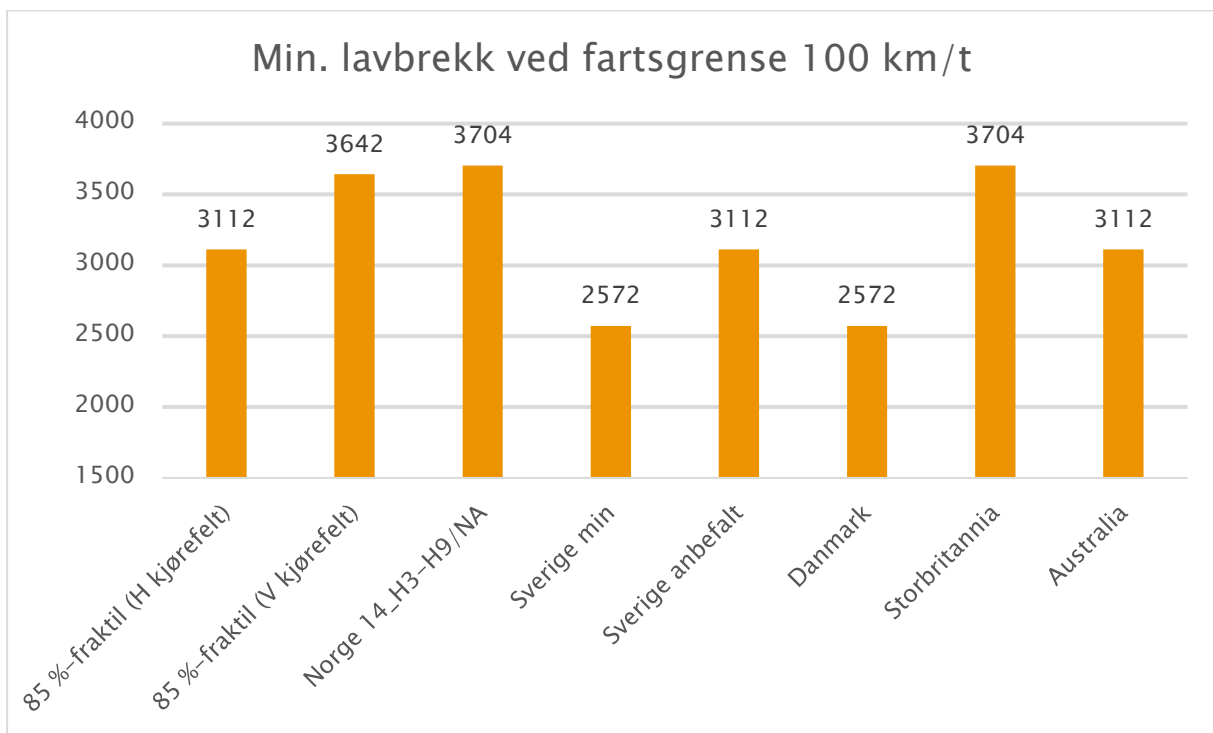
For minimum lavbrekkskurve brukes formelen $R_{v, \min \text{ lavbrekk}} = \frac{V^2}{12,96 \cdot a_v}$, som gitt i kapittelet om linjeføringsparametere, med V fra tabell 7.8 og med øvrige grunnlagsdata fra tabell 7.2. Vertikalakselerasjonen som benyttes er verdien ved norske hovedveger, og dette gjør at kravet for øvrige hovedveger i Norge og tilhørende verdi (Norge 18_Hv.Ø) har en stor differanse. Ved utregning gir dette verdier for minimum vertikalkurveradius i lavbrekk som er gitt i tabell 7.9 på neste side. Verdiene er også satt opp i diagram som vist i figur 7.13 til 7.16.

Minimum vertikalkurveradius i lavbrekk [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100 Hv	3700		2600	2100
Krav i N100 Hv.Ø				1100
85%-fraktil 2-feltsveger			2420	1992
85 %-fraktil (H kjørefelt)	3401	3112	2521	
85 %-fraktil (V kjørefelt)	3828	3642	3169	
Norge 18_Hv	3704		2572	2083
Norge 18_Hv.Ø				1858
Norge 14_H3-H9/NA	3704	3704	2836	2321
Norge 14_H2				2083
Norge 14_Hv.Ø				1858
Sverige min	3112	2572		1646
Sverige anbefalt	3704	3112		2083
Danmark	3112	2572	2083	1646
Storbritannia	3704	3704	2572	2572
Australia	3704	3112	2572	2083

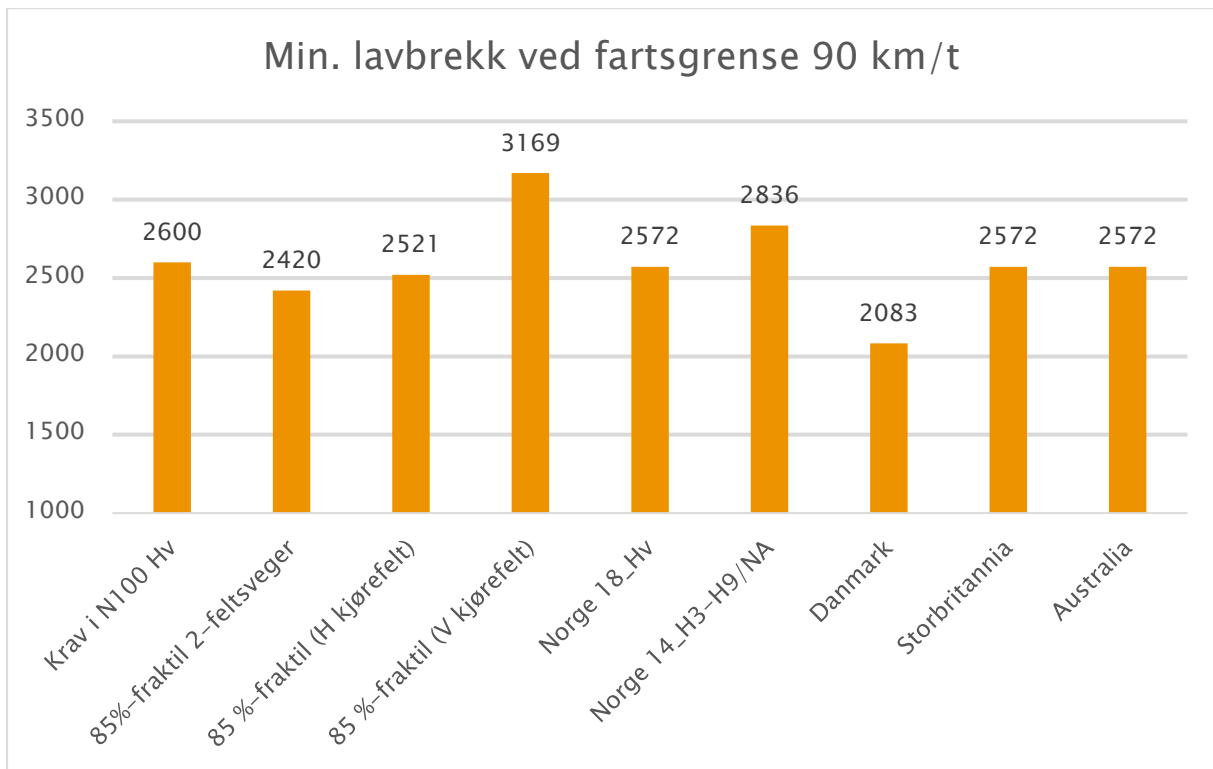
Tabell 7.9 $R_{v, \min}$ lavbrekk fra ulike verdier for dimensjonerende fart



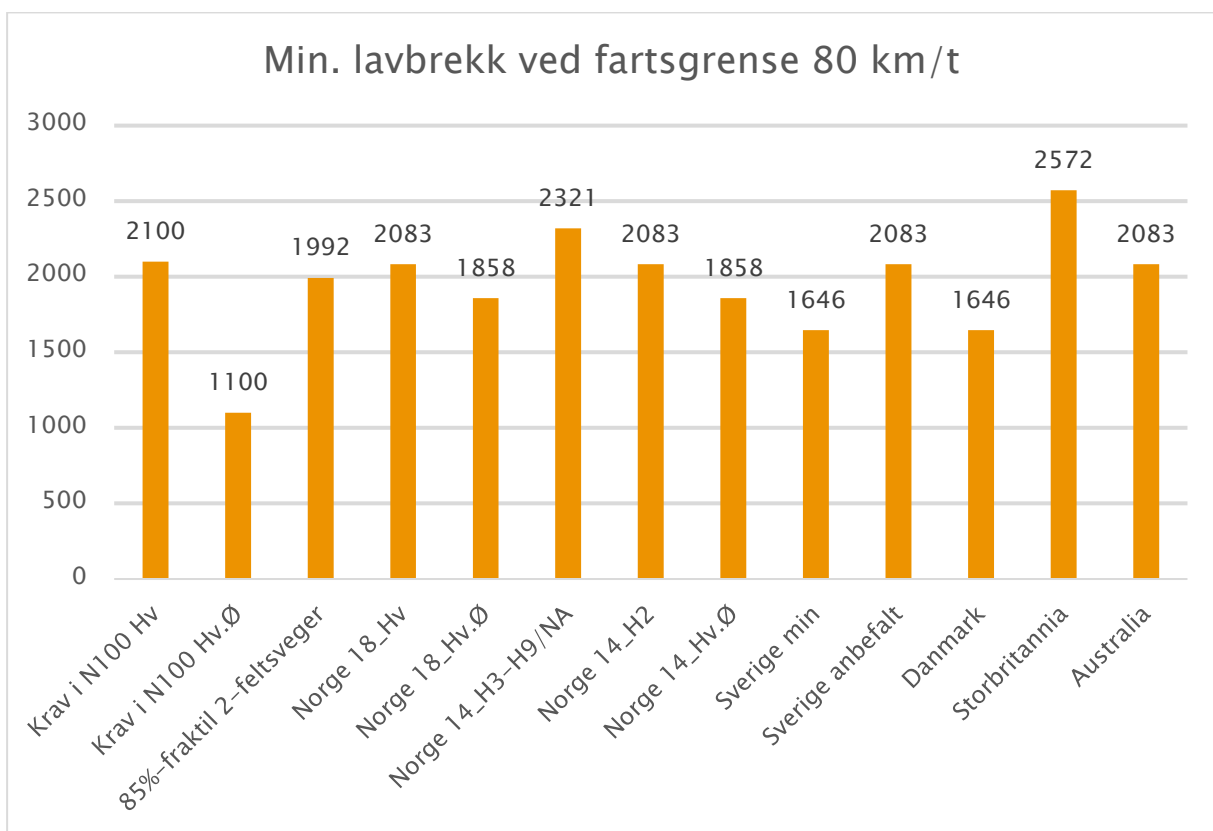
Figur 7.13 $R_{v, \text{ min lavbrekk}}$ ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart



Figur 7.14 $R_{v, \text{ min lavbrekk}}$ ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart



Figur 7.15 $R_{v, \min}$ lavbrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart



Figur 7.16 $R_{v, \min}$ lavbrekk ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim.fart

Vi ser av tabell 7.9 og figurene over at de fleste landene har en jevn verdi for dimensjonerende fart ved beregning av lavbrekkskurver. Danmark og minimumskravene i Sverige har noe lavere verdier, da disse benytter verdier for dimensjonerende fart som er lik fartsgrensen. Storbritannias verdi for dimensjonerende fart er også her noe større ved fartsgrense 100 og 80 km/t. Dimensjonerende fart for 2014-versjonen av håndbok N100 i Norge for veger hovedveger med ÅDT <4000 er også relativt høy, og denne verdien er tydelig senket i 2018-versjonen av N100. Dette gir også en lavere verdi for minimumskravet til lavbrekkskurve.

7.1.2 Sammenligning av minimumsparametere

I denne sammenligningen er det tatt med minimumskravene fra alle landene som er undersøkt. Disse blir sammenlignet med lik dimensjonerende fart, slik at det framkommer at det er andre parametere, faktorer eller formler som benyttes i de ulike landene som gjør at verdiene blir forskjellig.

Kravene som blir oppgitt her ble gitt i tabellene for de ulike landene under «minimumskrav», og det er det beskrevet bakgrunnen for alle kravene. Generelt er dette kravene gitt i håndbøkene som regnes som minimumskrav i landene før en må fravike/lempe på kravene. Der det oppgis flere krav er dette forklart i kapittelet for hvert land.

Minimumskrav til horisontalkurveradius

Tabell 7.10 sammenstiller de ulike lands krav til minimum horisontalkurveradius. Det vil si at kravet for horisontalkurve kan sammenlignes ut i fra den dimensjonerende farten, mens det andre grunnlaget i utregningen kan variere mellom ulike land. Dette gjelder sidefriksjon og overhøyden.

Dim. fart [km/t]	Minimum horisontalkurveradius [m]							
	Norge 2018	Norge 2014	Sverige	Danmark	Stor- britannia	Australia	Tysk- land	USA*
130			1 200	890		783	900	832
120	800	800**	900	710	1 020	667	720	667
115		700						
110	550		700	560		529		501
100	400	450	534	440	720	437	470	394
95	400			390				
90	275	300	400	340		336		304
85	250	250			510			
80	225	200	296	260		229	280	229

*Verdiene for 8 % overhøyde er benyttet her

**Gjelder kravet i NA-rundskriv 2015/2.

Tabell 7.10 Minimumskrav til $R_{h, \min}$ i de 7 landene ut i fra dimensjonerende fart

Fra tabell 7.10 kan man se at selv om den dimensjonerende farten er lik for ulike land varierer minimumskravet en del, spesielt mellom enkelte land. Storbritannias verdier skiller seg noe ut for alle deres dimensjonerende fartsverdier, men her gir håndboka mulighet for lemping på krav uten av det er krav om fravik. Sveriges verdier skiller seg også noe ut med høyere verdier enn øvrige land (utenom Storbritannia), noe som kan komme av at beregningene gjøres ved lave verdier for overhøyde (3-4 %).

Minimumskrav til stoppsiktlengder

Tabell 7.11 sammenstiller de ulike lands krav til minimum stoppsiktlengder, slik at ulike lands verdier kan sammenlignes ut i fra den samme dimensjonerende farten. For beregningen av stoppsiktlengden varierer det noe hvilke øvrige parameterne som benyttes i formlene og hvordan disse vektet. De vanligste parameterne som brukes er reaksjonstid, bremsefriksjon/retardasjon og stigning i vegens lengderetning. Stigningen er for denne sammenligningen satt til 0 % for alle verdiene.

Kravene for Norge 2014 ved dimensjonerende fart 120 km/t oppgis her ved verdiene fra NA-rundskriv og deretter 2014-versjonen av N100.

Dim. fart [km/t]	Minimum stoppsiktlengde [m]							
	Norge 2018	Norge 2014	Sverige	Danmark	Stor- britannia	Australia	Tysk- land	USA
130			274	249		257	248	285
120	230	260/ 275	233	217	295	224	217	250
115		255						
110	195		193	187		193		220
105		190						
100	160	175	162	160	215	165	160	185
95	150	155		147				
90	125	145/ 125	132	134		139		160
85	115	115/ 110			160			
80	105	100	106	111		114	111	130

Tabell 7.11 Minimumskravene til stoppsikt i de 7 landene ut i fra dimensjonerende fart

Fra tabell 7.11 kan man se at også her skiller Storbritannia seg ut ved relativt høye krav til stoppsikten. Noe av forklaringen ligger også her i muligheten for lemping av krav, men disse kravene er strengere for stoppsikt enn for horisontalkurvatur. Kravene i USA er også relativt høye sammenlignet med andre land. Man ser også at Norges krav fra 2014 er relativt høye, men disse har for 2018-utgaven av N100 blitt senket slik at disse nye kravene ofte er på nivå med eller lavere enn landene som sammenlignes her.

For øvrig er nivået på kravene relativt like for stoppsiktlengden.

Minimumskrav til vertikalkurveradius i høybrekk

Tabell 7.12 under sammenstiller de 7 ulike landenes krav til minimum vertikalkurveradius i høybrekk, slik at ulike lands verdier kan sammenlignes ut i fra den samme dimensjonerende farten. Parametere som bestemmer størrelsen på minimumsverdien for høybrekk i tillegg til dimensjonerende fart er stoppsiktlengde, øye- og objekthøyde.

Kravene for Norge 2014 ved dimensjonerende fart 120 km/t oppgis her ved verdiene fra NA-rundskriv og deretter 2014-versjonen av N100.

Dim. fart [km/t]	Minimum vertikalkurveradius i høybrekk [m]							
	Norge 2018	Norge 2014	Sverige	Dan- mark	Storbri- tannia	Aust- ralia	Tysk- land	USA
130			18 452	13 780		14 760	13 000	12 400
120	11 000	14 100/ 15 800	12 000	10 470	18 200	11 220	10 000	9 500
115		13 600						
110	7 900		9 000	7 770		8 360		7 400
105		7 500						
100	5 300	7 500	6 000	5 690	10 000	6 080	5 000	5 200
95	4 700	5 000		4 800				
90	3 300	4 400/ 3 300	4 674	3 990		4 290		3 900
85	2 800	2 800/ 2 500			5 500			
80	2 300	2 100	3 000	2 740		2 930	3 000	2 600

Tabell 7.12 $R_{v, \min}$ høybrekk i de 7 landene ut i fra dimensjonerende fart

Siden stoppsikt lengden er en parameter i beregningen av høybrekk er forholdene mellom verdiene ofte lik de som ble oppgitt i tabellen for minimum stoppsikt lengde, og dette gjelder spesielt Storbritannia og Norges krav fra 2014. Kravene i USA er derimot ikke like høye, men har derimot blant de laveste kravene, spesielt ved dimensjonerende fart ≥ 100 km/t.

Minimumskrav til vertikalkurveradius i lavbrekk

Tabell 7.13 nedenfor oppsummerer ulike lands krav til minimum vertikalkurveradius i lavbrekk. Det varierer om de ulike landene setter sine til komfort, sikt og/eller estetikk, og det er derfor laget flere tabeller for minimum lavbrekkskurve. Den første tabellen sammenligner kravene som normalt sett er utslagsgivende for hvilken minimumsverdi som kan velges. I denne tabellen er det oppgitt flere krav for Australia og for Norge ved dim. fart 85 km/t, ettersom kravet varierer ut i fra hvilken vegtype som prosjekteres. Kravene for Norge 2014 ved dimensjonerende fart 120 km/t oppgis her ved verdiene fra NA-rundskriv og deretter 2014-versjonen av N100.

Det er også laget egne tabeller for landene som opererer med krav for både komfort, sikt og estetikk, slik at disse kan sammenlignes for seg.

I tabell 7.13 under er altså kravene for minimum lavbrekk er tatt med uavhengig av bakgrunnen for kravet, og man ser her at det er store forskjeller på disse verdiene for samme fart. Dette kan delvis forklares med at bakgrunnen for kravet er forskjellig, men også med at inngangsparameterne er ulike.

Dim. fart [km/t]	Minimum vertikalkurveradius i lavbrekk [m]							
	Norge 2018	Norge 2014	Sverige	Danmark	Storbri- tannia	Australia	Tysk- land	USA
130				2 610		2 700/ 4 300/ 6 900	8 800	7 300
120	3 700	3 800/ 3 700	2 500	2 220	3 700	2 300/ 3 700/ 6 000	5 700	6 300
115		3 400						
110	3 100		2 000	1 870		1 900/ 3 100/ 5 100		5 500
105		2 800						
100	2 600	2 600	1 500	1 550	2 600	1 600/ 2 600/ 4 200	4 000	4 500
95	2 300	2 300		1 400				
90	2 100	2 100		1 250		1 300/ 2 100/ 3 500		3 800
85	1 900/ 1 100	1 900			2 000			
80	1 000	1 600	1 000	990		1 000/ 1 700	2 600	3 000

Tabell 7.13 $R_{v, \min}$ lavbrekk i de 7 landene ut i fra dimensjonerende fart

Mange land bruker komfort som dimensjonerende krav for minimum lavbrekk. I tabell 7.14 er det oppsummert verdiene på disse landenes krav, noe som gir en mer korrekt sammenligning siden de settes på likt grunnlag. I flere land gjelder dette kravet på alle veger som har belysning, blant annet i Sverige, Danmark og Australia. I Australia gjelder dette kravet belyste veger foruten om høystandard veger som f.eks. motorveger (der gjelder estetiske krav).

Parameterne som bestemmer kravene her i tillegg til dimensjonerende fart er vertikalakselerasjonen.

Dim. fart [km/t]	Minimum vertikalkurveradius i lavbrekk ved komfortkrav [m]					
	Norge 2018	Norge 2014	Sverige	Danmark	Stor- britannia	Australia
130				2 610		2 700
120	3 700	3 800/ 3 700	2 500	2 220	3 700	2 300
115		3 400				
110	3 100		2 000	1 870		1 900
105		2 800				
100	2 600	2 600	1 500	1 550	2 600	1 600
95	2 300	2 300		1 400		
90	2 100	2 100		1 250		1 300
85	1 900/ 1 100	1 900			2 000	
80	1 000	1 600	1 000	990		1 000

Tabell 7.14 $R_{v, \min}$ lavbrekk – krav til komfort

Av tabellen over kan man se at minimumskravene til Storbritannia og Norge skiller seg noe ut med høye verdier enn andre land som setter kravet til komfort. Dette må da komme av at disse to landene benytter en høyere verdi for vertikalakselerasjon enn de tre andre landene. Årsaken til mindre forskjeller er sannsynligvis avrundinger i tillegg til at enkelte land oppgir kravet som en K-verdi, som ikke har et absolutt forhold til kurveradius.

Mange land har også sikt som dimensjonerende krav for minimum lavbrekk, enten sammen med komfort eller som eneste krav. I tabellen under er det oppsummert verdiene på disse landenes krav. I flere land gjelder dette kravet på veger som ikke har belysning, blant annet i Sverige, Danmark og Australia. I Australia gjelder kravet kun for veger uten belysning foruten om høystandard veger som f.eks. motorveger (der gjelder estetiske krav).

Grunnlaget for beregningene er ofte er stoppsikt lengden, lyshøyden på bil, objekthøyden og vegens stigning, men det kan også være andre inngangsparametere som grunnlag for kravet.

Dim. fart [km/t]	Minimum vertikalkurveradius i lavbrekk ved siktkrav [m]				
	Sverige	Danmark	Australia	Tyskland	USA
130	7 820	2 570	4 300	8 800	7 300
120	6 500	1 950	3 700	5 700	6 300
110	5 500	1 450	3 100		5 500
100	4 500	1 060	2 600	4 000	4 500
90	3 328	750	2 100		3 800
80	2 500	510	1 700	2 600	3 000

Tabell 7.15 $R_{v, \min}$ lavbrekk – krav til sikt

Fra tabell 7.15 kan man se at siktkravene for lavbrekk i ulike land er svært forskjellig, der spesielt Danmark har lave verdier. Dette kan komme av at grunnlaget for kravene er forskjellig fra land til land. Blant annet settes minimumskravene i enkelte land etter veger med lengdefall, noe som gir lengre stopplengde. Dette praktiseres ulikt i andre land, og dette kan gjøre at kravet her blir lavere. Siden stoppsikt lengden også er en inngangsparameter vil størrelsen på dette kravet også påvirke kravet her.

Som eneste av de 7 sammenlignede landene har Australia et dimensjonerende minimumskrav for estetikk for sine høystandard veger, som for eksempel motorveger og viktige hovedveger. Disse kravene er oppsummert i tabell 7.16.

Dim. fart [km/t]	Minimum vertikalkurveradius i lavbrekk ved estetikkraft [m]
	Australia
130	6 900
120	6 000
110	5 100
100	4 200
90	3 500

Tabell 7.16 $R_{v, \min}$ lavbrekk – krav til estetikk

7.2 Friksjon

Det er i kapittel 6 gjennomgått 7 ulike land og deres verdier for friksjon som benyttes i beregningene. Disse skal nå sammenlignes med hverandre og med de opptredende verdiene for friksjon som ble funnet i friksjonsdatabasen. De forskjellige friksjonsverdiene blir så videre benyttet for å regne ut linjeføringsparameterne horisontalkurveradius, stoppsikt og vertikalkurveradius i høybrekk. Dette er alle sentrale linjeføringsparametere som er avhengig av friksjon i utregningen i Norge. På denne måten vil man få en oversikt over hvilke minimumskrav de ulike friksjonsverdiene gir ved beregning med norske metoder.

Ved litteraturstudie av ulike lands verdier ble det funnet at de fleste land benytter sidefriksjon ved beregning av minimum horisontalkurve. Storbritannia var det eneste landet der sidefriksjon ikke var en variabel i formelen for horisontalkurve, og hvilken sidefriksjon Storbritannias formel tilsvarte ble regnet ut ved hjelp av norske formler. Denne ble funnet å være uavhengig av hastigheten. De resterende landene benyttet alle sidefriksjon i beregningene av minimum horisontalkurvatur, der friksjonsverdien blir større ved minkende hastighet.

Det varierer mellom landene om sidefriksjonen er knyttet til fartsgrensen eller den dimensjonerende farten. Det blir av den grunn beregnet med en sidefriksjon både med friksjonsverdier med fart knyttet til fartsgrensen etter norske metoder og med friksjonsverdier med fart knyttet til den dimensjonerende farten i de ulike landene. Sistnevnte metoder angår kun Sverige og Australia ettersom de er de eneste som har fartstillegg ved min. horisontalkurvatur og deres dimensjonerende fart kunne benyttes i sammenligningene.

For bremsefriksjonen gir ikke dette noe forskjell, ettersom Norge og Sverige er de eneste landene som skiller bremsefriksjonen ved ulik fart. Sverige har i sine beregninger to krav der minimumskravet beregnes uten fartstillegg og det ønskede kravet beregnes med fartstillegg, slik at denne problemstillingen ikke blir aktuell her. De resterende landene opererer med konstant verdi for bremsefriksjon, siden beregningene gjøres på rettstrekninger.

For bremsefriksjon ble det funnet at bare Norge, Sverige og Danmark benytter bremsefriksjon ved utregningen av stoppsikt. Disse tre landene har ifølge deres håndbøker brukt målinger for få verdiene for totalfriksjon for deretter å ha beregnet verdiene som benyttes som

dimensjonerende bremsefriksjon. Danmark har der funnet at totalfriksjon er konstant og uavhengig av hastighet. Dette fører til at bremsefriksjonen, som regnes ut vha. Pytagoras' setning, blir mindre ved minkende hastighet ettersom sidefriksjonen øker med minkende hastighet. I Norge og Sverige er totalfriksjonen og bremsefriksjonen avhengig av hastighet, der friksjonskoeffisienten blir større ved minkende hastighet.

De resterende landene benytter ikke bremsefriksjon i sine utregninger, men benytter i stedet retardasjon. Bakgrunnen for disse tallene er i varierende grad dokumentert og forklart, men bl.a. USA forklarer sin verdi for retardasjon med at dette er et nivå for nedbremsing som de aller fleste trafikanter makter å gjøre og som samtidig er relativt komfortabelt. Dette er vurdert ut ifra utførte forsøk, og det er sannsynlig at også andre land har en slik tilnærming til retardasjonen de benytter. For Storbritannia gjelder det som ved sidefriksjon at bremsefriksjon/retardasjon ikke oppgis som en del av formelgrunnlaget, men er beregnes fram fra andre verdier som brukes i Storbritannia ved formelen som benyttes i Norge for stoppsikt. For alle landene som benytter retardasjon i sine beregninger har denne blitt gjort om til en verdi for bremsefriksjon, slik at den kan benyttes i sammenligningen med andre land ved norske metoder.

I tabell 7.17 under er alle grunnlagsdata som er fastsatt i norske håndbøker (2018) og som brukes ved utregning av de aktuelle linjeføringsparameterne ved norske metoder oppsummert, foruten om friksjonsverdiene der verdiene som er funnet fra ulike land og fra databasen skal benyttes.

I Norge varierer den dimensjonerende farten ved beregning av sidefriksjon og bremsefriksjon på veger med fartsgrense 80 og 90 km/t. Dette kommer av at fartsprofiltillegget er 0 km/t for beregning av minimum horisontalkurvatur og 5 km/t for beregning av minimum stoppsikt og vertikalkurveveradier på horisontalkurver >1750 m. I denne sammenligningen beregnes der for stoppsikt og vertikalkurveveradier på rettstrekninger, altså med fullt fartsprofiltillegg.

For fartsgrense 80 km/t er det i denne sammenhengen kun tatt med verdier for dimensjonerende fart for hovedveger, altså er ikke den dimensjonerende farten for øvrige hovedveger med i beregningene. Det vil si 5 km/t i fast fartstillegg og 5 km/t i fartsprofiltillegg, slik at alle sammenligninger av utregninger blir gjort med lik dimensjonerende fart. Kravet som er satt i N100 til øvrige hovedveger er likevel tatt med som sammenligningsgrunnlag.

I Norge dimensjoneres det ikke lenger (i 2018-versjonen av N100) for veger med fartsgrense 100 km/t, og det er derfor ikke fastsatt et fartstillegg eller fartsprofiltillegg i håndbøkene her.

Det er likevel ønskelig å benytte fartsgrense 100 km/t i sammenligningen av friksjonsverdiene, og det er derfor antatt verdier på fartstillegget som er likt det som benyttes for fartsgrense 110 km/t. Overhøyden er antatt til 0,08 ettersom dette ble benyttet i 2014-utgaven av N100 ved fartsgrense 100 km/t.

Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Dimensjonerende fart ved f_k	120	110*	95	85
Dimensjonerende fart ved f_b	120	110*	100	90
Overhøyde	0,075	0,080**	0,080	0,080
Reaksjonstid, t_r	2,0	2,0	2,0	2,0
Øyehøyde, a_1	1,10	1,10	1,10	1,10
Objekthøyde, a_2	0,25	0,25	0,25	0,25

*Samme verdier for fartstillegg som ved fartsgrense 110 km/t er benyttet.

**Samme verdi som ved fartsgrense 100 km/t etter N100 fra 2014 er benyttet.

Tabell 7.17 Grunnlagsdata som brukes ved beregning av linjeføringsparametere i kap. 7.2

Verdiene oppgitt i tabell 7.17 vil benyttes i alle beregninger som gjøres i dette delkapitlet.

7.2.1 Sidefriksjon

Verdiene for sidefriksjon som er funnet fra de 7 landene og friksjonsdatabasen og som skal benyttes videre er vist i tabell 7.18 på neste side.

Alle lands friksjonsverdier er i utgangspunktet koblet sammen med fartsgrensen ved funn av sidefriksjonsverdien, noe som vil være riktig for Norge, Danmark og Storbritannia. For Sverige og Australia knyttes friksjonsverdien egentlig til den dimensjonerende farten som ville vært brukt ved den aktuelle fartsgrensen. Det er derfor laget to sett verdier for disse landene, der den ene friksjonsverdien er hentet/beregnet direkte fra fartsgrensen, som bare kalles «Sverige» og Australia», og den andre der friksjonsverdiene gjelder for den tilhørende dimensjonerende farten, kalt «Sverige Vdim_S» og «Australia Vdim_A». For USA og Tyskland ble det ikke funnet noe sammenlignbar dimensjonerende fart i kap 5, og disse verdiene for sidefriksjon er den dimensjonerende farten satt lik fartsgrensen for å kunne sammenligne disse verdiene.

Friksjonsverdiene i Norge fra 2018-håndboka er navngitt Norge 18. Fra 2014-håndboka er verdiene ulik etter hvilken dimensjoneringsklasse som benyttes Her er dimensjoneringsklassene fra H3 til H9 samt NA-rundskriv 2015/2 (gjelder fartsgrense 110 km/t) benevnt «Norge 14_H3-H9/NA», dimensjoneringsklasse H2 er kalt «Norge 14_H2» og øvrige hovedveger er kalt «Norge 14_Hv.Ø».

For den friksjonsverdiene fra databasen er det tatt med 85-, 90 og 95 %-fraktilen ved norsk fordeling fra totalfriksjonen, og for 95 %-fraktilen også ved svensk fordeling, forkortet «Sv. ford.».

Dimensjonerende verdier for sidefriksjon				
Fartsgrense [km/t]	110	100	90	80
85%-fraktil	0,073	0,098	0,120	0,145
90%-fraktil	0,069	0,092	0,114	0,137
95 %-fraktil	0,061	0,083	0,102	0,124
95 %-fraktil_Sv. ford.	0,093	0,103	0,114	0,127
Norge 18	0,075	0,098	0,119	0,157
Norge 14_H3-H9/NA	0,063	0,070	0,100	0,120
Norge 14_H2				0,150
Norge 14_Hv.Ø				0,170
Sverige	0,097	0,107	0,118	0,130
Sverige Vdim_S	0,088	0,097	0,107	0,118
Danmark	0,097	0,107	0,118	0,130
Storbritannia	0,060	0,060	0,060	0,060
Tyskland	0,101	0,107	0,114	0,120
USA	0,110	0,120	0,130	0,140
Australia	0,120	0,120	0,130	0,160
Australia Vdim_A	0,110	0,120	0,120	0,130

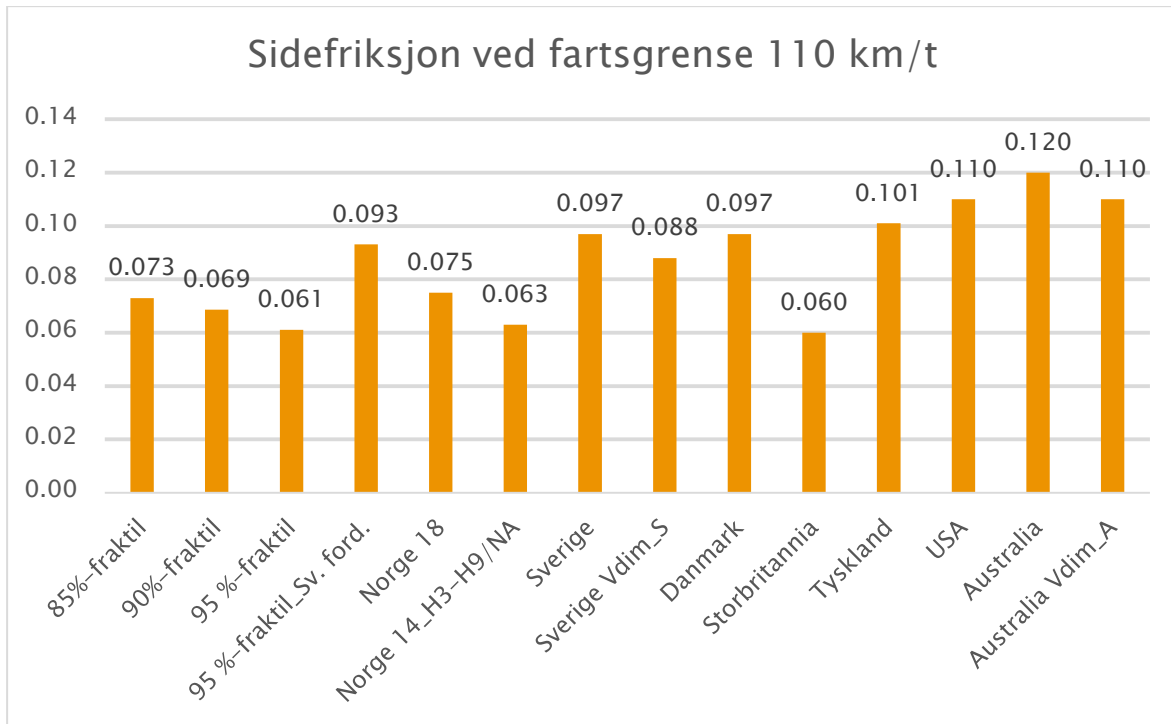
Tabell 7.18 Sidefriksjon fra ulike land og fra friksjonsdatabasen

Figur 7.17 og 7.18 under viser en grafisk fremstilling av tabell 7.18 for fartsgrensene 80 og 110 km/t, da resterende fartsgrenser gir omtrent like forhold mellom verdiene.

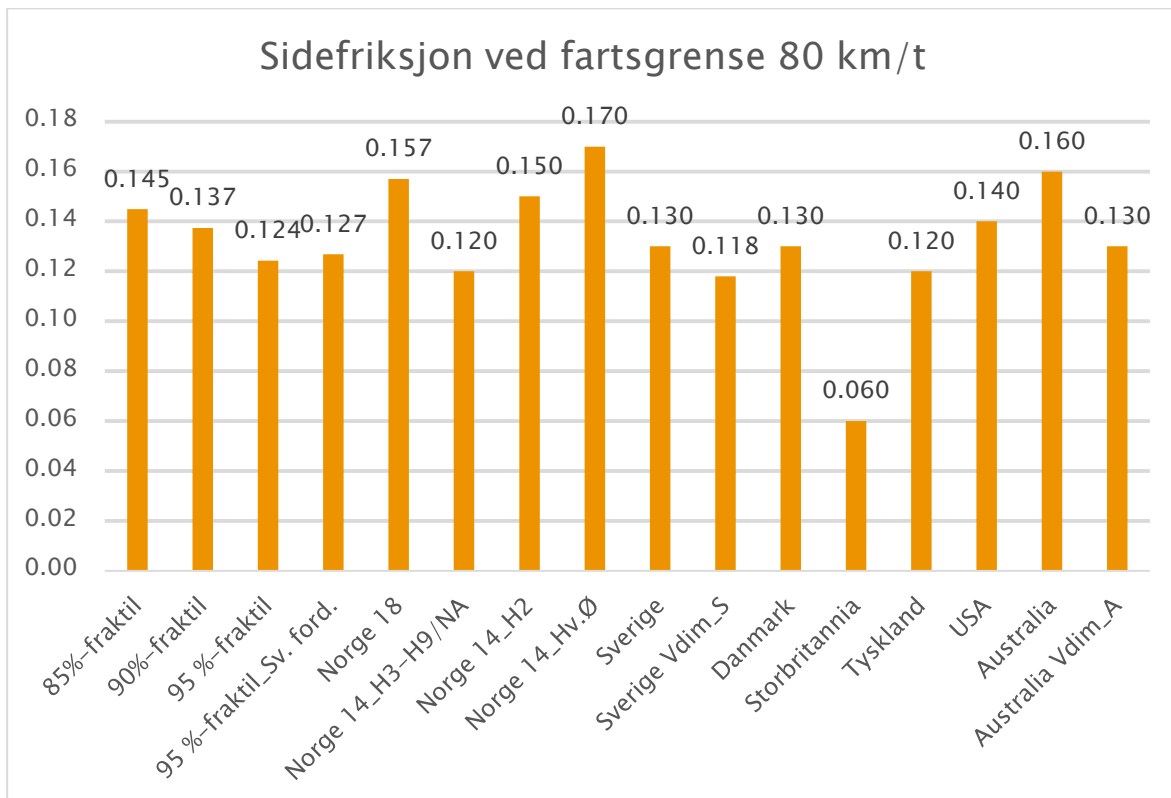
Fra figurene og tabellen kan man se at Storbritannias verdier for sidefriksjon er særlig lav for fartsgrense 80 km/t med 0,06, men siden denne er konstant for hastighet og andre land minker sidefriksjonen ved økende hastighet er Storbritannias verdi ikke mye lavere enn andre lands og målte verdier ved fartsgrense 110 km/t.

Man kan også se at Norges verdier er noe høyere enn andre lands verdier ved lav hastighet og høyere enn alle fraktilverdiene i databasen, mens ved høy hastighet brukes relativt lave verdier sammenlignet med andre land, og er nær fraktilene for den målte friksjonen.

95 %-fraktilen gir forholdsvis lave verdier for sidefriksjon, spesielt ved høy fartsgrense.



Figur 7.17 Sidefriksjon fra ulike land og database ved fart 110 km/t



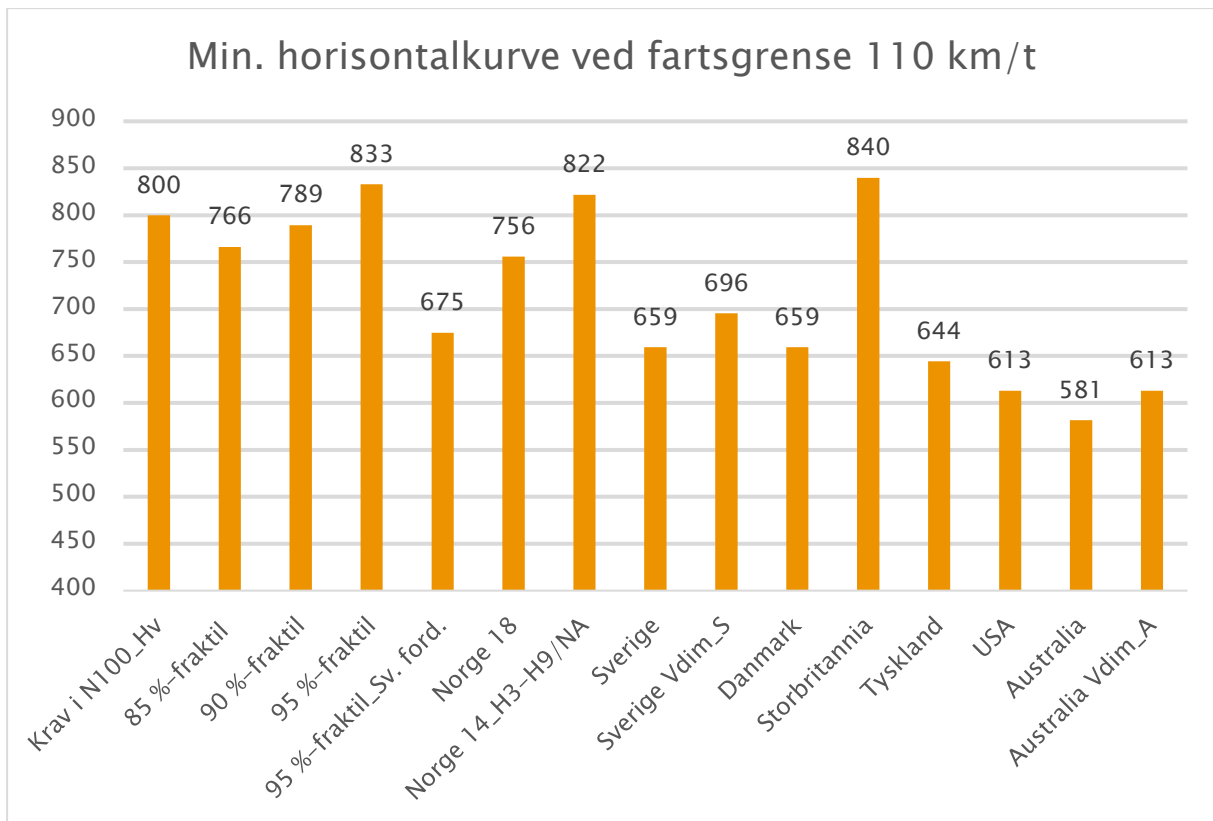
Figur 7.18 Sidefriksjon fra ulike land og database ved fart 80 km/t

Følger for minimum horisontalkurve

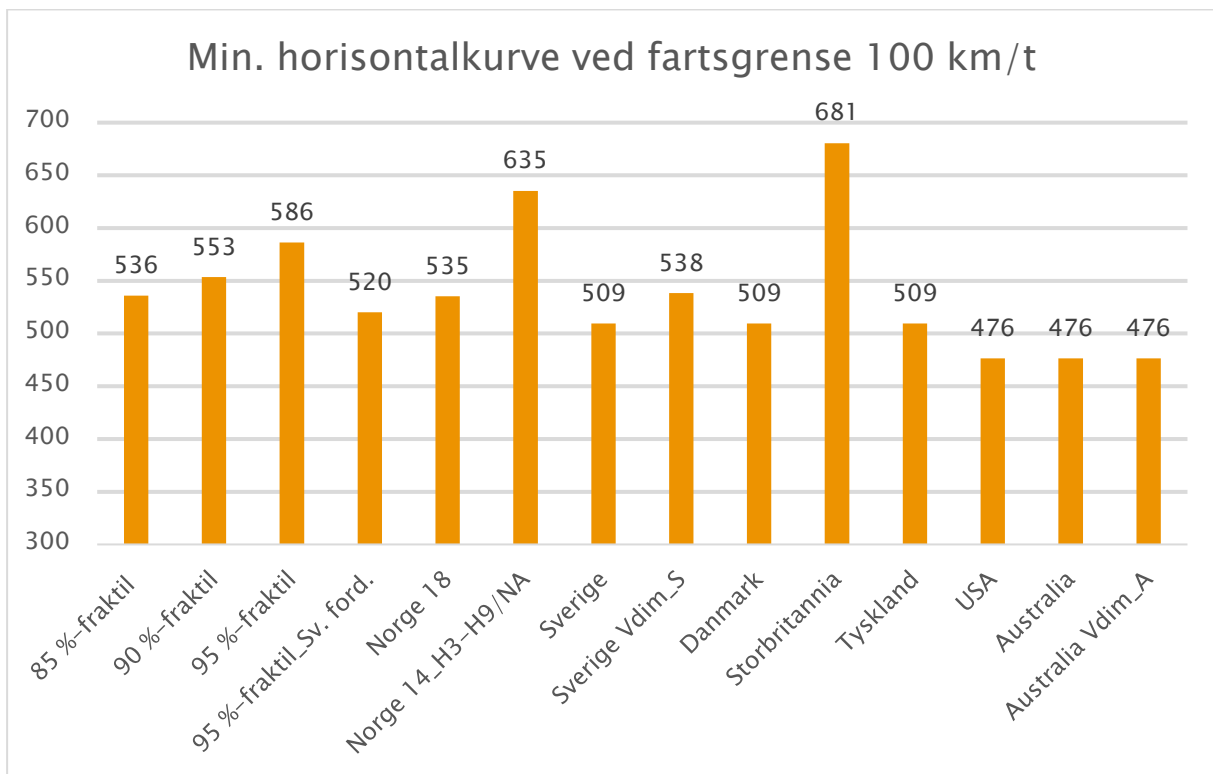
Ved å benytte friksjonsverdiene i tabell 7.18 i formelen for minimum horisontalkurvatur som benyttes i Norge som er gitt tidligere i oppgaven fås verdier for horisontalkurvatur som er gitt i tabell 7.19 under. Selv om Sverige og Australias friksjonsverdier er hentet fra deres dim. fart brukes altså fortsatt norsk verdi for dim. fart V i formelen for utregning av minimum horisontalkurve. Sammen med de utregnede verdiene oppgis også kravet i 2018-utgaven av N100, som tilsvarer den avrundede verdien av utregningen.

Minimum horisontalkurveveradius [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100_Hv	800		400	250
Krav i N100_Hv.Ø				225
85 %-fraktil	766	536	355	253
90 %-fraktil	789	553	367	262
95 %-fraktil	833	586	390	279
95 %-fraktil_Sv. ford.	675	520	366	275
Norge 18	756	535	357	240
Norge 14_H3-H9/NA	822	635	395	284
Norge 14_H2				247
Norge 14_Hv.Ø				228
Sverige	659	509	359	271
Sverige Vdim_S	696	538	380	287
Danmark	659	509	359	271
Storbritannia	840	681	508	406
Tyskland	644	509	366	284
USA	613	476	338	259
Australia	581	476	338	237
Australia Vdim_A	613	476	355	271

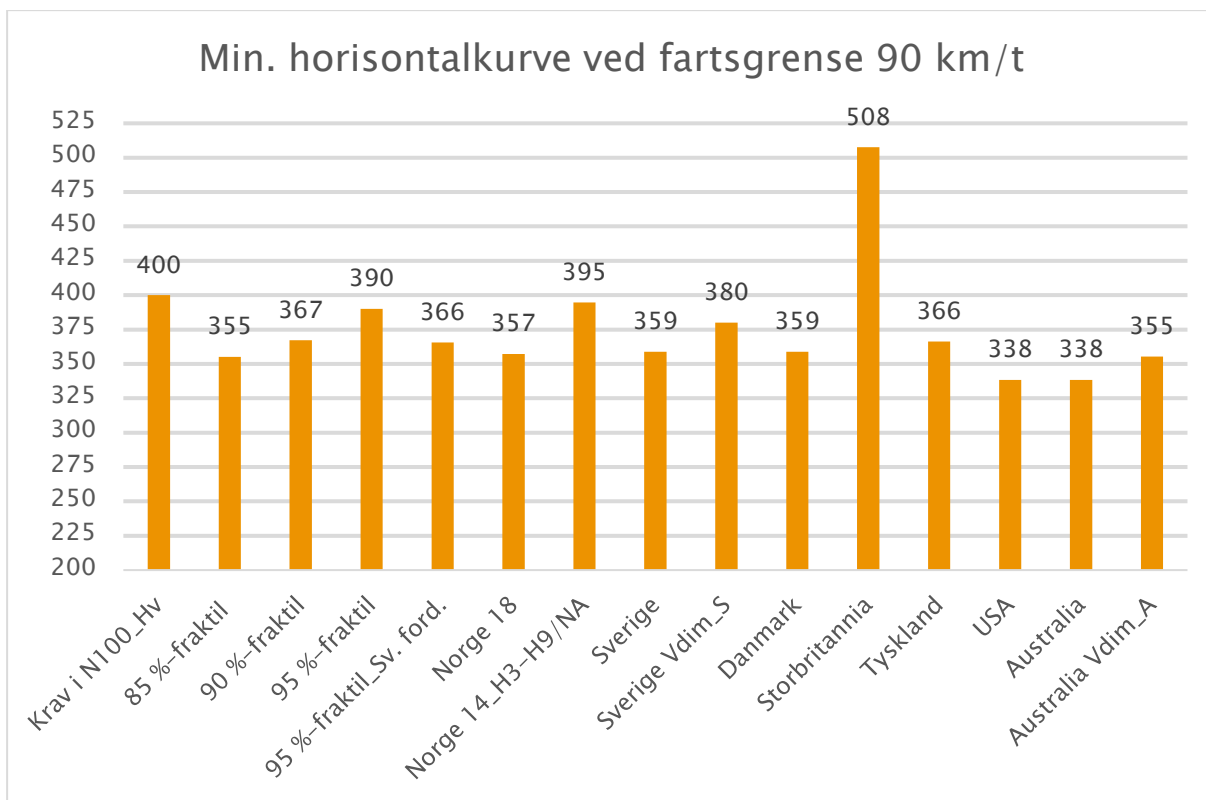
Tabell 7.19 $R_{h, \min}$ fra ulike verdier for sidefriksjon



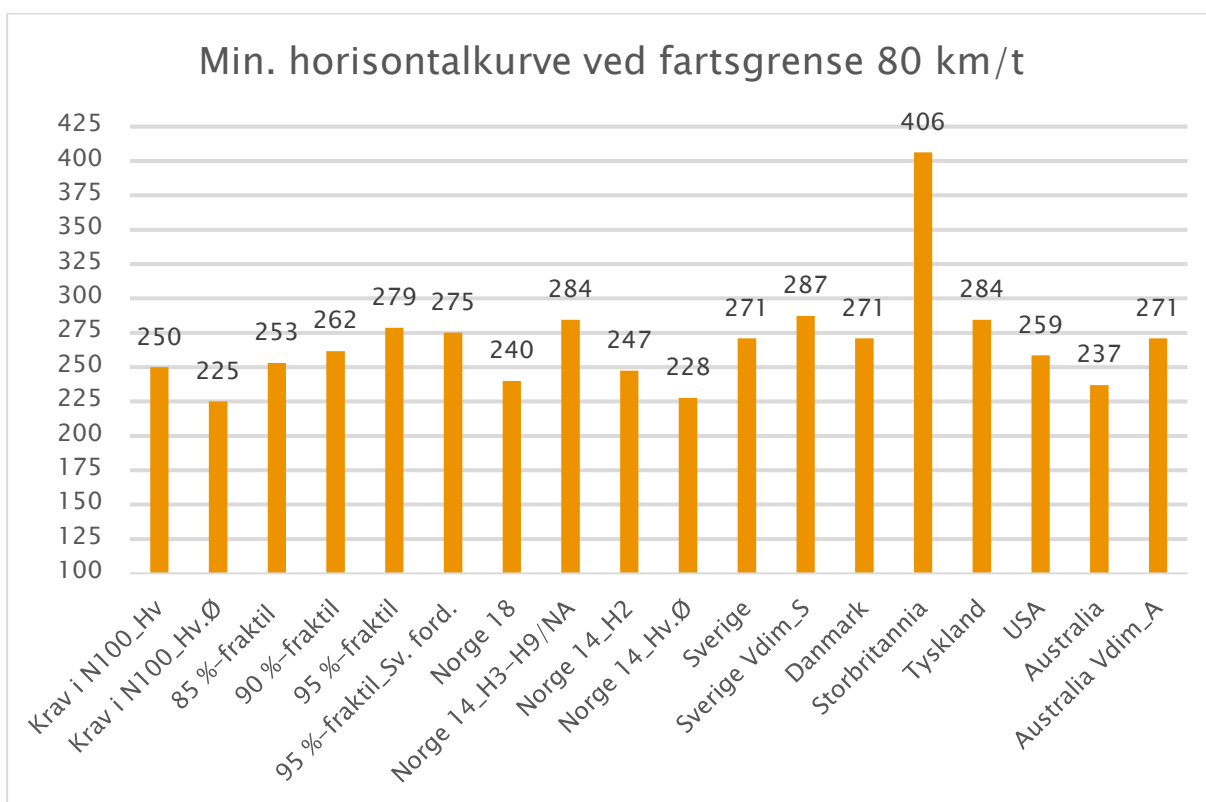
Figur 7.19 R_{h,min} ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende sidefriksjon



Figur 7.20 R_{h,min} ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende sidefriksjon



Figur 7.21 $R_{h, \min}$ ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende sidefriksjon



Figur 7.22 $R_{h, \min}$ ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende sidefriksjon

Fra figur 7.19 til 7.22 kan man se at Storbritannias lave og konstante verdi for sidefriksjon gir høye verdier for minimum horisontalkurvatur ved norsk formel og øvrige grunnparameter. Ved beregning med USA og Australias verdier for friksjon gir dette som oftest de laveste minimumsverdier for horisontalkurver, foruten om ved fartsgrense 80 km/t, da verdiene for sidefriksjon som benyttes her er relativt høye. Man kan også se at de nye verdiene som benyttes i 2018-utgaven av N100 gir en del lavere verdier for minimum horisontalkurvatur enn i 2014-utgaven.

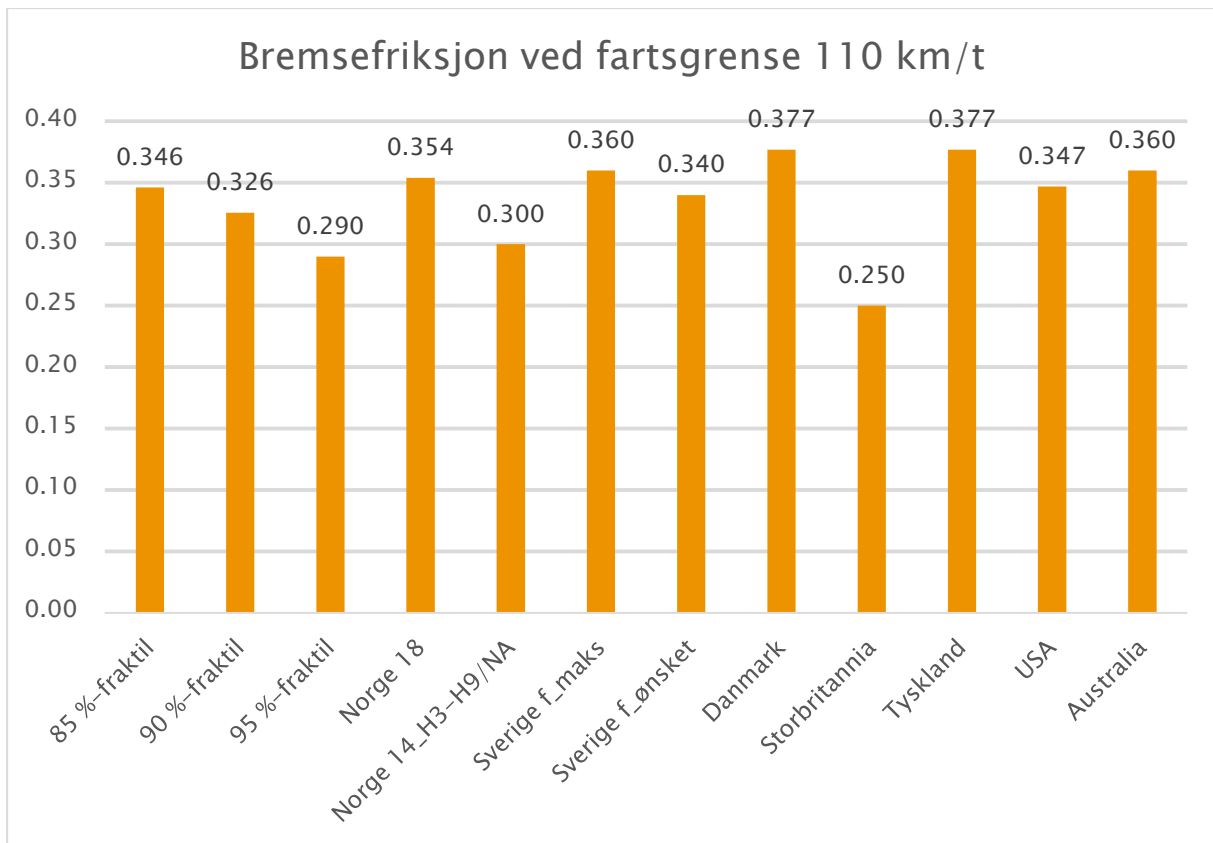
7.2.2 Bremsfriksjon

Verdiene for bremsfriksjon som er funnet fra de 7 landene og friksjonsdatabasen som skal benyttes videre er vist i tabell 7.20.

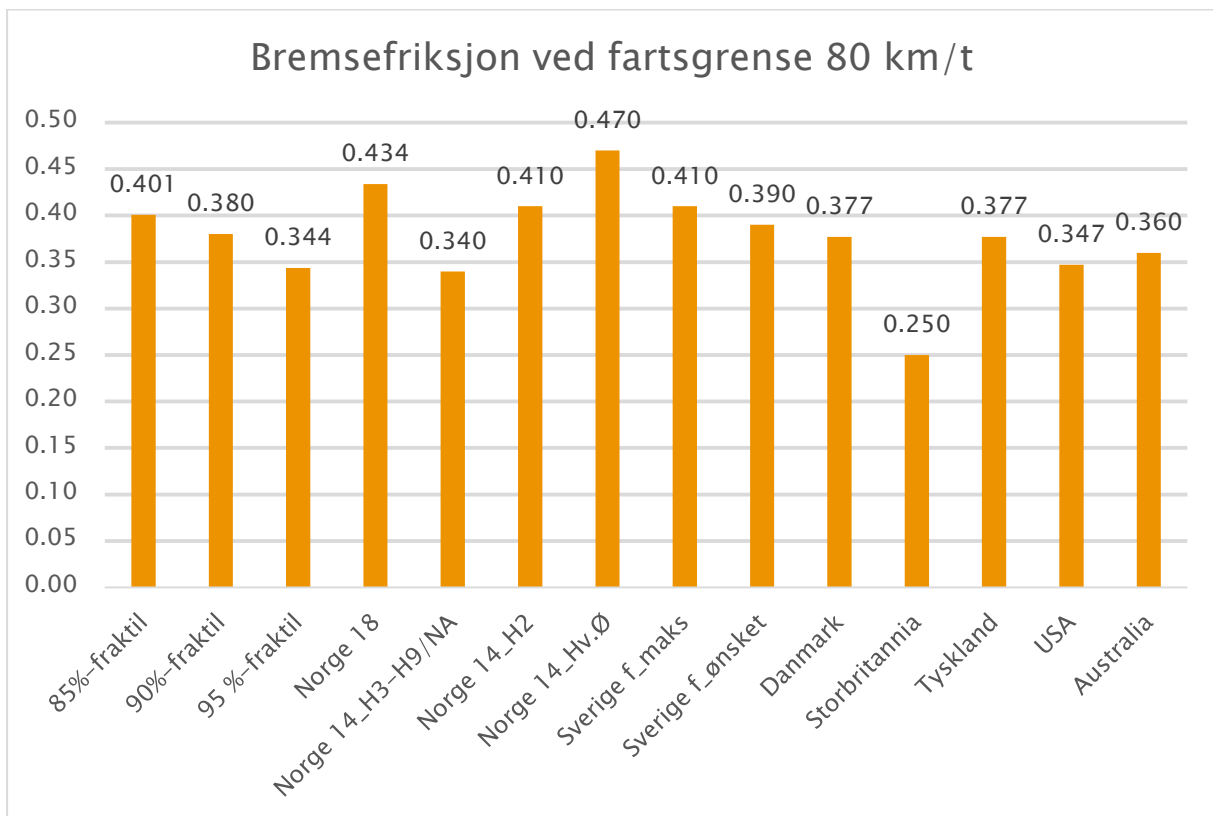
Friksjonsverdiene fra Norge er benevnt likt som ved sidefriksjon. For verdier fra Sverige er det her to krav, et minimumskrav der friksjon er satt til maksverdien for beregning kalt «Sverige v/f_maks», og et ønsket krav der friksjonsverdien er noe lavere kalt «Sverige v/f_ønsket» ettersom friksjonen er funnet fra tilhørende Vdim. Disse to kravsettene er beskrevet i kapittelet om dimensjonerende fart i Sverige.

Dimensjonerende verdier for bremsfriksjon				
Fartsgrense [km/t]	110	100	90	80
85 %-fraktil	0,346	0,364	0,382	0,401
90 %-fraktil	0,326	0,343	0,361	0,380
95 %-fraktil	0,290	0,307	0,325	0,344
Norge 18	0,354	0,365	0,387	0,434
Norge 14_H3-H9/NA	0,300	0,270	0,330	0,340
Norge 14_H2				0,410
Norge 14_Hv.Ø				0,470
Sverige f_maks	0,360	0,370	0,390	0,410
Sverige f_ønsket	0,340	0,360	0,370	0,390
Danmark	0,377	0,377	0,377	0,377
Storbritannia	0,250	0,250	0,250	0,250
Tyskland	0,377	0,377	0,377	0,377
USA	0,347	0,347	0,347	0,347
Australia	0,360	0,360	0,360	0,360

Tabell 7.20 Bremsfriksjon fra ulike land og fra friksjonsdatabasen



Figur 7.23 Bremsefriksjon fra ulike land og database ved fart 110 km/t



Figur 7.24 Bremsefriksjon fra ulike land og database ved fart 80 km/t

Av tabell 7.20 og figur 7.23 og 7.24 kan man se at også for verdiene for bremsefriksjon skiller Storbritannia seg ut med spesielt lave verdier for den konstante friksjonen (retardasjonen) som benyttes. Ved lav fartsgrense skiller noen norske friksjonsparametere seg ut med høye verdier. Dersom en sammenligner norske 2018-verdier med svenske verdier, som er de eneste som differensierer på bremsefriksjon ved ulik hastighet, ser man at differansen ved ulik fartsgrense er relativt lik for Norge og Sverige ned til og med fartsgrense 90 km/t. Ved fartsgrense 80 km/t ser man at differansen for Norges verdier blir en del større, noe som kommer av at Norge her ikke benytter sikkerhetsfaktor for å finne dimensjonerende friksjon.

Ved høy fartsgrense har Danmark og Tyskland (som har like verdier) de høyeste verdiene. Disse to landene er blant landene med konstante friksjonsverdier ved ulik hastighet som har de høyeste verdiene for friksjon.

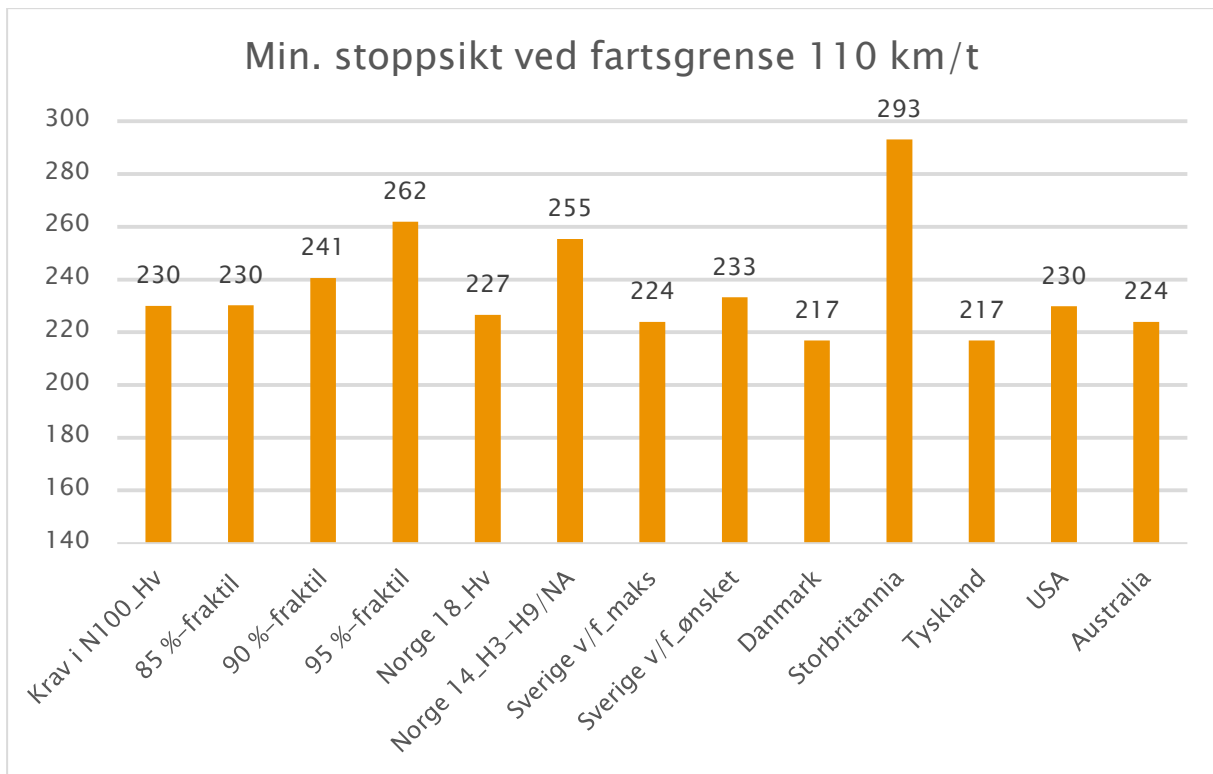
Sammenlignes friksjonsverdiene som er funnet gjennom friksjonsdatabasen kan man se at 95 %-fraktilen har en lavere verdi enn de fleste land, også Norge 2018 som i sitt grunnlag baserer seg på 95 %-fraktilen av målinger som er utført. 85 %-fraktilen er stort sett den verdien fra databasen som ligger nærmest de fleste lands verdier.

Følger for minimum stoppsiktlengde

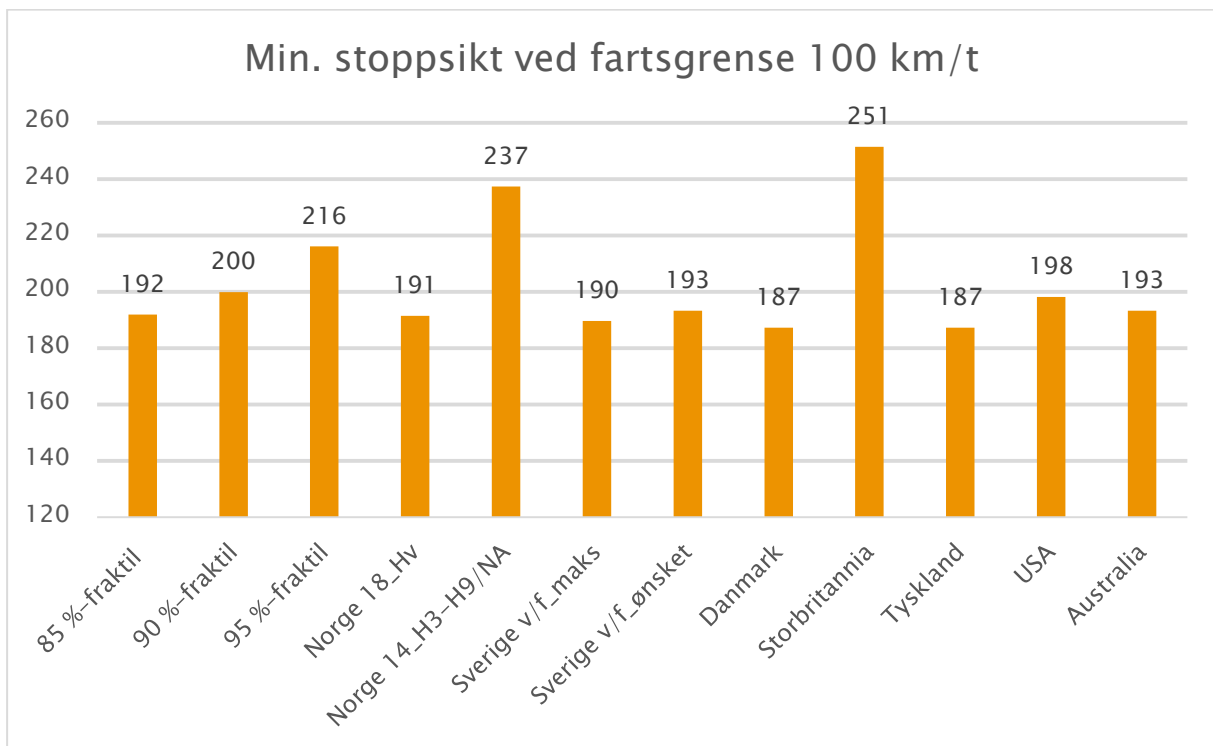
Ved å benytte verdiene for bremsefriksjon i tabell 7.20 i formelen for stoppsiktlengde som benyttes i Norge som er gitt tidligere i oppgaven fås verdier for stoppsiktlengder som er gitt i tabell 7.21. Sammen med de utregnede verdiene oppgis også kravet i 2018-utgaven av N100, som tilsvarer den avrundede verdien av utregningen.

Minimum stoppsiktlengde [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100_Hv	230		160	125
Krav i N100_Hv.Ø				115
85 %-fraktil	230	192	158	129
80 %-fraktil	241	200	164	134
95 %-fraktil	262	216	176	143
Norge 18_Hv	227	191	157	123
Norge 14_H3-H9/NA	255	237	175	144
Norge 14_H2				128
Norge 14_Hv.Ø				118
Sverige v/f_maks	224	190	156	128
Sverige v/f_ønsket	233	193	162	132
Danmark	217	187	160	134
Storbritannia	293	251	213	177
Tyskland	217	187	160	134
USA	230	198	169	142
Australia	224	193	165	138

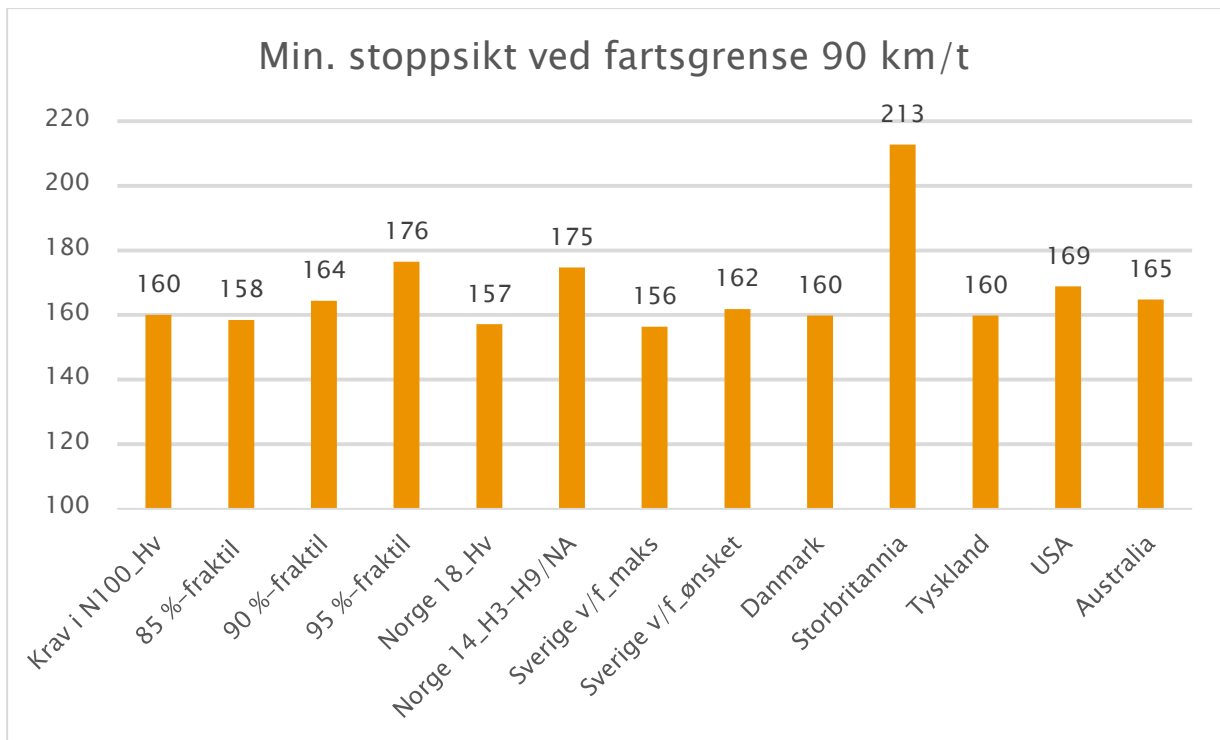
Tabell 7.21 Stoppsikt fra ulike verdier for bremsefriksjon



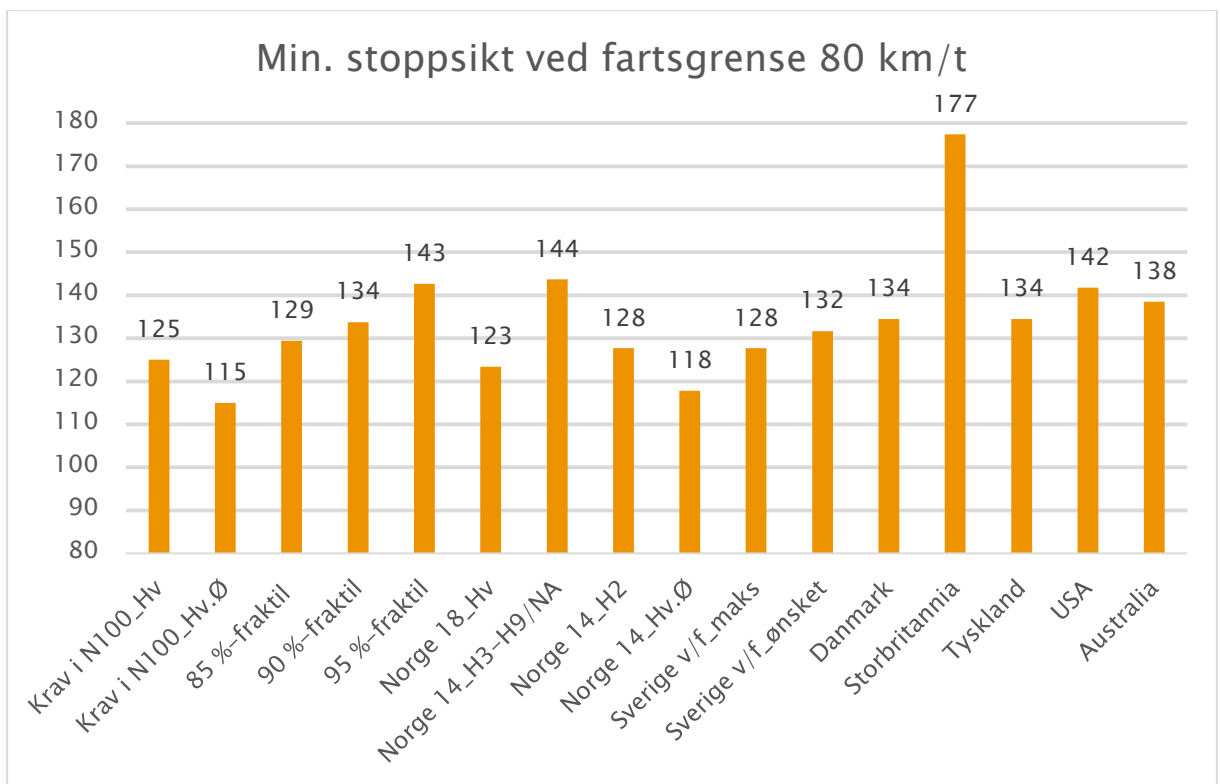
Figur 7.25 Stoppsikt ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon



Figur 7.26 Stoppsikt ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon



Figur 7.27 Stoppsikt ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon



Figur 7.28 Stoppsikt ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon

Av figur 7.25 til 7.28 ser man generelt at det er enkelte verdier som stikker seg ut ved alle fartsgrenser. Men det er også preget av at det 5 av landene benytter konstante friksjonsverdier (ev. retardasjon) uavhengig av hastigheten. Storbritannias skiller seg ut ved alle fartsgrenser, og siden verdiene der for bremsefriksjon er lave gir dette høye verdier for minimumskravet til stoppsikt.

Norske verdier fra 2014 er også noe høyere enn de fleste andre land og verdier, men man ser at 2018-verdiene i Norge for det meste er på nivå med gjennomsnittet ved fartsgrense 110 og 100 km/t, men er noe lavere ved 90 og 80 km/t. Dette kommer av at flere andre land ikke differensierer friksjonen (retardasjonen) ved ulik hastighet, mens i Norge blir bremsefriksjonene større ved lavere hastighet. Sammenlignes Norge 2018 og Sverige her kan man se at verdiene er nesten like, bortsett fra ved fartsgrense 80 km/t der Norge fjernes sikkerhetsfaktoren for friksjon og får da lavere minimumskrav for stoppsikt.

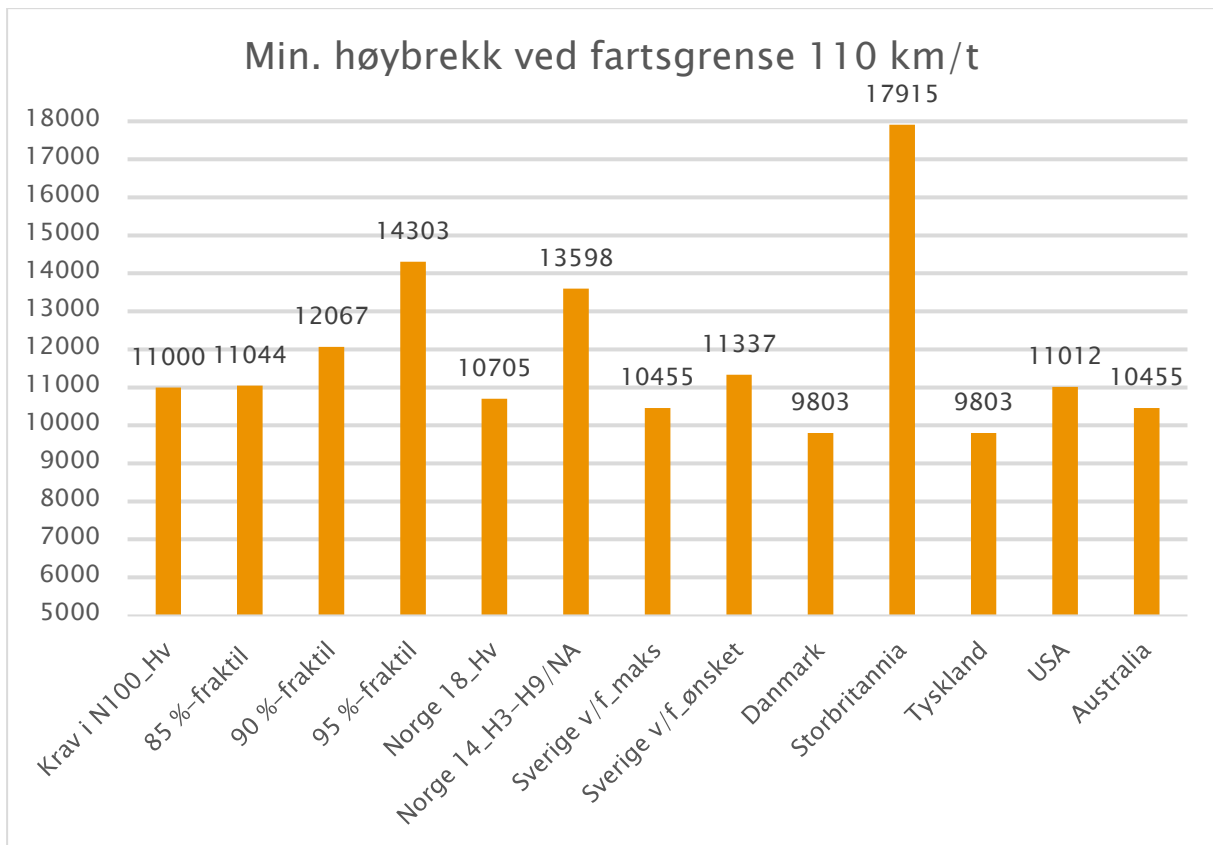
Sammenlignes stoppsiktlengdene fra ulike land med verdiene benyttet fra fraktilene fra friksjonsdatabasen kan man se at det som oftest er friksjonsverdien fra 85 %-fraktilen som gir stoppsiktlengden som er nærmest det de fleste land opererer med. Ved 80 km/t gjør de norske verdiene mer spredning i tallene, og her er det 90 %-fraktilen som passer best med flest land.

Følger for minimum vertikalkurveradius i høybrekk

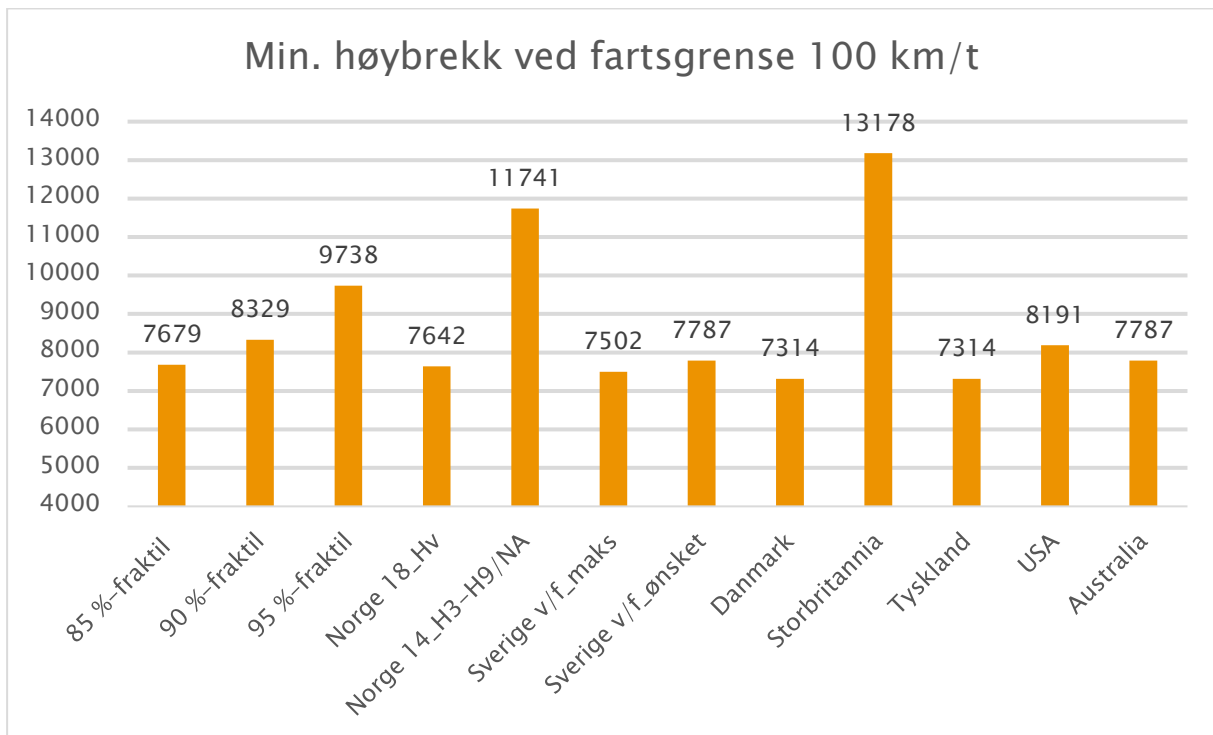
Ved å benytte verdiene for stoppsikt som ble regnet ut i tabell 7.21 regnes det nå på hvilke verdier dette fører til for minimumsverdier for vertikalkurveradius i høybrekk. Formelen for minimum høybrekk som brukes i Norge er gitt tidligere i oppgaven, og ved å benytte denne fås verdier for kurveradier som er gitt i tabell 7.22 under. Sammen med de utregnede verdien oppgis også kravet i 2018-utgaven av N100, som tilsvarer den avrundede verdien av utregningen.

Minimum vertikalkurveradius i høybrekk [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100_Hv	11000		5300	3300
Krav i N100_Hv.Ø				2800
85 %-fraktil	11044	7679	5233	3493
90 %-fraktil	12067	8329	5632	3730
95 %-fraktil	14303	9738	6492	4241
Norge 18_Hv	10705	7642	5149	3174
Norge 14_H3-H9/NA	13598	11741	6363	4303
Norge 14_H2				3398
Norge 14_Hv.Ø				2891
Sverige v/f_maks	10455	7502	5098	3398
Sverige v/f_ønsket	11337	7787	5459	3614
Danmark	9803	7314	5327	3770
Storbritannia	17915	13178	9443	6560
Tyskland	9803	7314	5327	3770
USA	11012	8191	5945	4191
Australia	10455	7787	5660	3997

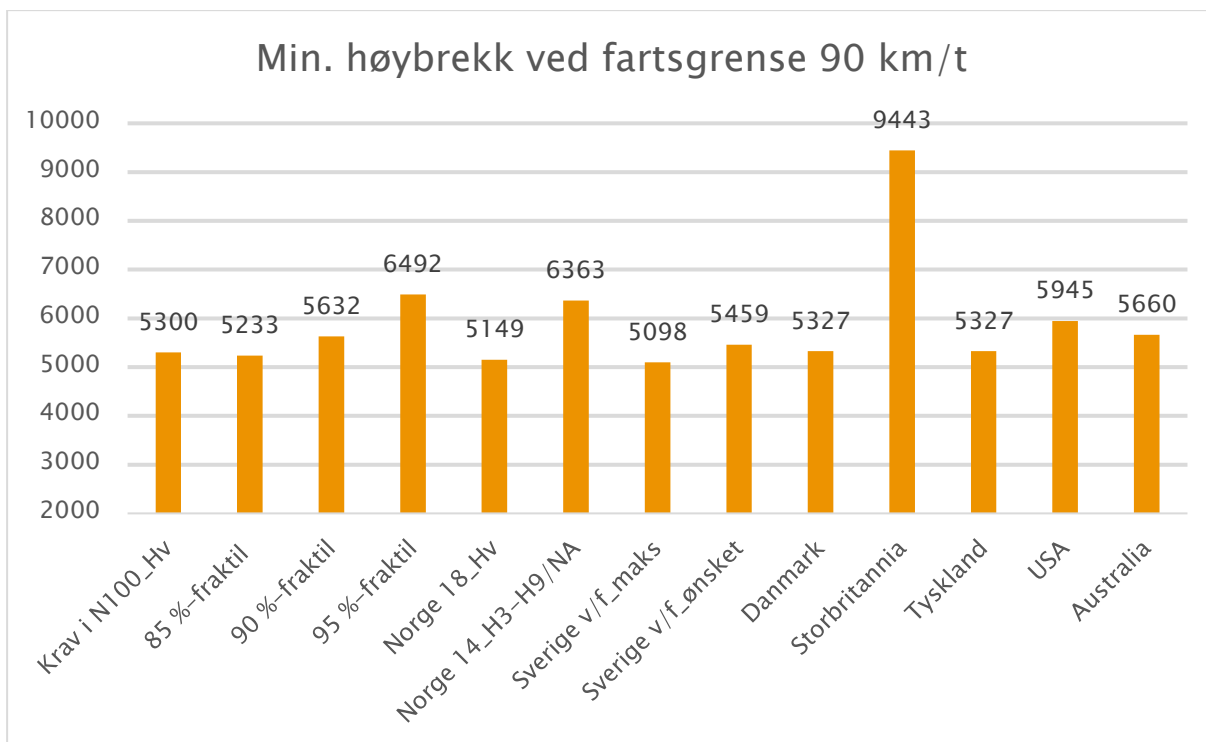
Tabell 7.22 $R_{h, \min}$ høybrekk fra ulike verdier for bremsefriksjon



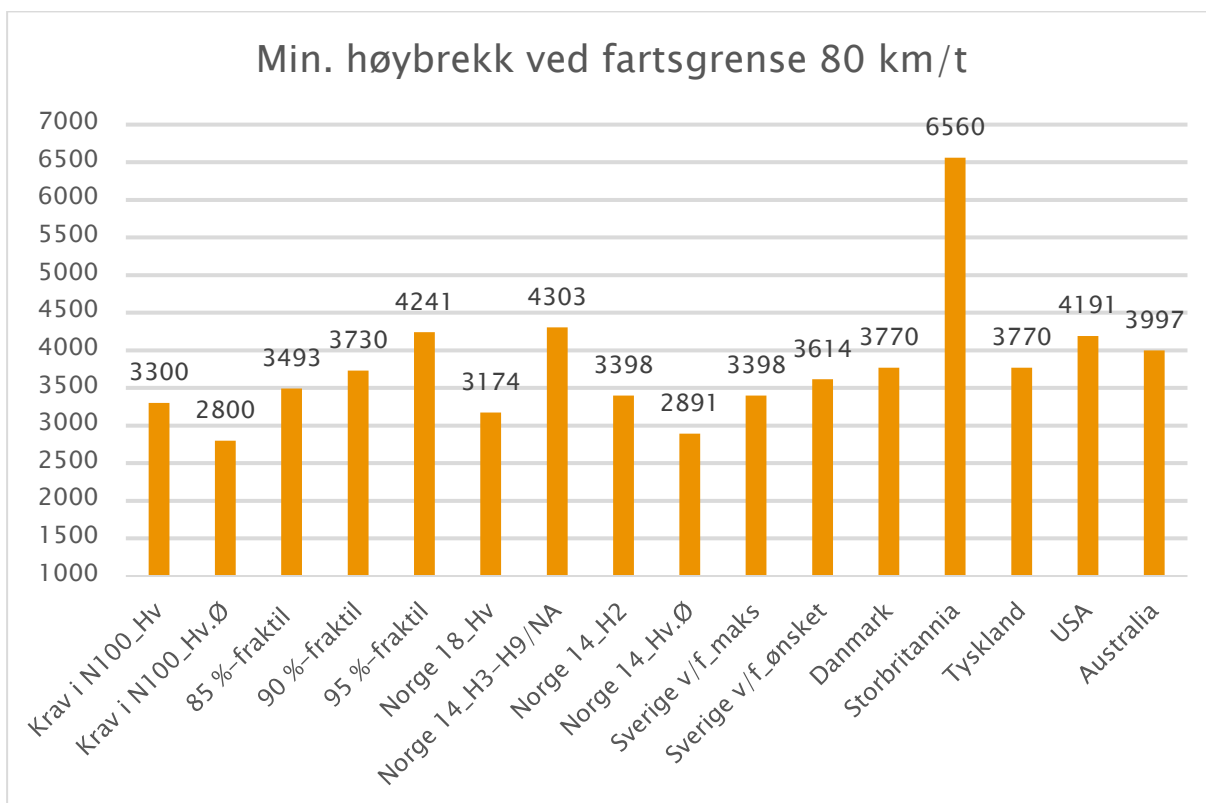
Figur 7.29 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon



Figur 7.30 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon



Figur 7.31 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon



Figur 7.32 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende bremsefriksjon

Fra tabell 7.22 og figur 7.29 til 7.32 ser man de samme trendene som for stoppsikt, ettersom minimum vertikalkurveradius i høybrekk blir beregnet ut i fra stoppsiktenden. Britiske verdier og delvis 2014-verdier i Norge skiller seg ut fra resterende verdier ved at disse gir høye minimumskrav for høybrekk. Man ser også at friksjonsverdiene for 95 %-fraktilen gir relativt høye verdier minimum høybrekk og er høyere enn de fleste lands verdier også Norges verdier for 2018, ettersom 95 %-fraktilen i databasen ga lavere friksjon enn det som benyttes i Norge.

7.3 Dimensjonerende fart og friksjon

Ved denne sammenligningen skal verdier for fart og friksjon som er hentet fra databasene og fra ulike land sammenlignes ved at både verdien for dimensjonerende fart og friksjon benyttes i formler for utregning av linjeføringsparametere som er beskrevet i norske håndbøker. Øvrige grunnparametere som benyttes i formlene bruker verdier i norske håndbøker, og er gitt i tabell 7.23 under. På denne måten kommer det fram hvor stor betydning grunnparametere fart og friksjon utgjør for linjeføringsparametere.

Grunnlagsdata				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Overhøyde	0,075	0,080	0,080	0,080
Reaksjonstid	2,0	2,0	2,0	2,0
Øyehøyde a1	1,10	1,10	1,10	1,10
Objekthøyde a2	0,25	0,25	0,25	0,25

Tabell 7.23 Grunnlagsdata som benyttes i beregningene fra norske håndbøker i kap. 7.3

Ettersom Tyskland og USA hadde en tilnærming til dimensjonerende fart som ble funnet at ikke egnet seg til sammenligning med andre land, benyttes de heller ikke i denne sammenligningen. Derfor inneholder denne sammenligningen landene Norge, Sverige, Danmark, Storbritannia og Australia. Det brukes i denne sammenligningen den samme tilknytningen mellom dimensjonerende fart, fartsgrense, opptredende fart og friksjon som er beskrevet i de forrige delkapitlene.

I kapittelet for sammenligning av friksjon ble det benyttet 85-, 90- og 95 %-fraktilen fra databasen. Dersom dette skal kombineres med de tre verdiene for opptredende fart fra fartsdatabasen vil dette gi mange kombinasjoner med ulike verdier for utregnede linjeføringsparametere. Det er derfor i oppgaven bestemt at bare 95 %-fraktilen ved norsk fordeling av sidefriksjonen benyttes i beregningen av de opptredende verdiene.

I tabellene og figurene der resultatene av denne sammenligningen fremkommer blir verdiene som er hentet fra databasene navngitt med «Opptr. verdier» (fork. for opptredende verdier) og om dette er med opptredende fart fra 2-feltsveg, høyre kjørefelt eller venstre kjørefelt (fork. kj.felt) ved flerfeltsveger (normalt sett 4-feltsveger). Øvrige navngivninger er lik tabeller og forklaringer tidligere i oppgaven.

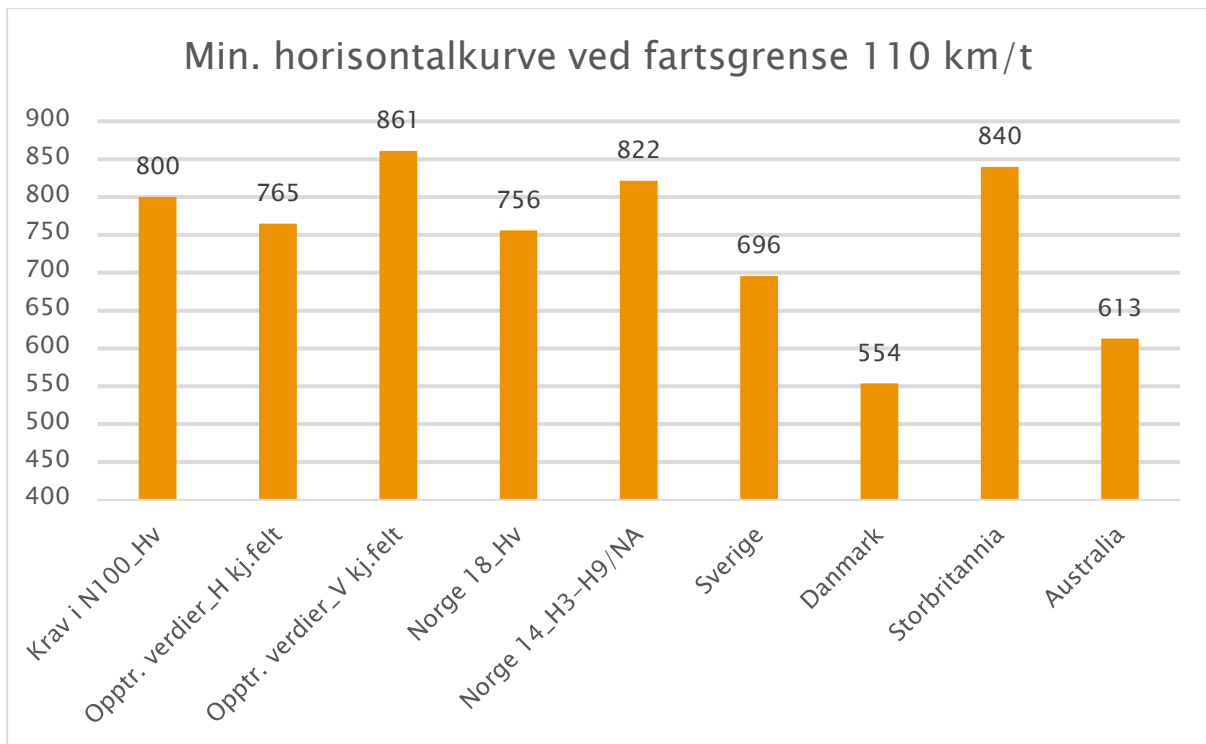
Minimum horisontalkurvatur

I denne sammenligningen beregnes minimum horisontalkurvatur med formel gitt i norske håndbøker, der verdiene for fart og friksjon hentes fra opptredende verdier og verdier som ulike land benytter ved beregning av minimum horisontalkurvatur. Disse verdiene for fart og friksjon er gitt i de to foregående delene av kapittelet med sammenligninger av horisontalkurver. For Sverige og Australia benyttes verdier for sidefriksjon som gjelder inkludert deres dimensjonerende fart. Den norske formelen er også gitt tidligere i oppgaven, mens verdier for overhøyde er gitt i tabell 7.23.

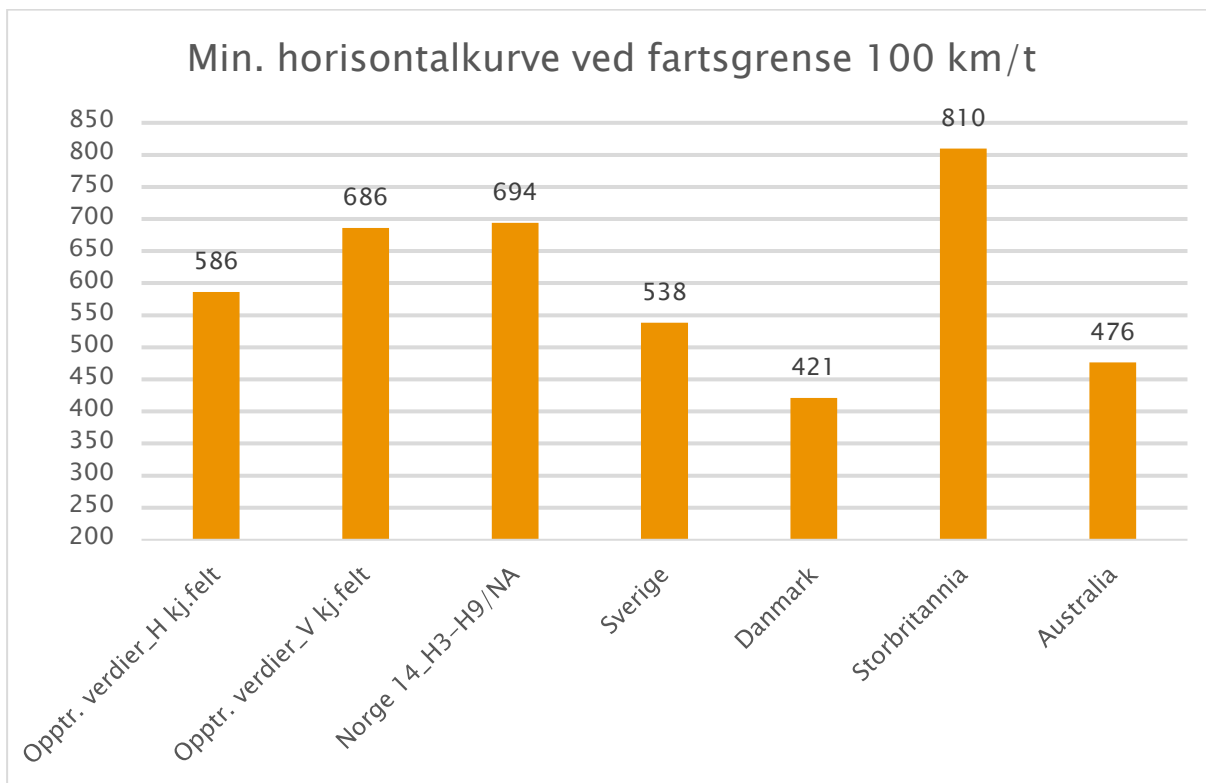
Verdiene som da blir funnet er gitt i tabell 7.24 og figurene på de neste sidene. Startpunktet for verdiaksen i figurene er noe ulikt for å fremheve forskjellene i verdiene som fremkommer, noe som gjør at skalaene blir noe forskjellig i de ulike figurene. Dette må tas i betraktning i vurderingen av figurene.

Minimum horisontalkurveradius [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100_Hv	800		400	250
Krav i N100_Hv.Ø				225
Opptr. verdier_2-feltsveg			407	299
Opptr. verdier_H kj.felt	765	586	424	
Opptr. verdier_V kj.felt	861	686	533	
Norge 18_Hv	756		357	240
Norge 18_Hv.Ø				213
Norge 14_H3-H9/NA	822	694	437	319
Norge 14_H2				247
Norge 14_Hv.Ø				202
Sverige	696	538		322
Danmark	554	421	322	240
Storbritannia	840	810	562	562
Australia	613	476	394	304

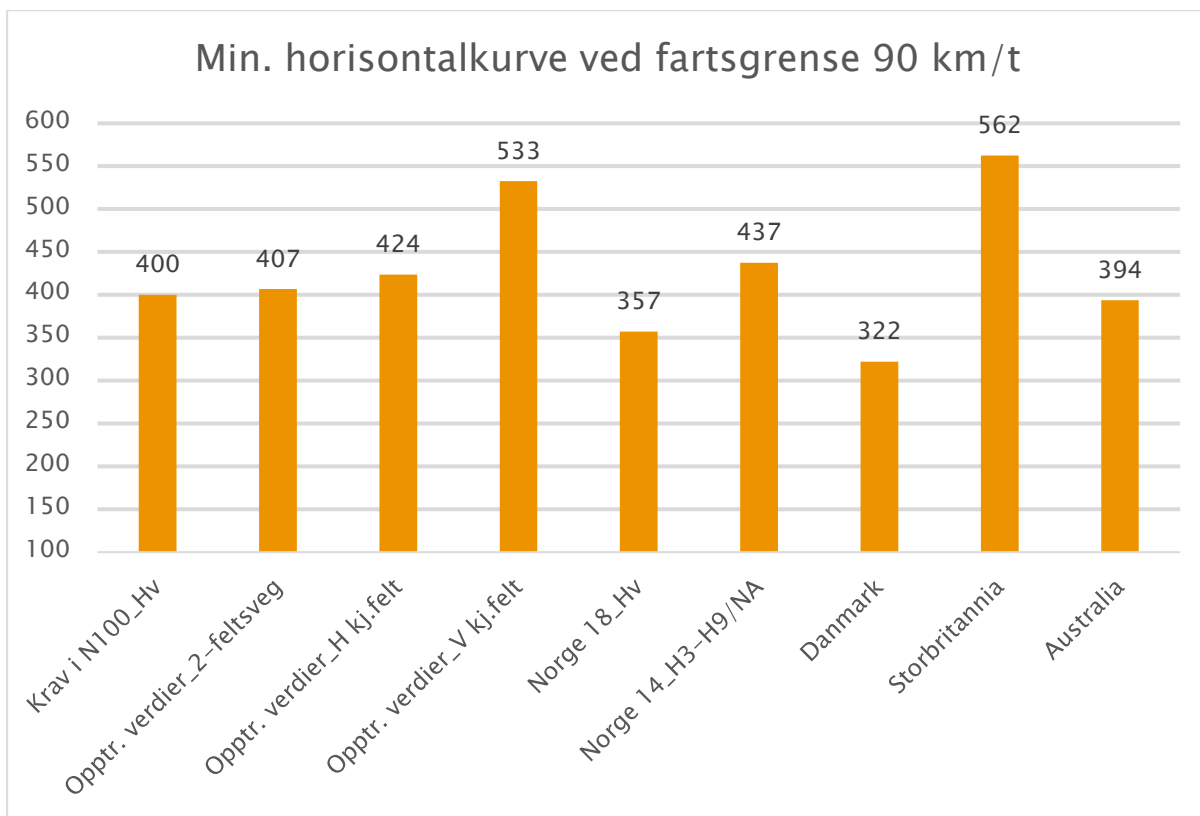
Tabell 7.24 $R_{h, \min}$ fra ulike verdier for dimensjonerende fart og sidefriksjon



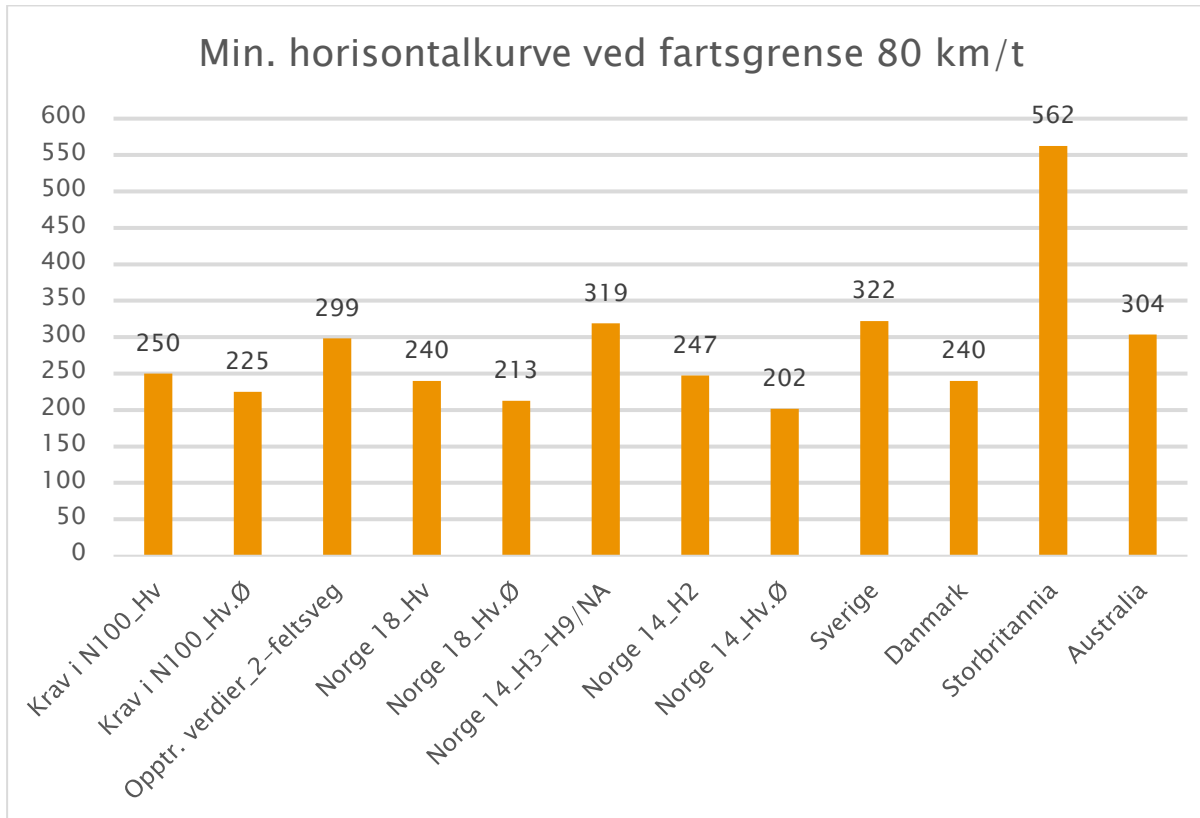
Figur 7.33 $R_{h,min}$ ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og sidefriksjon



Figur 7.34 $R_{h,min}$ ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og sidefriksjon



Figur 7.35 $R_{h, \min}$ ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og sidefriksjon



Figur 7.36 $R_{h, \min}$ ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og sidefriksjon

Av tabell 7.24 og figur 7.33 til 7.36 kan man se at det ved enkelte fartsgrenser er det noen utregninger som skiller seg en del ut. Storbritannia skiller seg ut med høye verdier for minimum horisontalkurvatur ved bruk av deres fart og friksjon, noe som kommer av både en konstant lav verdi for sidefriksjon samt at den dimensjonerende farten blir opptil 20 km/t over fartsgrensen ettersom det er valgt å beregne etter opptredende fart. Det blir da kun dimensjonerende fart på 100 og 120 km/t som er aktuell, og dermed skiller Storbritannia seg spesielt ut ved fartsgrense 80 og 100 km/t hvor de får 20 km/t fartstillegg.

Danmarks verdier for fart og friksjon fører til lave verdier for minimum horisontalkurvatur og dette kommer av at det her dimensjoneres med fartsgrensen, altså uten noe fartstillegg. Ved fartsgrense 80 og 90 km/t bruker Danmark en noe høyere verdi for sidefriksjonen enn andre land, og det gjør at forskjellen ikke er like klar her. Også for Australia fører verdiene for fart og friksjon til lave krav til horisontalkurver ved fartsgrense 100 og 110 km/t, noe som mest kommer av relativt høye verdier for sidefriksjon.

De resterende verdiene har verdier på fart og friksjon som gir minimum horisontalkurvatur ved norske formler som er på nivå med hverandre. Disse stemmer også rimelig godt med utregnede tall med verdier funnet fra databasene, ved flerfeltsveger er høyre kjørefelt best tilpasset resultatene fra ulike land. Venstre kjørefelt fra databasene stemmer for 90 og 110 km/t godt med verdier fra Storbritannia.

Sammenlignes verdiene som brukes i 2014 og 2018 fra norske håndbøker kan man se at de fleste endringene i dimensjonerende fart og friksjon har ført til at minimum horisontalkurvatur blir lavere. De nye verdiene er som oftest lavere enn det tallene fra databasene gir.

Minimum stoppsiktlengde

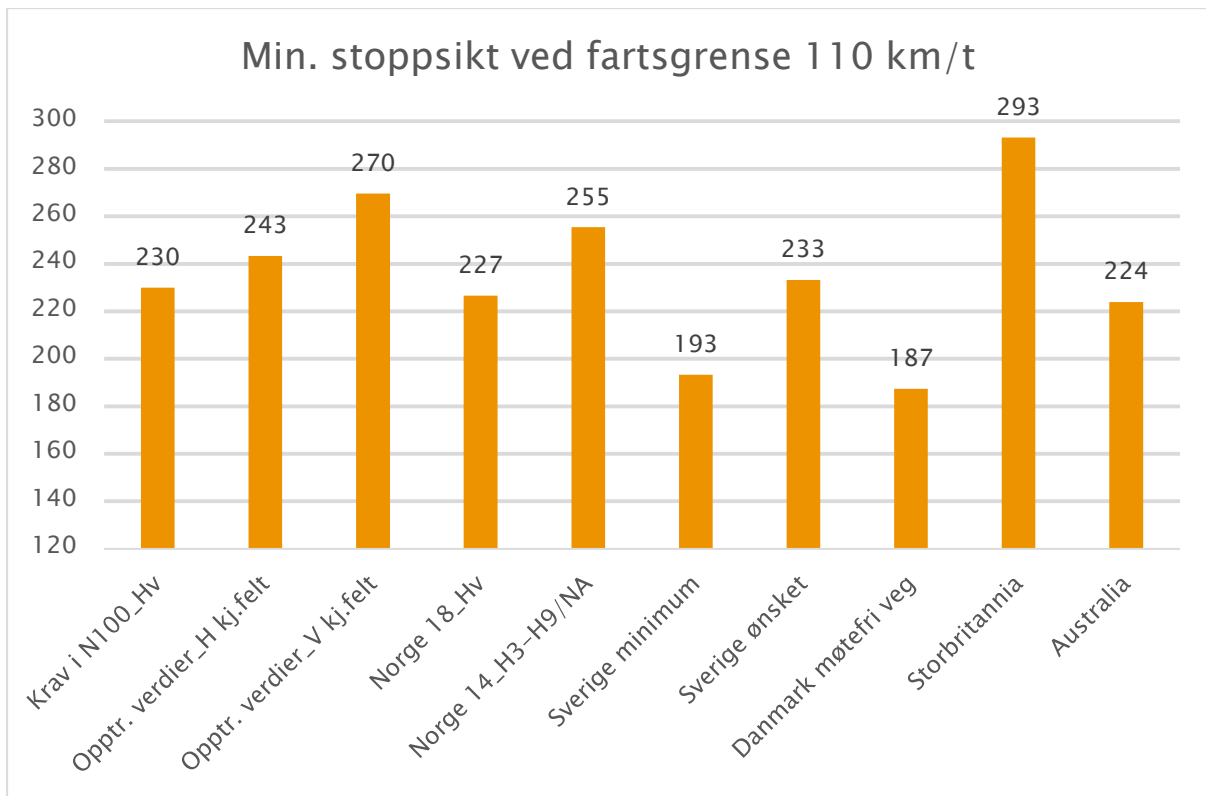
I denne sammenligningen beregnes minimum stoppsiktlengde med bruk av dimensjonerende fart og friksjon fra databasene og ulike land. Disse verdiene ble gitt oppsummert i del 1 og 2 av dette sammenligningskapittelet. Det brukes her verdier for fart og friksjon på rettstrekninger som tidligere i sammenligningene. Sverige og Danmark opererer her med to sett av verdier for fart og friksjon som også er forklart tidligere.

Beregningen gjøres ved norske metoder og formelen som benyttes for minimum stoppsikt er gitt i teorikapittelet mens øvrige grunnparametere er gitt i tabell 7.23.

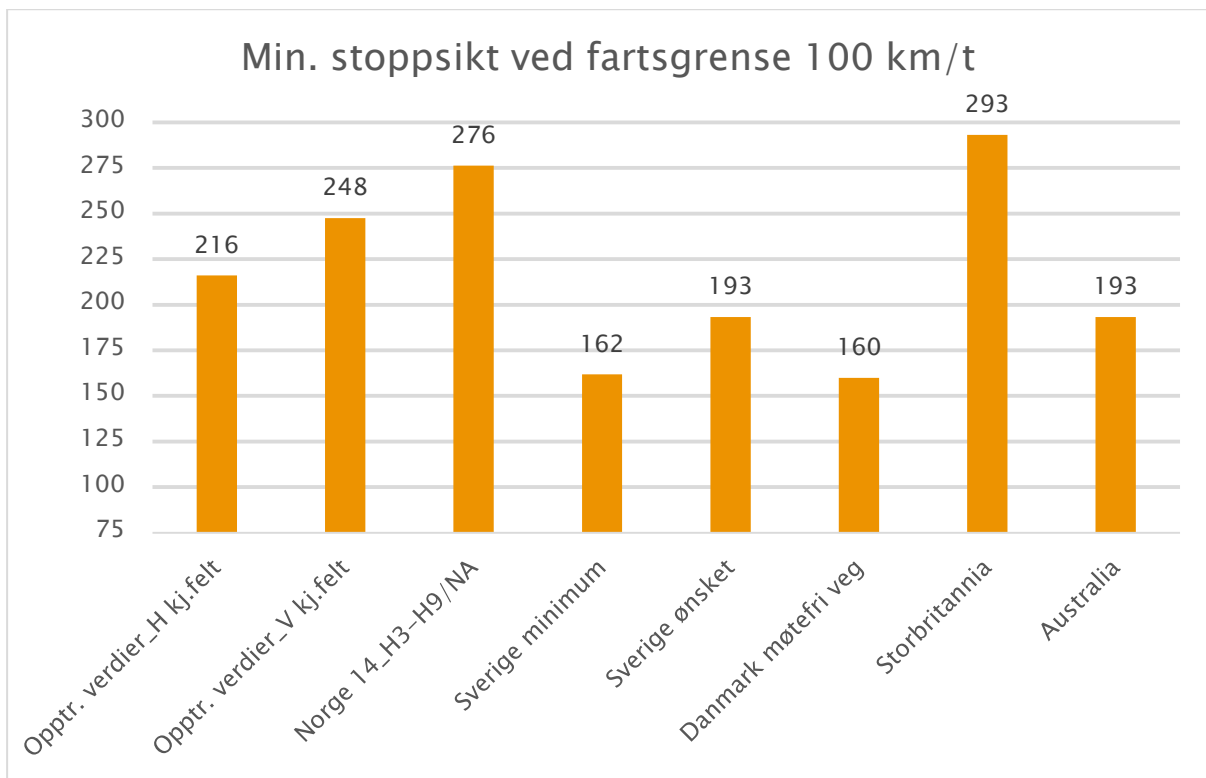
Tabell 7.25 og figurene under viser verdier for minimum stoppsiktlengder ved utførte beregninger.

Minimum stoppsiktlengde [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100_Hv	230		160	125
Krav i N100_Hv.Ø				115
Opptr. verdier_2-feltsveg			168	137
Opptr. verdier_H kj.felt	243	216	174	
Opptr. verdier_V kj.felt	270	248	211	
Norge 18_Hv	227		157	123
Norge 18_Hv.Ø				113
Norge 14_H3-H9/NA	255	276	190	157
Norge 14_H2				128
Norge 14_Hv.Ø				108
Sverige minimum	193	162		106
Sverige ønsket	233	193		132
Danmark			160	147
Danmark møtefri veg	187	160	134	111
Storbritannia	293	293	213	213
Australia	224	193	165	138

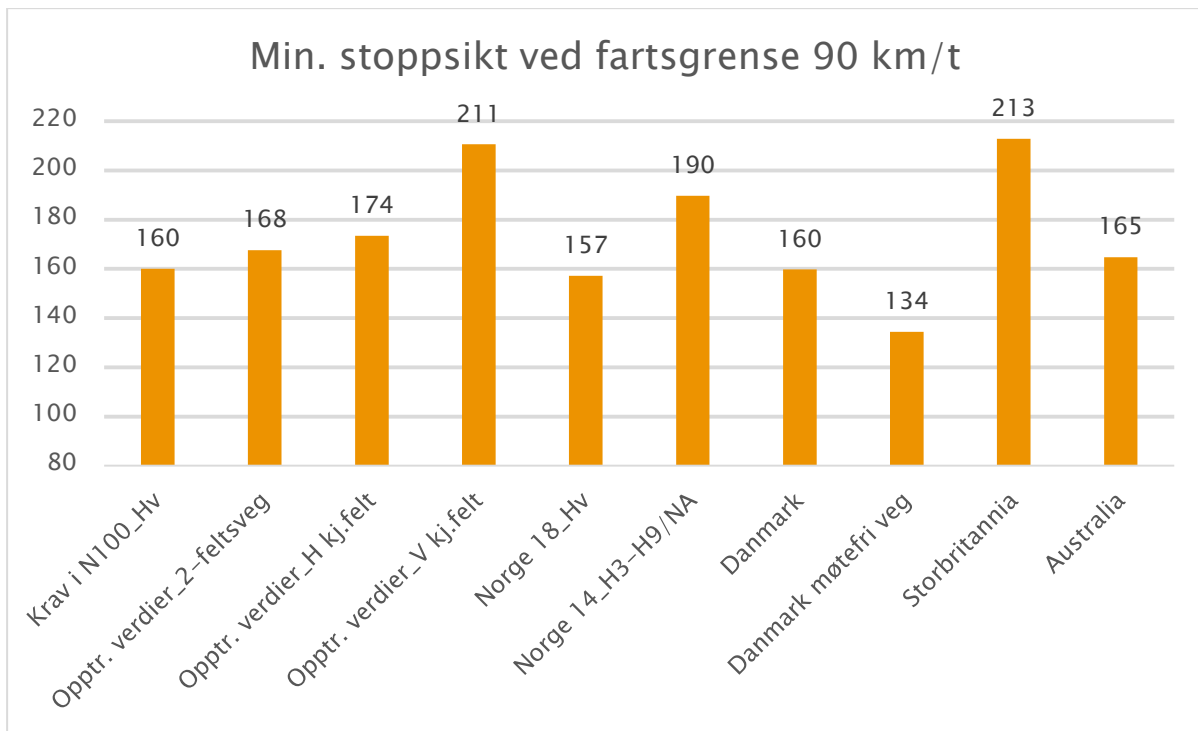
Tabell 7.25 Stoppsikt fra ulike verdier for dimensjonerende fart og bremsefriksjon



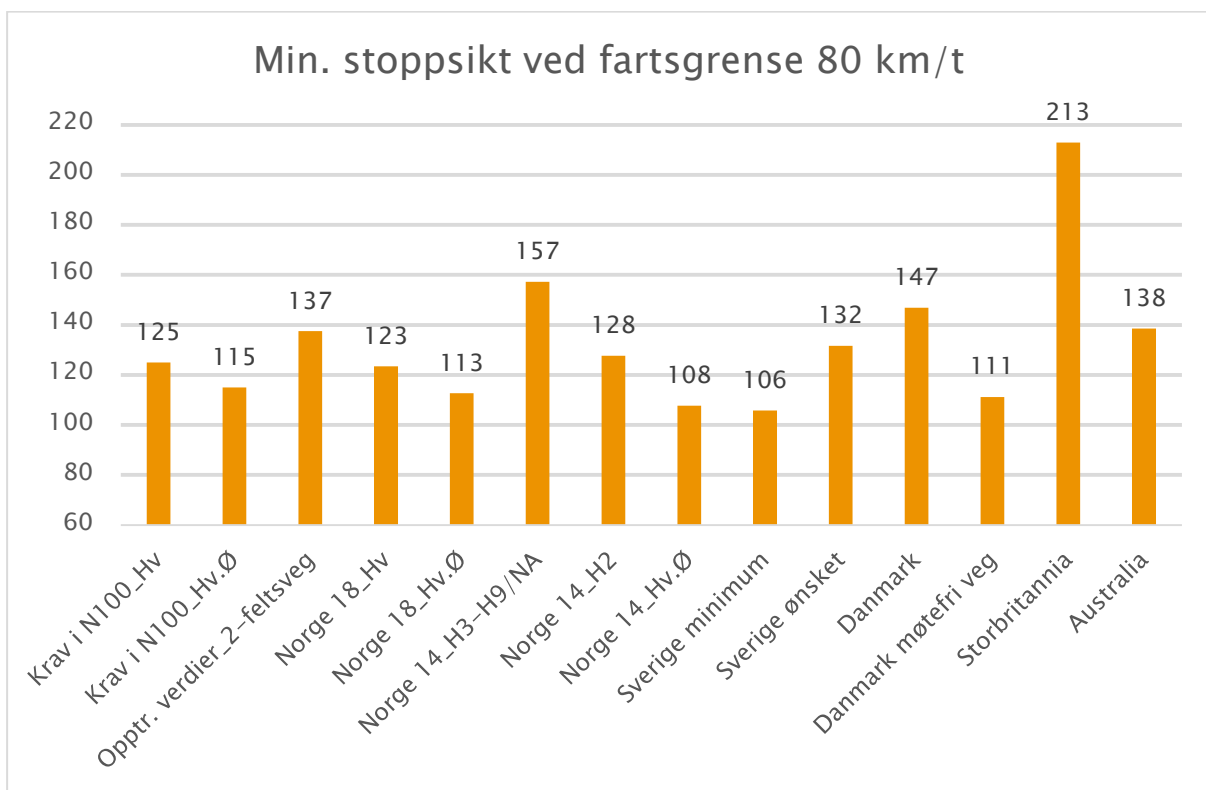
Figur 7.37 Stoppsikt ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon



Figur 7.38 Stoppsikt ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon



Figur 7.39 Stoppsikt ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon



Figur 7.40 Stoppsikt ved fartsgrense 80 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon

Av tabell 7.25 og figur 7.37 til 7.40 kan man se at det er mange av de samme trendene som ved beregningen av minimum horisontalkurvatur. Storbritannia får store verdier, siden fartstillegget blir stort spesielt for 80 og 100 km/t og dimensjonerende bremsefriksjon er konstant lav. Danmarks verdier for møtefri veg (inkl. motorveger) opererer ikke med fartstillegg og får derfor lave verdier for stoppsikt, mens danske verdier for veger uten fysisk midtdeler f.eks. vanlige tofeltsveger bruker et fartstillegg. Dette gjør at for 90 km/t er disse vegene på nivå med andre land, mens for veger med 80 km/t bruker de et fartstillegg som gjør at de får stoppsiktlengder over de fleste andre land og opptredende verdier. Det andre landet som opererer med to krav er Sverige, der minimumskravene i Sverige gir lave verdier for stoppsikt. De ønskede kravene i Sverige gir verdier for fart og friksjon som stort sett er på nivå med andre land og opptredende verdier.

Ved sammenligning av 2014- og 2018-verdier fra Norge ser en her, som ved horisontalkurver, at verdiene for fart og friksjon har blitt senket en god del, noe som gir lavere krav for stoppsiktlender.

De opptredende verdiene gir generelt en noe høyere verdi for stoppsiktlengder enn de fleste andre land, spesielt venstre kjørefelt ved flerfeltsveger. Høyre kjørefelt og tofeltsvegene gir også en noe høyere verdi enn de fleste andre land, noe som mest ser ut til å skyldes den noe lavere verdien for bremsefriksjon som ble funnet i databasen enn det som brukes i ulike land.

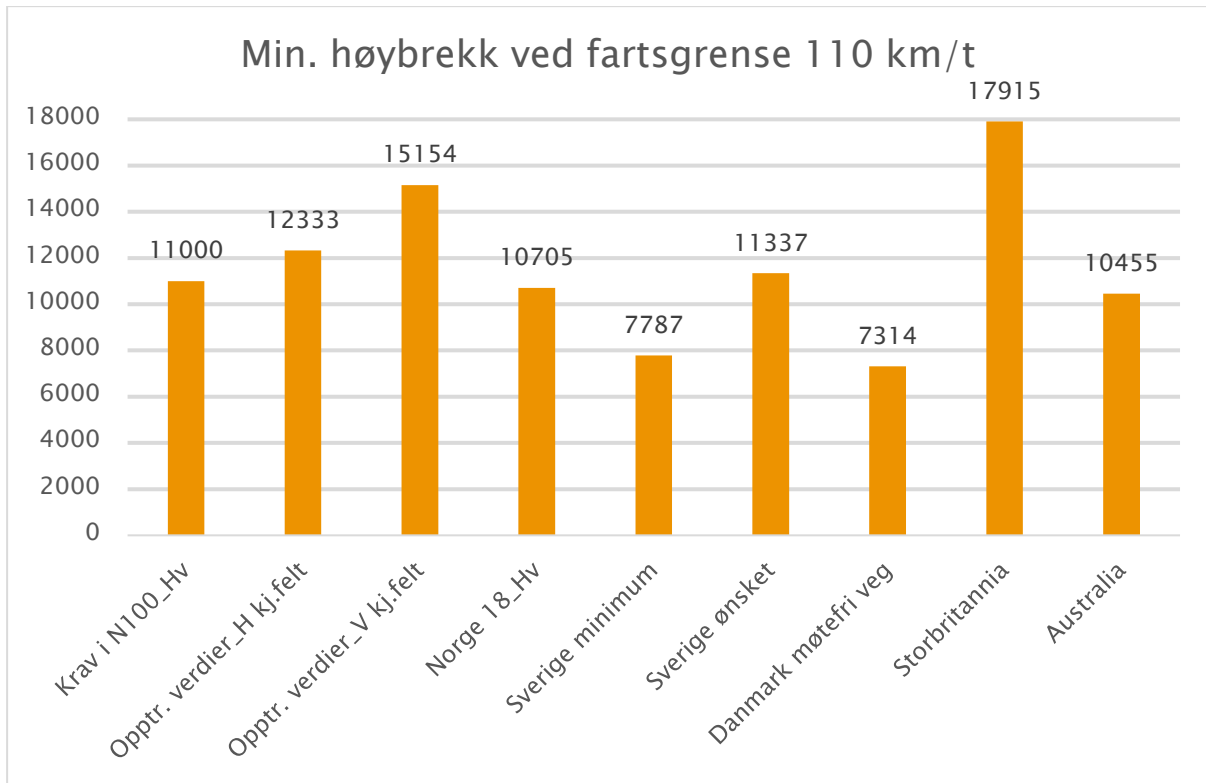
Minimum vertikalkurveradius i høybrekk

I denne sammenligningen beregnes minimum vertikalkurveradius i høybrekk ved bruk av fart og bremsefriksjonsverdier fra databasen og de ulike landene. Formelen for høybrekk beregnes ut i fra stoppsikt lengden, og verdiene som ble funnet der er brukt for denne beregningen av konsekvensene for minimum høybrekk. Formelen som benyttes er gitt i teorikapittelet og øvrige grunnparametere er gitt i tabell 7.23.

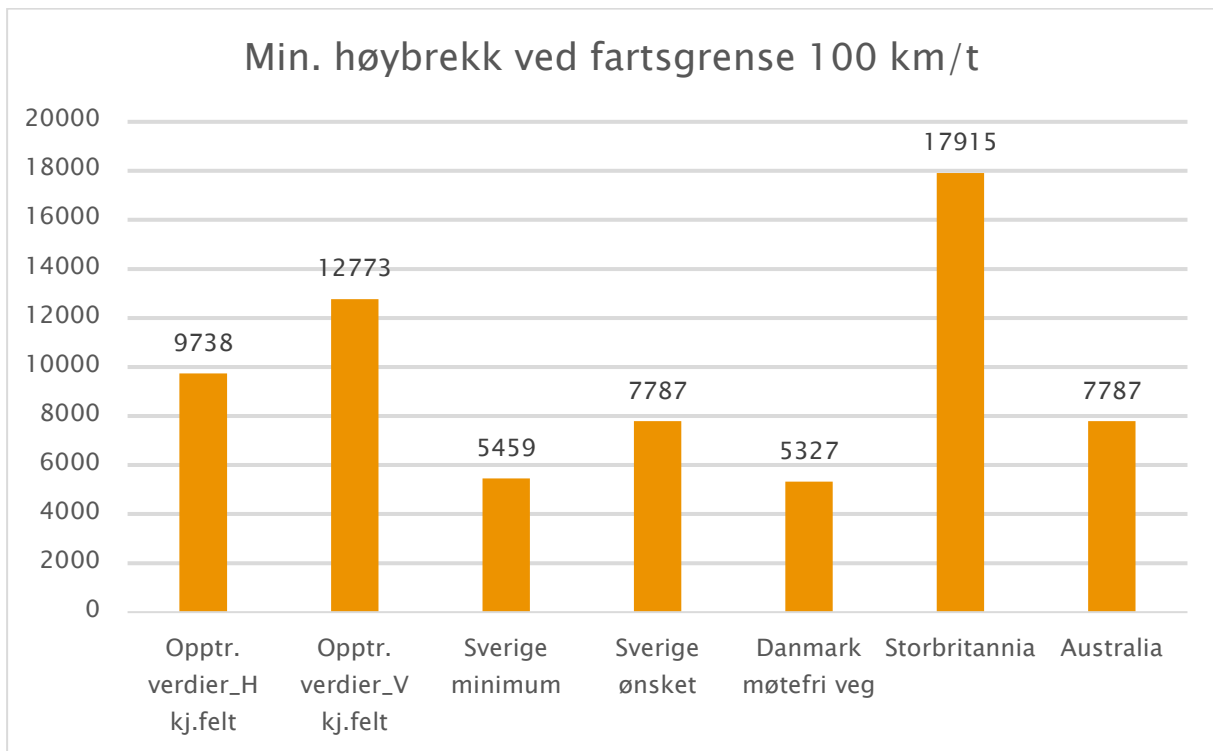
Tabell 7.26 og figurene under gir resultatene fra beregningene for ulike fartsgrenser.

Minimum vertikalkurveradius i høybrekk [m]				
Fartsgrense	110 km/t	100 km/t	90 km/t	80 km/t
Krav i N100_Hv	11000		5300	3300
Krav i N100_Hv.Ø				2800
Opptr. verdier_2-feltsveg			5860	3938
Opptr. verdier_H kj.felt	12333	9738	6276	
Opptr. verdier_V kj.felt	15154	12773	9250	
Norge 18_Hv	10705		5149	3174
Norge 18_Hv.Ø				2647
Norge 14_H3-H9/NA				5148
Norge 14_H2				3398
Norge 14_Hv.Ø				2416
Sverige minimum	7787	5459		2334
Sverige ønsket	11337	7787		3614
Danmark			5327	4499
Danmark møtefri veg	7314	5327	3770	2577
Storbritannia	17915	17915	9443	9443
Australia	10455	7787	5660	3997

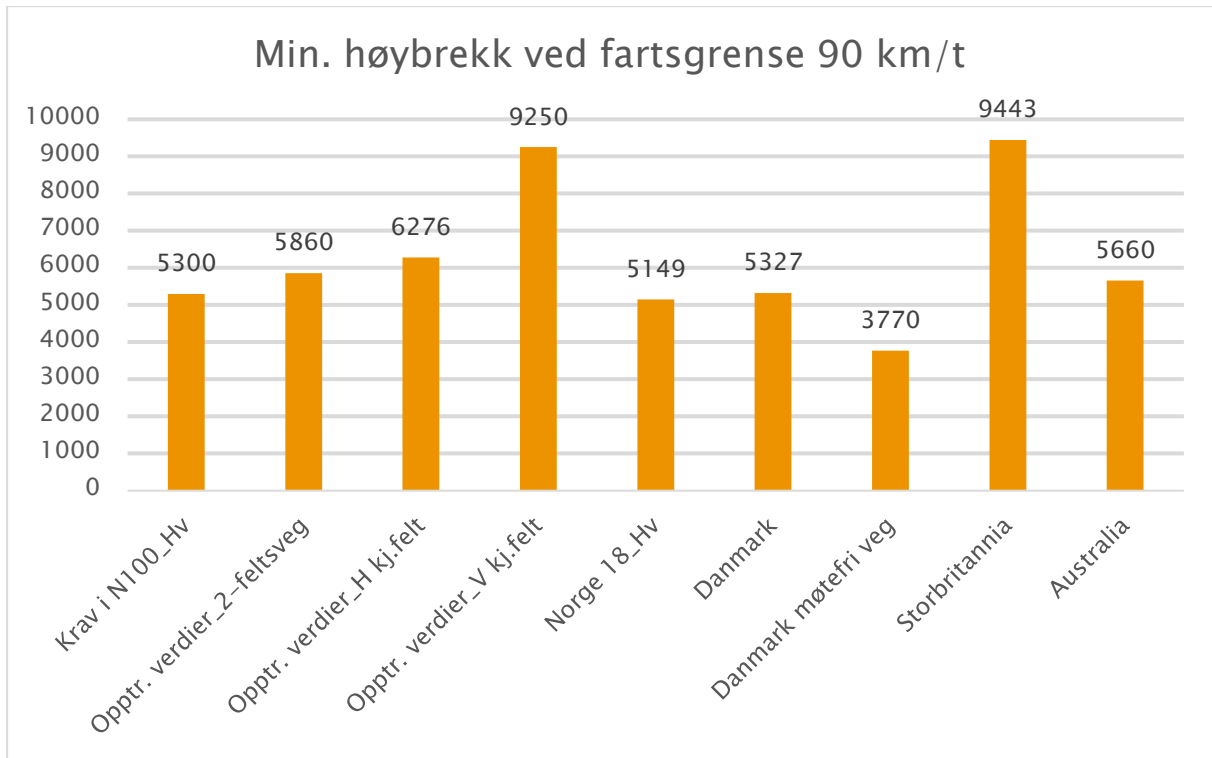
Tabell 7.26 $R_{v, \min}$ høybrekk fra ulike verdier for dimensjonerende fart og bremsefriksjon



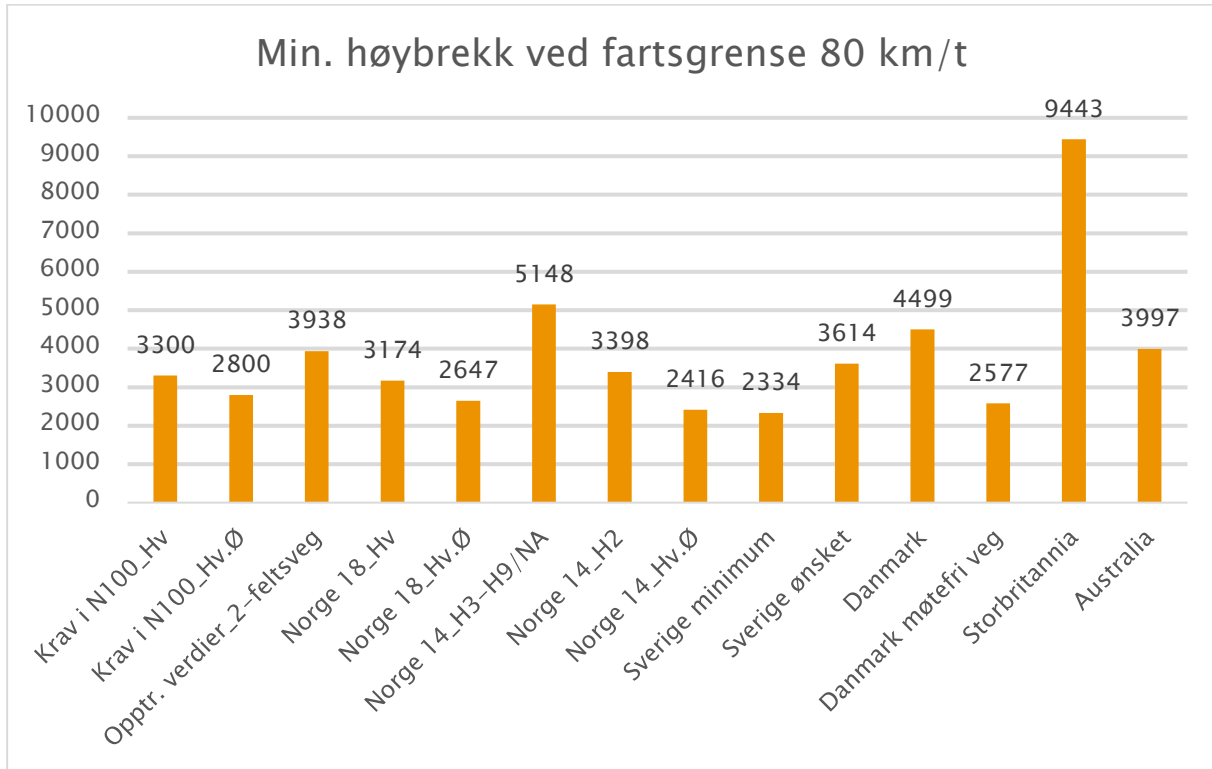
Figur 7.41 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 110 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon



Figur 7.42 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 100 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon



Figur 7.43 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon



Figur 7.44 $R_{v, \min}$ høybrekk ved fartsgrense 90 km/t. Norsk metode, varierende dim. fart og bremsefriksjon

Av tabell 7.26 og figur 7.41 til 7.44 kan man se at konsekvensene ved bruk av de ulike verdiene for fart og friksjon gir de samme trendene for minimum vertikalkurveradius i høybrekk som for stoppsikt lengdene. Samtidig belyses det her hvor store følger det får for minimum høybrekk, og det kommer tydelig fram at de dimensjonerende verdiene for fart og friksjon får stor betydning for høybrekk.

Også for høybrekk er det da naturlig at Storbritannia får høyeste verdier, stedvis 2-3 ganger høyere enn andre land. Danmarks møtefrie veier og Sveriges minimumskrav gir også her de laveste verdiene. Man kan også se at dersom man beregner med de opptredende verdiene for fart og friksjon funnet i databasen får man høyere verdier enn de fleste andre land benytter som sine minimumsverdier.

8 Diskusjon

8.1 Fart

Gjennom oppgaven har det kommet fram at det benyttes ulike tilnærminger til hvilken dimensjonerende fart som brukes i beregningene av linjeføringsparametere. Alle landene opererer med en dimensjonerende fart, men hva denne kalles og fremgangsmåten for å komme fram til denne verdien er forskjellig fra land til land. Blant de sammenlignede landene er det Norge, Sverige og Tyskland som ikke kaller sin fartsverdi i beregninger for dimensjonerende fart, selv om den oppgitte farten brukes i beregninger av linjeføringsparametere og da er dimensjonerende. Det samme gjelder også omtaler av denne farten som benyttes i beregningene. Danmark, Storbritannia, USA og Australia forklarer alle i sin håndbok at den dimensjonerende farten bør velges etter hvilken fart man tror trafikanter vil kjøre i på vegene, normalt sett målt med en høy fraktilandel av vegene. Dette er det viktigste poenget med å velge en dimensjonerende fart, ettersom det nettopp er brukerne og de opptredende situasjonene vegene planlegges for.

Eksempler på slike fremgangsmåter er vurderingen i Vejdirektoratet, 2018 i Danmark der det er gitt anbefalte verdier for den dimensjonerende farten. Siden dette kun er anbefalinger, kan fartstillegget også settes til andre verdier for hver veg ut i fra en vurdering om hvilken opptredende fart man forventer på vegen, etter 85 %-fraktilen.

Ved vurderingen i USA gitt i AASHTO, 2011 er anbefalingene veldig generelle og inneholder mange faktorer ved valg av dimensjonerende fart, men den forventede opptredende farten blir her ansett som kanskje den viktigste faktoren i vurderingen av fastsettelsen av dimensjonerende fart, da gitt ved en høy fraktil-andel av trafikanter.

Et annet eksempel er Australia (Austroads, 2016) der den dimensjonerende farten på nye veger kan settes lik den målte opptredende farten på tilsvarende veger. Dette trenger ikke bare være veger med samme fartsgrense, men for eksempel veger med lik geometri, utforming og/eller går i tilsvarende terreng.

Det er med andre ord i mange land fokus på å bruke en dimensjonerende fart på hver veg som er tilpasset akkurat denne vegen, i stedet for å bruke et fast fartstillegg for alle veger som egentlig ikke behøver å tilsvare den opptredende farten som kommer til å være på hver enkelt veg.

I oppgaven ble de fleste landene som ble sammenlignet koblet til fartsgrensen på veggen, det vil si den farten som i utgangspunktet blir fartsgrensen på veggen når den er ferdig bygget. Dette blir i de forskjellige landene gjort ved enten å bruke denne fartsgrensen direkte ved dimensjonering eller ved å bruke fartsgrensen pluss et fartstillegg. Dette blir så videre benyttet som den dimensjonerende farten.

Norge og Sverige er her de eneste landene der det ikke er gitt rom for vurderingen av denne dimensjonerende farten, og fartsgrensen pluss fartstillegget skal benyttes på alle nye vegger. For Australia og Danmark ble denne fremgangsmåten ved sammenligningene valgt ettersom det er utgangspunktet deres ved planlegging av vegger, men det kan vurderes andre verdier eller andre metoder for å velge dimensjonerende fart. I denne oppgaven egnet ikke Australias analysemetode seg (forklart i kap. 5.7) og 85 %-fraktilen som også brukes der ble uansett vurdert i oppgaven som en egen verdi hentet fra databasen. For Danmarks møtefrie vegger brukes fartsgrensen direkte, men da ut ifra en vurdering om at trafikantene med høyere fart enn fartsgrensen ikke utgjør en risiko for andre trafikanter (i motgående kjørefelt).

Storbritannia var det eneste landet som hadde en sammenheng mellom opptredende fart og dimensjonerende fart som kunne brukes for denne oppgaven (foruten om eventuell bruk av 85 %-fraktil direkte). Som Australia har Storbritannia normalt en analysemetode (forklart i kap 5.4) for å finne dimensjonerende fart for ny veg som også ble for komplisert for denne oppgaven å benytte. Sammenhengen som ble benyttet i oppgaven er gitt i figur 5.5 og ble brukt ved å ta opptredende fart på veggen i 85 %-fraktil fra fartsdatabasen for så å se fra figuren hvilken dimensjonerende fart som ville blitt valgt ved planlegging av ny veg. Ved oppstart på denne oppgaven var det egentlig tenkt at flere land ville ha en klarere sammenheng med opptredende farten på veggen, slik at verdiene fra fartsdatabasen kunne brukes mer aktivt i funn av verdier for dimensjonerende fart i flere land. Dette viste seg imidlertid å ikke gjelde mange land, men verdiene funnet i fartsdatabasen var likevel interessant for å se hvilke linjeføringsparametere en ville fått dersom en brukte den opptredende farten på veggen sammenlignet med ulike andre verdier som brukes.

Felles for alle landene som ble sammenlignet i oppgaven er at fartsgrensen regnes som et viktig element i planleggingen, men med noe ulik tilnærming. For noen land, f.eks. Norge og Sverige, er fartsgrensen et direkte styrende element for farten som brukes ved dimensjoneringen. For andre land er fartsgrensen et element som i stor grad påvirker den opptredende farten, som er den farten som brukes videre som dimensjonerende fart. Ved begge tilnærmingene tar man utgangspunkt i at fartsgrensen er viktig for hvilken fart som blir

opptredende på vegen. Som Fitzpatrick et al., (2003) viser er fartsgrensen det viktigste fartsregulerende elementet for trafikanter, og det eneste som der er påvist statistisk signifikant i forholdet mot opptredende fart.

Å benytte fartsgrensen som utgangspunkt for fastsettelsen av dimensjonerende fart gjør det enkelt for mange å forstå hvilken veg det er som blir bygget. Fartsgrensen er noe alle som er i trafikken har et forhold til, og kan forbinde dette videre til hvilken standard på vegen som kommer, området vegen befinner seg i og hvilke forskjellige trafikanter en kan forvente. Det vil si at både planleggere, brukere, politikere og andre kan vite en del om vegen. For planleggere er det også enkelt å ha ett fast system å forholde seg til, med fartsgrensen pluss et eventuelt fartstillegg som dimensjonerende fart. Man sikrer også at vegene blir utformet på like premisser uavhengig av hvem som planlegger og hvor vegen går.

Dersom en benytter begrepet dimensjonerende fart ved planlegging av veger vil dette være en verdi som planleggere med en viss erfaring har et forhold til. For politikere og trafikanter vil derimot dette være et begrep som ikke nødvendigvis forteller noe om vegen, noe som naturlig nok kommer av at de ikke vet hvilken dimensjonerende fart som brukes ved utforming av de ulike vegene. For disse gruppene vil målet for fart på vegen ofte komme fra fartsgrensen, som et fartsbegrep de forholder seg til omtrent hver dag.

Fartsgrensen på vegen kan ofte være bestemt før selve vegen blir planlagt på et detaljert nivå. Som sammenligningene i oppgaven viste brukes fartsgrensen i stor grad ved valget av dimensjonerende fart, noe som videre betyr at den dimensjonerende farten i utgangspunktet er bestemt før planleggingen av noen utformingselementer på vegen har begynt eller det er foretatt en vurdering av hva som er mulig å få til for den aktuelle vegen. Dette er avgjørende for krav til blant annet horisontal- og vertikalkurvatur, sikt, kryss og tverrprofil. Ved oppstarten av planleggingen av en veg er fartsgrensen et godt utgangspunkt, men muligheten for justering av den dimensjonerende farten underveis bør være en forutsetning der en ser at vegen ikke egner seg til denne farten.

Mange land gir muligheter for planleggere å velge den dimensjonerende farten selv ut ifra også andre ting enn fartsgrensen, som vegens funksjon, område, terreng og trafikkmengde. Fartsgrensen er nok også i praksis noe justerbar i startfasen av planleggingen, men politiske ønsker og vilje kan bidra til at fartsgrensen har mindre rom for endring. Som eksempel på dette gjorde Fitzpatrick et al., (1996) en spørreundersøkelse i Texas USA, der mange planleggere bl.a. oppga at de ønsket mindre involvering av politikk i valget av fartsgrense, og en kan tenke at dette også gjelder flere land. Etter hvert som en veg planlegges mer i detalj

bør den dimensjonerende farten vurderes, i hovedsak mot hvilken geometri som planleggerne ser at vil være naturlig på veggen og ut ifra utformingsselementer som tverrprofil, kryss/avkjørsler og løsning for myke trafikanter. Dette er elementer som, i tillegg til fartsgrensen, er viktig for hvilken opptredende fart som vil være på veggen og det er også denne farten det bør dimensjoneres for.

Storbritannia og Australias analyser for å finne verdien for dimensjonerende fart kan brukes som et utgangspunkt i en slik vurdering, der den opptredende farten først og fremst blir begrenset av vegens geometri og av øvrig utforming som kryss/avkjørsler og tverrprofil.

Deretter kommer fartsgrensen som enten settes enten ut i fra denne analysen eller som et eget fartsregulerende element.

Sammenligningene av dimensjonerende fart som ble gjort i kapittel 7 viste konsekvensene av å bruke verdier fra de ulike landene og fra databasen for dimensjonerende/opptredende fart for linjeføringsparameterne. Fra disse kan man da lese hvilke utslag bruk av ulike dimensjonerende fart og friksjon gir for linjeføringsparameterne. Slike sammenligninger som er gjort må vurderes og brukes ved en viss forsiktighet. Dette er fordi en alltid må ha hele bildet av dimensjoneringen i ulike land med i vurderingen, og selv om et land bruker en lav eller høy verdi av en grunnparameter kan det hende at det landet har andre forutsetninger for den parameteren som velges, for eksempel en annen overhøyde, reaksjonstid eller objekthøyde. Et eksempel er Sveriges siktkrav til minimum lavbrekk som ifølge Remgård (e-post, 27. april 2018) blir beregnet for at vegens lendefall starter på 5 %. Det vil si at dersom en plukker ut de øvrige grunnparameterne (enn stigning) vil disse isolert sett kunne være lave verdier sammenlignet med andre land.

På en slik måte kan landene «ta igjen» noe sikkerhet som ligger som en forutsetning for én verdi ved å bruke mer eller mindre sikkerhet i øvrige parameterne.

Det kan også hende at andre land har en annen tilnærming til minimumsverdier, for eksempel fordi det kan være sjelden det er nødvendig å benytte minimumsverdier. Gjennom litteraturstudie av håndbøker ble det blant annet sett at mange land fokuserer mye på å ha en ensartet linjeføring og på at overgangene mellom ulike standarder i linjeføringa må gjøres på en god måte. Ved en slik tilnærming vil det ved spesielle forhold som krever linjeføringsparameterne nær minimum falle mer naturlig for trafikantene at svingene i et område er noe krappere og vegbredden noe smalere og andre elementer som fører til lavere

opptredende fart. Dette gjør at en for eksempel kan bruke en mindre dimensjonerende fart for beregning av minimumsparametere på slike vegger som krever minimumsparametere.

Fra sammenligningene kom det blant annet fram hvilke linjeføringsparametere en ville fått ved bruk av den opptredende farten fra fartsdatabasen. Disse utregningene viste at det varierer mye om disse linjeføringsparametere stemmer med verdier som brukes i ulike land.

Samtidig viser også disse at ved vegger med flere felt vil den opptredende farten variere mye ut i fra om det er trafikanter i høyre eller venstre kjørefelt som sees på. De fleste landene forsøker å tilnærme seg den opptredende farten til trafikanter, men på vegger med flere enn to kjørefelt er det ikke bare én fart som er opptredende og representerer en viss andel av trafikantene. Dersom en beregner parametere for en situasjon må man ta i betraktning at trafikanter i de ulike kjørefeltene ikke kjører i samme fart.

Dersom man skal beregne med den opptredende farten ved for eksempel 85 %-fraktilen av registrert fart vil det egentlig si at det beregnes for farten for alle kjørefeltene på vegen.

Sannsynligvis er denne farten nærmere den opptredende farten for det saktegående kjørefeltet, ettersom det er flere kjøretøy som benytter denne og den beregnede fraktilverdien vektet etter antall kjøretøy. Det vil si at for beregninger for det hurtiggående kjørefeltet brukes en fart som sannsynligvis er mye lavere enn den faktiske 85 %-fraktilen for dette kjørefeltet, noe som kan gi feil utslag for blant annet beregninger av stoppsiktlengder. Fra figur 7.5-7.8 ser man at fart brukt fra høyre og venstre kjørefelt gir en differanse på mellom 20-30 m i stoppsikt. Og blant de sammenlignede landene er disse for det aller meste under verdien for det venstre kjørefeltet. Stoppsikten for det høyre kjørefeltet ligger omtrent på gjennomsnittet for alle land for fartsgrense ≤ 100 km/t. Det vil si at mens noen land har en verdi for dimensjonerende fart midt i mellom høyre og venstre kjørefelt er det flere land som benytter en fartsverdi som ligger under begge to.

Skulle en faktisk ha gjort beregninger av linjeføringsparametere etter den opptredende farten kunne man for eksempel ha tatt utgangspunkt i farten i høyre kjørefelt, for deretter å differensiere den dimensjonerende farten for beregninger på venstre kjørefelt med et prosentmessig påslag. Dette bør gjøres spesielt på beregninger av stoppsiktlengder, der en fysisk midtdeler på en motorveg kombinert med en vertikalcurve ofte kan være sikthindrende for trafikanter.

Sammenligningen av de ulike metodene viser at mange land ikke bare har fartsgrensen pluss et eventuelt fartstillegg i dimensjoneringen, men forsøker å tilnærme seg at den opptredende farten varierer med kurvaturen ved bestemmelsen av hver linjeføringsparametere. Et eksempel er det norske fartsprofiltillegget, som legger til grunn at trafikanter kjører noe saktere ved horisontalkuver med lave verdier. Også Sverige og Danmark varierer sine fartstillegg for beregninger av horisontalkurver, sikt (også bestemmende for høybrekk) og lavbrekk, men da mer med tanke på risiko for trafikantene og økonomiske aspekter ved utformingen. Også dersom man benytter Storbritannia og Australias analysemetoder varieres den dimensjonerende farten avhengig av vegens geometri og utforming.

Ved den norske tilnærmingen ved fartsprofiltillegget starter fartsreduksjonen for trafikanter på relativt slak horisontalkurvatur, og man antar på hovedveger at trafikanter slakker ned å farten ved radier mindre enn 1750 m ved både fartsgrense 80 og 90 km/t. Ved øvrige hovedveger med fartsgrense 60 og 80 km/t går denne grensen ved radier mindre enn 1000 m. Riktignok minker verdien for fartsprofiltillegget ved mindre horisontalkurvatur, slik at ved kurver nærmest grensen på 1750 og 1000 m er ikke forskjellen like stor som ved kurver nær minimumskurvatur. Australias antatte fartsreduksjon i kurver er den mest tilsvarende den norske, og her antar man at trafikanter senker farten ulikt avhengig av fartsgrensen og trafikantenes ønskede fart, som vist i tabell 8.1 under. Man kan se av tabellen at verdiene for horisontalkurver som antar å senke farten til trafikanter er betraktelig lavere enn de som benyttes i Norge.

Road type	Proposed speed limit (km/h)	Typical desired speed and design speed (km/h) ⁽¹⁾	Typical minimum radius (m) that will not reduce desired speed ⁽²⁾
Motorways	80	90	450
	100	110	600
	110	120	800
High speed rural roads	100	110	600
	110	120	800
Urban arterial and sub-arterial roads	60	70	200
	70	80	275
	80	90	300

1 For a speed zoned road, desired speed is usually speed limit + 10 km/h.

2 Used for identifying those roads on which vehicle speeds are unaffected by the horizontal alignment. Normally, there should be no curves that require vehicles to operate at less than the desired speed and the minimum preferred radii are greater than these radii.

Tabell 8.1 Typisk ønsket fart når opptredende fart ikke påvirkes av horisontalkurvatur (Austroads, 2016)

Hvor disse to tilnærmingene til fart i horisontalkurver er dokumentert i forhold til de reelle situasjonene er ikke funnet. At det er en forskjell mellom opptredende fart ved krappe og slake kurver er vist i flere studier, blant annet av Richter et al. (1998). Men som Fitzpatrick et al. (2003) viser må en ned til en horisontalkurve mindre enn eller lik 250 m før man ser en større forskjell i den opptredende farten til trafikanter. Fitzpatrick et al. (2000) viser også at kurver mindre 250 m påvirker den opptredende farten til trafikanter en del, men har også funnet ved sammenhengen mellom fart og horisontalkurver at farten til trafikanten blir gradvis større også ved større kurver. Hvilken kurveverdi der farten ikke lenger er avhengig av horisontalkurve avhenger av andre faktorer som bl.a. fartsgrense, men den største horisontalkurven er her funnet til ca. 800 m. Ved horisontalkurver fra 800 m og oppover fører altså ikke horisontalkurver til noe endring i opptredende fart. Dette kan stemme med tabell 8.1 fra Australia, men er da en god del mindre enn verdier som benyttes i Norge.

Siden fartsprofiltillegget brukes i Norge ved dimensjonering av mange veger er det viktig å benytte mest mulig riktig verdi for hvilken fart trafikanter virkelig har i horisontalkurver. En kunne derfor gjort en nærmere undersøkelse av verdiene som benyttes, og sammenlignet de ulike tilnærmingene som brukes i ulike land med den reelle fartsendringen ved horisontalkurvatur.

8.2 Friksjon

Ved bruk av friksjon i beregningene av linjeføringsparametere med norske metoder blir friksjonsverdien koblet sammen med fartsgrensen for alle landene. I Sverige og Australia er det definert i håndbøkene at friksjonsverdien finnes ut i fra den dimensjonerende farten på vegen altså fartsgrense pluss fartstillegg, og ikke ut i fra fartsgrensen direkte som i Norge.

Hvilken måte som gir den mest korrekte sammenligningen og hvilke verdier som er riktig å benytte kan diskuteres. Etersom friksjonen som brukes i Norge ikke knyttes til den dimensjonerende farten men i stedet direkte til fartsgrensen kan det bli noe feil å skulle sammenligne disse verdiene med andre land som inkluderer fartstillegg i sine friksjonsberegninger. Slikt sett vil det være mest korrekt å bruke alle friksjonsverdiene som benyttes for den tilhørende farten og knytte denne farten til fartsgrensen. Men dersom en skal benytte utenlandske metoder burde man også benytte metoden for å finne deres friksjonsverdi, noe som betyr å bruke friksjonsverdien som tilhører den dimensjonerende farten. Ved sistnevnte metode ville dette ekskludert Tyskland og USAs verdier ettersom deres verdier for dimensjonerende fart ikke kunne knyttes til fartsgrensene eller opptredende fart. I denne sammenligningen ble det valgt å ta med begge metodene, og begge verdiene for Sverige og Australia, slik at alle verdiene kunne vurderes.

Gjennom oppgaven har det kommet frem at bruken av friksjon i beregningen av linjeføringsparametere varierer mye fra land til land. Norge, Sverige og Danmark er de eneste som benytter både side- og bremsefriksjon ved beregninger av linjeføringsparametere.

Sidefriksjon blir benyttet i alle de sammenlignede landene, bortsett fra Storbritannia som i stedet benytter en konstant faktor for overhøyden i beregningen av minimum horisontalkurvatur og tverfall. Fremgangsmåten i de seks øvrige landene for å finne verdien for dimensjonerende sidefriksjon varierer noe og er også i ulik grad dokumentert, men verdien varierer avhengig av hvilken fart det dimensjoneres for.

Norge er det eneste landet blant disse som benytter en fordeling av totalfriksjon i fastsettelsen av sidefriksjon, der denne settes til en prosentmessig verdi av totalfriksjonen. Hvor denne fordelingen kommer fra er ikke dokumentert, og det er heller ingen andre land som omtaler en slik metode som er funnet. Resterende land baserer sine sidefriksjonsverdier på formler, enten funnet fra egne målinger eller fra litteratur. For å finne verdier for side- og bremsefriksjon fra

databasen ble det først og fremst benyttet den norske fordelingen ut fra den målte totalfriksjonen, men det ble også sett på 95 %-fraktilen ved en fordeling med svenske og danske verdier for å vurdere hvor stor betydning fordelingen som gjøres i Norge har og for å sammenligne denne med forholdstallet som er i Sverige. I vurderingen ble det bare tatt med svenske og danske verdier siden man er avhengig av at landene opererer med både total- og sidefriksjon (uten å regne om fra retardasjon). De danske verdiene ble ikke prioritert å ta med videre i sammenligningene ettersom verdien lå midt mellom Norge og Sverige.

Fra tabell 4.15 i kapittel 4.2.2 kan man se at fordelingen av sidefriksjon varierer mye mellom de tre landene, der de norske verdiene er lavest. Samtidig må det tas med i betraktningen at Sveriges verdier for side- og bremsefriksjon ikke har sammenheng, ettersom sidefriksjon er for en bestemt fart V mens bremsefriksjonen er for et gjennomsnitt fra en fart V til 0 km/t, noe som også er nærmere den reelle situasjonen ved nedbremsing. Norge og Danmarks verdier for side- og bremsefriksjon er derimot direkte sammenhengende, og kan finnes ved Pytagoras' setning. Skulle man ha brukt Sverige eller Danmarks andel av sidefriksjonen i Norge ville altså verdiene i Norge blitt høyere, altså ville det forutsatt en bedre situasjon på vegen og mulighet for lavere minimumskrav. Men siden det i Norge er en direkte sammenheng mot bremsefriksjonen ville det videre bety at tilgjengelig bremsefriksjon da vil bli mindre, noe som ville gitt strengere krav til stoppsikt og vertikalkurver i høybrekk både ved rettstrekninger og i kurve.

De norske verdiene for friksjon er de eneste der både side- og bremsefriksjon beregnes ut fra totalfriksjonen. Siden sidefriksjon brukes ved beregninger av minimum horisontalkurvatur vil det være naturlig at den gitte fordelingen av totalfriksjonen er den verdien for sidefriksjonen som utnyttes ved kjøring i minimum horisontalkurvatur på vegen. Dette betyr at dersom en beregner bremsefriksjon med Pytagoras' setning ut i fra den gitte total- og sidefriksjon tilsvarende dette den gjenstående friksjonen ved minimum horisontalkurvatur. Dette vil videre si at ved beregning av bremsefriksjon på rettstrekninger vil tilgjengelig friksjon være større her enn ved minimum horisontalkurve, ettersom andelen «brukt» til sidefriksjon er mindre. Ved norske metoder blir imidlertid bremsefriksjon beregnet ut fra at andelen sidefriksjonen tar opp er fast, uavhengig av hvilken horisontalkurvatur det beregnes for. Dette gjør at en beregner med en mindre bremsefriksjon på rettstrekninger enn det som den opptredende verdien vil være, noe som gir strengere krav til stoppsikt. Danmark differensierer sine verdier bremsefriksjon ut i fra om vegen ligger i eller utenfor kurve, og dette vil også være en tilnærming som er mer reell.

I vurderingen av de ulike landenes tilnærming til bremsefriksjon ble det funnet at det kun var Norge, Sverige og Danmark som i sine tilnærminger faktisk brukte bremsefriksjon ved beregning av linjeføringsparametere. De resterende landene Tyskland, USA og Australia (og sannsynligvis også Storbritannia, uten at dette er dokumentert i håndbøker) benytter alle retardasjon i sine betraktninger ved beregning av stoppsikt og medfølgende krav til vertikalkurvatur i høybrekk. Verdiene som brukes for retardasjon er funnet gjennom målinger av hvor raskt trafikanter bremses, blant annet gitt i Fambro et al., (1997) som USA baserer sine verdier på. Det er her anbefalt å benytte en verdi for gjennomsnittlig retardasjon for nedbremsingen der 90 % av førerne bremses raskere enn eller lik denne verdien ved oppdagelse av et uventet objekt i vegbanen. Dette er målt på våt vegbane og på ulike vegdekker. Retardasjonen blir på denne måten et mål som direkte går på nedbremsingssituasjoner.

Retardasjon og bremsefriksjon er i alle de seks landene brukt for beregning av stoppsiktlengde, da for å beregne bremselengde. Bremselengden er et mål på hvor mange meter føreren av en bil behøver for å stoppe bilen ved oppdagelse av et objekt i vegbanen, og måles fra det øyeblikket føreren trækker på bremsen til bilen er helt stoppet.

Bremsefriksjonen er en verdi som kommer fra målinger på vegbane, for eksempel med slippmålere. Dette er altså en målemetode som måler motstanden mellom vegoverflate og bildekket, og det må her mange målinger til før man har gode tall på den faktiske verdien. Friksjonen varierer med overflateforhold, vegdekketypen, tilstanden til bildekkene og hvor mye som går til sidefriksjon kontra bremsefriksjon. Ved måling må man gjøre vurderinger av hvilke forhold ved disse faktorene som skal være dimensjonerende. I tillegg må målinger ved fast slipp (som er standard i Norge) kalibreres for farten som målingene er utført i og det må finnes en sammenheng for friksjon ved ulike verdiene for fart det skal brukes for. Det blir i alt mange teoretiske tilnærminger for å finne en verdi for friksjon som kan benyttes ved beregninger.

Ved betraktning av retardasjonen tar denne også disse faktorene i betraktning, i tillegg de menneskelige faktorene ved nedbremsing, for hvor raskt den opptredende bremsingen faktisk skjer. Men den gjør dette på en enklere måte ved fysisk å måle hvordan bilførerene bremses. Bremsefriksjonen gir altså et fysisk mål på vegbane- og bildekkforhold mens retardasjonen er et mål på det som faktisk skjer ved nedbremsingen, nemlig hvor raskt føreren klarer å bremse og er slik sett mer relevant i betraktningen av bremselengde.

8.3 Vurdering av linjeføringsparametere

I sammenligningene kom det også fram at den dimensjonerende farten som benyttes i Storbritannia (Highways England, 2002) er høy når de sammenlignes med andre verdier for de ulike fartsgrensene. Dette har noe sammenheng med at Storbritannia kun hadde 2 aktuelle verdier for fart som ble aktuelle i denne sammenligningen, nemlig 100 og 120 km/t. Ved vurdering av Storbritannias verdi for friksjon, som ble utregnet ved norske formler for sammenligningen, var denne lav sammenlignet med andre land. For linjeføringsparametere så man at deres fart og friksjonsverdier ga høye minimumsverdier for hvilke verdier som kunne benyttes ved planlegging av veger, både ved sammenligningene av linjeføringsparametere ved fart og/eller friksjon fra Storbritannia og ved lik dimensjonerende fart. Disse kravene til linjeføringsparametere som benyttes i Storbritannia er det, som det som nevnt tidligere i oppgaven, mulig å lempe på uten at det er nødvendig med fravik. Disse lempingene av krav kan gjøres slik at parameterverdiene på vegen blir betraktelig mindre enn de gitt som minimumsverdier. Men det er også strenge føringer for hvordan man kan lempe på kravene, for eksempel lemping av krav for flere parametere samtidig og inn mot kryss. Så selv om håndboka gir frihet til hver planlegger til å vurdere å gå ned på kravene som er oppgitt, er farten og linjeføringsparametere som er sammenlignet her de verdiene som myndighetene sier at bør brukes ved dimensjonering.

Denne fleksibiliteten i utformingen av veger kan være et viktig poeng. De fleste andre land fokuserer for det meste kun på én minimumsverdi for hver linjeføringsparameter i utformingen, og så lenge man benytter verdier over dette så er vegen godkjent. Disse minimumsverdiene er ofte lave, noe som vil si at det egentlig bør utvises noe forsiktighet ved å bruke disse verdiene ved at det må gjøres på riktig måte slik at det ikke kan oppstå farlige situasjoner i trafikken som følge av dette. Det sies i håndbøkene sjelden noe om kombinasjonen av flere minimumsparametere samtidig, noe som ikke alltid er like heldig. Systemet i Storbritannia gjør at man har et sett med kravverdier som er relativt høyt, og benyttes verdier etter dette vet man i stor grad at vegen blir god. Dersom man i planleggingen ser at det er behov for mindre verdier for enkelte parametere er det mulighet for det, men det er da føringer for hvordan dette skal gjøres. Dette gjør at man i større grad sikrer at dersom det benyttes lave verdier for linjeføringsparametere forsikrer man seg om at dette gjøres på en god måte og i sammenheng med den øvrige utformingen.

Fokuset ligger altså ikke i like stor grad på den ene minimumsverdien på utformingen, men på

alle verdier som ligger under en ganske sikker verdi, og i dette mellomstaket skal det utvises forsiktighet ved planleggingen.

I modellene for å beregne de ulike linjeføringsparametere, som vist i kapittel 2.4, er det flere grunnparametere som blir benyttet for å bestemme verdiene til disse. I horisontalkurvemodellen brukes dimensjonerende fart, overhøyde og sidefriksjon og i stoppsiktmodellen brukes reaksjonstid, dimensjonerende fart og bremsefriksjon. I modellen for minste høybrekkskurve brukes stoppsikten (altså reaksjonstid, fart og friksjon) i tillegg til øyehøyde og dimensjonerende objekthøyde. Ser man på stoppsikt og høybrekkskurven brukes det høye fraktilverdier av fart, reaksjonstid og friksjon, og når det gjelder sistnevnte tar man heller ikke høyde for at flere og flere biler nå har blokkeringsfrie bremses. I Norge brukes det i tillegg en sikkerhetsfaktor til friksjon på 1,1 for fartsgrensene 90- og 110 km/t. Man ser også konservativt på de visuelle egenskapene, øyehøyde og objekthøyde, blant annet ved at det brukes høye fraktilverdier og verdiene som benyttes kanskje ikke er like relevant for alle situasjoner. Alt dette fører til at disse linjeføringsparametere inneholder en vesentlig sikkerhetsmargin. Det er nødvendigvis ikke feil, men det kan være vanskelig å forklare dette som representativ modell for en virkelig situasjon. Dette var også utgangspunktet for den amerikanske studien av stoppsiktmodellen (Fambro et al., 1997) hvor det ble gjort en grundig gjennomgang av modellen. Som følge av studien endret amerikanerne metoden for beregning av stoppsikt (AASHTO, 2011) og blant annet Australia henviser også til dette arbeidet.

En annen innebygd sikkerhet som ikke nevnes som ekstra sikkerhet i våre vegnormaler er avrundinger som gjøres på enkelte minimumsparametere. Hvis man ser på beregning av minste horisontalkurve for en H2-veg med fartsgrense 90 km/t (Statens vegvesen, 2018) vil denne beregnes til 357 m (tabell 7.4) hvis man bruker alle grunnparametere etter beskrevet metode. Tar man bort sikkerhetsfaktoren til friksjon på 1,1 vil beregnet horisontalkurve bli 337 m, altså en reduksjon på 20 m eller ca. 5,5 %. Ser man i dimensjoneringstabellen for ny H2 er minste horisontalkurve på 400 m, altså det er gjort en avrunding på beregnet verdi på 43 m, eller en økning av beregnet verdi på ca. 12 %. Til sammenligning tilsvarer avrundingen en økning i sikkerhetsfaktoren til friksjon fra 1,1 til ca. 1,35.

Tilsvarende for en H3-veg med fartsgrense 110 km/t beregnes $R_{h, \min}$ til 758 m (tabell 7.4). Uten bruk av sikkerhetsfaktor i friksjon vil beregnet verdi bli 722 m, en reduksjon på 36 m. Kravet i håndboka til minste horisontalkurve er 800 m, en økning på 42 m i forhold til

beregnet verdi. Avrundingen til $R_{h, \min}$ i håndboka tilsvarer bruk av sikkerhetsfaktor til friksjon på omtrent 1,23.

Det er ikke funnet noen grunn til at enkelte linjeføringsparametere avrundes så mye, men i enkelte tilfeller vil det være hensiktsmessig å kunne bruke så liten verdi som mulig. For eksempel kunne det i stedet vært avrundet til nærmeste tierverdi. Det er i alle fall ingen praktiske grunner ved bruk av minimum horisontalkurve at denne må avrundes til nærmeste 100. $R_{h, \min}$ for dimensjoneringsklasse H2 og H3 ville da blitt henholdsvis 360 og 760.

Høye fraktilverdier og konservative betraktninger i slike modeller kan i verste fall føre til at det bygges inn for mye sikkerhet inn i nye veganlegg som kan koste mer enn nødvendig. I mange tilfeller hvor det er flatt og enkelt terreng vil det være enkelt å oppnå de ønskede krav, og i de fleste slike tilfeller bygges slike anlegg uten bruk av linjeføringsparametere ned mot minimumsverdier i det hele tatt. Det er i de krevende prosjektene dette blir interessant, hvor terreng gjerne er kupert og løsningene blir kostbare.

Alle parametere henger sammen og sikkerhet må tas alvorlig. Det vil ikke være forsvarlig å tenke reduksjon for flere linjeføringsparametere samtidig, men kanskje det kan være ok å redusere en parameter hvis det gjøres kompensierende tiltak på noe annet for å utligne økt risiko.

8.4 Fart- og friksjonsmålinger

I denne studien er det brukt fartsmålinger for norske veger med fartsgrensene 80-, 90-, 100- og 110 km/t som grunnlag for å finne en representativ opptredende fart for veger med disse fartsgrensene. Innhenting av disse fartsmålingene baserte seg i utgangspunktet på nye målinger fra de samme registreringsstasjonene som ble benyttet da fartsverdiene til 2018-utgaven av N100 ble fastsatt (Eggen, 2016). I tillegg til de allerede benyttede målepunktene ble det i dette arbeidet supplert med fartsmålinger fra flere lokasjoner. Alle lokasjoner og måleresultater er analysert og vurdert i dette arbeidet noe som førte til at enkelte målepunkter ikke ble tatt med i det endelige datasettet. For å få gode og relevante verdier for fart er det mange variabler for hver lokasjon som må vurderes som sideområde og omgivelser, standard på vegen, kurvatur, stigningsforhold, tidligere fartsgrenser, trafikkmengde, nærhet til kryss og avkjørslar, eventuelle fartsmålinger i området og andre uforutsette hendelser på stedet. Dette er en vanskelig og tidkrevende analyse der alt skal vurderes ut fra kart og bilder, spesielt når omfanget av målepunkter er såpass stort.

Av resultatene fra de ulike trafikkregistreringsstasjonene som er vist i tabell 4.6 – 4.9 ser man at 85 %-fraktilfarten varierer ganske mye for målepunkter på veger med samme fartsgrense og antall felt. For eksempel er det for tofelts veg med fartsgrense 90 km/t over 13 km/t forskjell på laveste og høyeste 85 %-fraktilverdi. Tabell 8.2 under oppsummerer den maksimale forskjellen mellom målt 85 %-fraktilfart fra målepunkter i samme fartsgrense. Forskjellen i opptredende fart kommer av forhold beskrevet over.

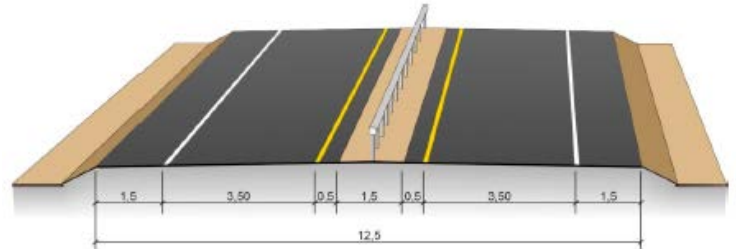
Fartsgrense [km/t]	Antall felt (H/V)	Forskjell i fart [km/t]
80	2 (-)	9,20
90	2 (-)	13,20
90	4 (H)	8,70
90	4 (V)	14,10
100	4 (H)	14,80
100	4 (V)	11,90
110	4 (H)	9,60
110	4 (V)	11,10

Tabell 8.2 Maksimal forskjell i 85 %-fraktilfart fra målepunkter i samme fartsgrense

Sett i et dimensjoneringsperspektiv vil være mer riktig å måle fartsnivå på tilsvarende veger som den som skal planlegges og bygges. For eksempel er tverrprofilet for en ny nasjonal hovedveg med fartsgrense 80 km/t nå 9 m bredt (unntaksvis 7,5 m) og for fartsgrense 90 km/t, dimensjoneringsklasse H2, er tverrprofilet 12,5 m bredt.



Bilde 8.1 Eksisterende veg med fartsgrense 90 km/t (hentet fra Statens vegvesens vegbilder)



Figur 8.1 Ny H2-veg med fartsgrense 90 km/t. (Statens vegvesen, 2018)

Bilde 8.1 og figur 8.1 illustrerer to forskjellige veger med fartsgrense 90 km/t, og det er ikke nødvendigvis riktig at fartsmålinger fra den eksisterende vegen benyttes som grunnlag til dimensjonering av ny 90-veg med dagens standard.

Fartsmålingene som ble benyttet i denne oppgaven og målingene som ble gjort i revisjonsarbeidet med N100 kommer fra trafikkregistreringsstasjoner som har registrert timesdata hvor det ikke er skilt på ulike kjøretøykategorier. Dette medfører at tunge biler er inkludert i disse fartsdataene og for veger med høy tungtrafikkandel og høy fartsgrense vil dette gi uheldige resultater hvis det er personbilen det skal dimensjoneres for. Fartsmålinger av enkeltkjøretøy ville gitt mulighet for å ta ut eventuelle kjøretøykategorier fra datasettet. Det ville også gitt andre fordeler som å se på fordeling av fartsmålingene og beregne ulike resultatverdier.

Av erfaringer som er gjort i dette arbeidet med innhenting og bearbeiding av fartsmålinger er det nødvendigvis ikke rett å ha fokus på å hente data fra flest mulig lokasjoner, men heller finne få, men gode lokasjoner for hver aktuell fartsgrense. Disse stedene burde ha en vegstandard som kan sammenlignes med de nye dimensjoneringsklassene. Det er også viktig at trafikkmengden ikke blir for stor, og øvre grense for timetrafikk som ble satt for å filtrere

bort kjøkjøringsregistreringene i denne databasen kan ha vært noe høye. I Australia definerer de opptredende fart i sin vegnormal slik: «85 %-fraktilfart til biler på tidspunkt når trafikkmengden er lav og førere selv fritt kan velge egen fart» (Austroads, 2016). Med verdier på timestrafikk på 900 for tofeltsveger og 1200 for flerfeltsveger er tettheten av kjøretøy fremdeles høy, tidslukene mellom kjøretøy vil være henholdsvis 4 og 3 sekunder. Hvor langt ned man burde sette disse grensene er vanskelig å vurdere, kanskje er et mål om tidsluker større enn 5-6 sekunder mer riktig for å nærme seg Australias definisjon av opptredende fart. Med få fartsmålingslokasjoner blir det i alle fall lettere å ha kontroll på de ytre forhold som kan påvirke fartsvalget, det vil være overkommelig å få tak i eller omprogrammere måleutstyr som kan måle fart til enkeltkjøretøy og så lenge måleperioden er lang nok vil det bli nok antall målinger selv om man reduserer grensen for timestraffiken.

Friksjonsmålingene som ble benyttet i denne oppgaven er hentet fra databasen som ble opprettet i forbindelse med FoU-programmet. I første omgang ble det levert ferdige tolkede data fra utførte målinger med variabel slipp som ble benyttet i sammenligningene. I følge B. Nonstad (e-post, 9. mai 2018) ble det anbefalt også å benytte data fra målinger med fast slipp, ettersom erfaring viser at måling med variabel slipp bl.a. gir dårligere repeterbarhet. Opsahl (2006) viser at målingene med variabel slipp gir større varians enn målinger med fast slipp, og mer følsom for ujevnheter i dekke ettersom hver måling tas med større mellomrom langs vegen. Samtidig får man ved fast slipp ikke målt den absolutte maksverdien til friksjonen, ettersom verdien for slipp er en fast verdi og ikke nøyaktig lik verdien for slippprosent som ville gitt maks friksjon.

Dataene fra fast slipp ble så gjort tilgjengelige fra veileder til oppgaven, men for sent til å bli inkludert i sammenligningene her. Det hadde vært interessant å sammenligne data også med fast slipp for å se hvilke utslag dette ville gitt for linjeføringsparametere og se differansen mot norske og ulike lands verdier. Spesielt siden måling med fast slipp er standard ved måling i Norge.

I sammenligningene ble den norske fordelingen for sidefriksjon oftest benyttet for målingene. Men det ble også benyttet svensk fordeling fra tabell 4.15, og sammenligningene viste at verdiene for friksjon ved svensk fordeling stemte bedre med verdier fra ulike land enn ved norsk fordeling. Den svenske formelen for totalfriksjon er også nær den funnet i kap. 4.2 (95 %-fraktil), noe som gir grunnlag for å vurdere den norske fordelingen som gjøres.

9 Konklusjon og anbefalinger

I oppgaven er det funnet ulike metoder og tilnærminger for parameterne fart og friksjon som benyttes ved beregning av linjeføringsparametere. For dimensjonerende fart ble det funnet at metodene som brukes i Norge, Sverige, Danmark, Storbritannia og Australia egnet seg for sammenligning, mens Tyskland og USA ikke hadde tilnærminger til dimensjonerende fart som kunne knyttes til sammenlignbare verdier som ved andre land. Ved vurdering av metodene for friksjon ble alle landene sammenlignet, men for noen land ble verdier og parametere omregnet for å få sammenlignbare verdier for dimensjonerende friksjon. Det er gjennom sammenligninger kommet fram hvilke konsekvenser bruk av de ulike metodene og verdiene gir for minimumsverdier til linjeføringsparameterne horisontalkurvatur, stoppsikt og vertikalkurvatur. På denne måten er det diskutert om det norske kunnskapsgrunnlaget og dimensjoneringsmetodene er oppdatert sammenlignet med andre land og om verdier som brukes stemmer overens med reelle situasjoner, eller om det er andre tilnærminger for fart og friksjon som egner seg bedre i forhold til dagens kunnskap og trafikksituasjoner.

Ved vurderingen av konsekvensene ved bruk av ulike verdier for fart og friksjon for linjeføringsparametere ble funnet at verdiene som brukes i ulike land gir store forskjeller for hvilke parametere som kan brukes i planleggingen.

For fart er de dimensjonerende verdiene som benyttes i de sammenlignede landene relativt lik, ettersom de fleste landene tar utgangspunkt i fartsgrensen på vegen med et fartstillegg. Det varierer noe hvor stort fartstillegget som brukes er og hvordan det differensieres for ulike linjeføringsparametere, for vegens funksjonsklasse og ved ulike typer krav. Sammenlignet med den opptredende farten som ble benyttet i sammenligningen ble det funnet at disse også for det meste lå på nivå med de fleste lands verdier, og ved flerfeltsveger var det høyre kjørefelt som da lå nærmest ulike lands dimensjonerende fart. De norske verdiene for dimensjonerende fart ble for 2014-utgaven av N100 funnet å være noe høyere enn de fleste andre land og den opptredende farten, men verdiene fra 2018-utgaven ligger omtrent på nivå med de fleste andre land og ofte også med den opptredende farten.

Ved vurderingen av friksjon ble det funnet at sidefriksjonen som benyttes i ulike land har noe spredning i verdiene for fartsgrense 110 km/t, men er mer like ved fartsgrense 80 og 90 km/t. De opptredende friksjonsverdiene fra databasen ble funnet å være relativt høye ved høy fartsgrense i forhold til de sammenlignede landene ved bruk av den norske fordelingen av sidefriksjon, men ved bruk av svensk fordeling var den opptredende friksjon omtrent på nivå

med andre land.

Ved vurderingen av bremsefriksjon ble det funnet at det bare er Norge, Sverige og Danmark som benytter bremsefriksjon ved beregning av linjeføringsparametere, mens resterende land i sammenligningen benytter retardasjon. Metoden ved retardasjon gir en konstant verdi for bremsefriksjon ved omregning, noe som gir en kortere stoppsikt ved høy fartsgrense men lengre stoppsikt ved lav fartsgrense. Det kom også fram at Norges verdier for bremsefriksjon fra 2018 er noe høyere sammenlignet med andre land og opptredende verdier, spesielt ved fartsgrense 80 og 90 km/t noe som gir lavere krav til stoppsikt.

I vurderinger av ulike metoder er det gjennom diskusjonen tatt for seg fordeler og ulemper ved ulike tilnærminger til fart og friksjon. Den norske tilnærmingen for dimensjonerende fart er sammenlignet med andre land enkel å forholde seg til ettersom den alltid er koblet mot fartsgrensen, og den gir klare føringer for valget av verdier. Samtidig innebærer det lite fleksibilitet dersom man forventer en annen opptredende fart på den aktuelle vegen, der det i litteraturstudie ble sett at flere andre land fokuserer mye på å velge en dimensjonerende fart etter hva man tror trafikanter vil kjøre i, da ofte etter 85 %-fraktilen.

I vurderingen av de ulike metodene for friksjon kom det fram at den norske tilnærmingen for side- og bremsefriksjon er en noe enkeltstående metode. Metoden der sidefriksjon fordeles prosentmessig fra totalfriksjonen og bremsefriksjon utregnes fra dette er det kun Norge som gjør. Heller ikke bruk av en egen sikkerhetsfaktor for friksjonen ble funnet i noen andre land. Gjennom oppgaven er det funnet at de fleste andre land finner sidefriksjonen fra en formel som er funnet i målinger og faglitteratur. Bremsefriksjon er det, i tillegg til Norge, kun Sverige og Danmark som benytter av de sammenlignede landene, og det ble her funnet av Danmark utregner sin verdi som Norge fra total- og sidefriksjon mens Sverige benytter en egen formel for denne utregningen. Øvrige land i sammenligningen bruker retardasjon, og det benyttes her verdier direkte fra målinger av nedbremsing av kjøretøyer.

Fra arbeidet som er gjort i denne oppgaven er det sett flere muligheter for videre arbeid. Dette er sett både fra litteraturstudie av andre lands metoder og verdier og gjennom sammenligningen av verdier og konsekvenser for linjeføringsparametere. Det er i den sammenheng satt opp forslag til tema og oppgaver som det kan arbeides med videre fra denne oppgaven:

- Det foreslås å opprette et nytt grunnlag for fartsmålinger i Norge med målinger som muliggjør analysering av enkeltkjøretøy. Dette anbefales utført på veger som er lik standardene i nye N100 der lokasjoner må velges slik at man får verdier som representerer nye veger som planlegges. Kriteriene for filtreringen av data må gjennomgås.
- Det anbefales å gjøre en revisjon av fartsprofiltillegget som brukes i Norge, da først og fremst gjennom et litteraturstudiet for å finne verdier for forholdet mellom opptredende fart og horisontalkurver som kan benyttes som grunnlag ved dimensjonering. Det kan også suppleres med egne fartsmålinger i og utenfor horisontalkurver over en viss periode for å sammenligne med tidligere utførte studier.
- Det bør tas en gjennomgang av avrundingene av kravverdiene til linjeføringsparameterne som gjøres i N100. Det anbefales at kravene settes til mer nøyaktige verdier i forhold til utregnet verdi, blant annet at flere parametere rundes opp til nærmeste ti-verdi.
- Det foreslås å gjøre sammenligningene med friksjon i oppgaven der målingene med fast slipp er inkludert, for å se hvor stor effekt dette har for opptredende verdier for friksjon, og sammenligne disse med verdier fra ulike land.
- Det anbefales at det tas en gjennomgang av grunnlaget for utregning av sidefriksjon, der det gjøres en vurdering om andelen sidefriksjon som benyttes i Norge er relevant eller om det bør benyttes andre metoder tilsvarende andre land, blant annet ved en formel for sidefriksjon. Valget av metode må dokumenteres og implementeres i håndbøker.
- Det anbefales at retardasjon implementeres som parameter for beregning av stoppsikt i stedet for bremsefriksjon. For å finne en dimensjonerende verdi for retardasjon i Norge bør det gjøres et litteraturstudie med blant annet Fambro et al. (1997) og deretter supplere med egne målinger av retardasjon.

- Dersom bremsefriksjon blir benyttet videre i Norge bør det gjøres en vurdering av å differensiere bremsefriksjon i kurve og på rettstrekk, ettersom dagens verdier kun gjelder for bremsefriksjon i kurve og gir lavere verdier enn reelle verdier på rettstrekninger. Det bør gjøres en vurdering av å benytte gjennomsnittlig bremsefriksjon fra fart V til 0 km/t ved dimensjonering, i stedet for en verdi for friksjonen som egentlig kun gjelder for V .

Referanseliste

2011 AASHTO «Green Book» (2017) Tilgjengelig fra:

<https://www.scribd.com/document/365869589/The-2011-AASHTO-Green-Book-pdf> (Hentet: 23. februar 2018).

AASHTO (2011) *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 6th Edition*.

Washington DC, USA, American Association of State Highway and Transportation Officials.

Austroroads (2016) *Guide to Road Design*. Sydney, Australia, Austroroads Ltd.

Bassan, S. (2014) *Sight distance and horizontal curve aspects in the design of road tunnels vs. highways*. Tilgjengelig fra:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779814001710> (Hentet: 9. april 2018).

Caltrans (2017) *Highway Design Manual*. Sacramento, California, California Department of Transportation.

Dahlen, J. (red.) (2015) *Lærebok – Drift og vedlikehold av vegar*. Rapportnr.: 365. Oslo/Trondheim, Statens vegvesen.

Eggen, R. (2016) *Forslag til ny håndbok N100*. Presentasjon fra N100 brukerforum, 19.10.2016. Vegdirektoratet. Tilgjengelig i vedlegg 7.

Eggen, R. (2018) *Brukerforum håndbok N100 Veg- og gateutforming*. Presentasjon fra N100 brukerforum, 27.02.2018. Vegdirektoratet. Tilgjengelig i vedlegg 8.

Evensen, R. (2014) *Vegdekkers sommerfriksjon, median, 15 % og 5 % fraktil*. Sandvika, Vianova.

Fambro, D. B. et al. (1997) *Determination of Stopping Sight Distances*. National Cooperative Highway Research Program, report 400. Washington DC, USA, Transportation Research Board.

FGSV (2011) *Guidelines for the Design of Motorways*, RAA. Köln, Tyskland, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.

FGSV (2012) *Directives for the Design of Urban Roads*, RAS 06. Köln, Tyskland, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.

- Fitzpatrick, K. et al. (1996) Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Survey. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (1523)*.
- Fitzpatrick, K. et al. (2000) *Speed prediction for two-lane rural highways*. FHWA-RD-99-171. Washington DC, USA, Department of Transportation, Federal Highway Administration.
- Fitzpatrick, K. et al. (2003) *Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices*. National Cooperative Highway Research Program, report 504. Washington DC, USA, Transportation Research Board.
- Gejlager, A. M. (amh@vd.dk) *Dimensjonerende hastighet i Danmark*. E-post til Gunnar Aamodt Andersen (gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no) 30. april 2018. Tilgjengelig i vedlegg 4.
- Giæver, T. (terje.giaver@vegvesen.no) *FoU vegutforming – hastighet og friksjon*. E-post til Gunnar Aamodt Andersen (gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no) 20. april 2018. Tilgjengelig i vedlegg 5.
- Haugen, T. (2013). Kapasitet og avvikling på vegstrekning. *Trafikkteknikk og trafiksikkerhet BA6058*. NTNU, 29. oktober 2013.
- Highways England (1997) *Design Manual for Roads and Bridges – Traffic Flow Ranges for Use in the Assessment of New Rural Roads*. s. 1., Highways England. Tilgjengelig fra: <http://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/dmrb/vol5/section1/ta4697.pdf>
- Highways England (2002) *Design Manual for Roads and Bridges – Highway Link Design*. s. 1., Highways England. Tilgjengelig fra: <http://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/dmrb/vol6/section1/td993.pdf>
- Highways England (2005) *Design Manual for Roads and Bridges – Cross-Sections and Headrooms*. s. 1., Highways England. Tilgjengelig fra: <http://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/dmrb/vol6/section1/td2705.pdf>
- Hovd, A. (2017a). *Generelle forutsetninger for planlegging av en veg*. *Trafiksikkerhetsrevisjoner og -inspeksjoner BA6013*. NTNU, 3. mai 2017.
- Høyve, A. (red.) (2012) *Trafiksikkerhetshåndboken*. Oslo, TØI. Tilgjengelig fra: <https://tsh.toi.no> (Hentet: 11. januar 2018).

Krammes, R. A. et al. (1996) *Speed – Understanding design, operating and posted speed*. McLean, Virginia, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

Lamm, R. et al. (1990) Design Friction Factors of Different Countries Versus Actual Pavement Friction Inventories. *Transportation Research Record (1260)*.

Madsen, E. B. og Back, U. (u. å.). *Vejregler for geometrisk udformning i åbent land er på trapperne*. Tilgjengelig fra: www.vejforum.dk/Net_Docs/CFP_Artikler/1055.pdf

Nonstad, B. (2003) *Friksjon og friksjonsmålinger*. Tilgjengelig fra: [http://www.vegagerdin.is/nvf/nvf41.nsf/4201cf5223c6236e00257a5a003aa843/3e8b475abe7b08be002570fd0043fa5d/\\$FILE/Friksjonsm%C3%A5ling%20p%C3%A5%20vinterf%C3%B8re,%20B%C3%A5rd%20Nonstad,%20Vegdirektoratet.pdf](http://www.vegagerdin.is/nvf/nvf41.nsf/4201cf5223c6236e00257a5a003aa843/3e8b475abe7b08be002570fd0043fa5d/$FILE/Friksjonsm%C3%A5ling%20p%C3%A5%20vinterf%C3%B8re,%20B%C3%A5rd%20Nonstad,%20Vegdirektoratet.pdf) (Hentet: 22. mars 2018).

Nonstad, B. (bard.nonstad@vegvesen.no) *Spørsmål om friksjonsdatabase*. E-post til Gunnar Aamodt Andersen (gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no) 9.mai 2018. Tilgjengelig i vedlegg 6.

Nonstad, B. (u. å.) *Opplæringsnotat friksjon*. Trondheim, Vegdirektoratet. Tilgjengelig fra: <http://www.geir.be/DVVG2008/presentasjon/Sandstroing/FriksjonHiN.pdf> (Hentet: 22. mars 2018).

Opsahl, V. L. (2006) *Friksjonsegenskaper på ulike asfaltdekker*. Masteroppgave. NTNU.

Ormestad, H. (2018) *Friksjon*, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/friksjon> (Hentet: 22. mars 2018).

Remgård, M. (mats.remgard@trafikverket.se) *Hastighet og friksjon i VGU*. E-post til Gunnar Aamodt Andersen (gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no) 27. april 2018. Tilgjengelig i vedlegg 3.

Richter, P. et al. (1998) Psychophysiological analysis of mental load during driving on rural roads-a quasi-experimental field study. *Ergonomics* 41(5).

Statens vegvesen (2005) *Friksjonsmåling på veger – Statusrapport*. Intern rapport nr. 2376. Oslo, Vegdirektoratet.

Statens vegvesen (2009) *Økte krav til vegene*. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/om+organisasjonen/Veghistorie/Okte+vegkr>
av (Hentet 6. desember 2017).

Statens vegvesen (2014a). *N100 Veg- og gateutforming*. Oslo, Vegdirektoratet.

Statens vegvesen (2014b). *V120 Premisser for geometrisk utforming av veier*. Oslo, Vegdirektoratet.

Statens vegvesen (2014c). *V714 Veileder i trafikkdata*. Oslo, Vegdirektoratet.

Statens vegvesen (2015). *Fartsgrenser og motorveger - Ny dimensjoneringsklasse for motorveg med fartsgrense 110 km/t*. Rundskriv 2015/2. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/Publikasjoner/Handboker> (Hentet: 15. november 2017)

Statens vegvesen (2018). *N100 Veg- og gateutforming*. Oslo, Vegdirektoratet.

Trafikverket (2015a) *Krav för vägars och gators utformning*. Borlänge, Sverige, Trafikverket.

Trafikverket (2015b) *Vägars och gators utformning - Begrepp och grundvärden*. Borlänge, Sverige, Trafikverket.

TxDOT (2014) *Roadway Design Manual*. Austin, Texas, Texas Department of Transportation.

Vegdirektoratet (2016a) *Forespørsel om personalressurser fra VD og regionene til FoU-programmet*. Notat sendt fra vegdirektoratet til regionene 03.05.2016. Tilgjengelig i vedlegg 2.

Vejdirektoratet (2012a) *Grundlag for udformning af trafikarealer*. København, Danmark, Vejdirektoratet.

Vejdirektoratet (2012b) *Tracéring i åbent land*. København, Danmark, Vejdirektoratet.

Vejdirektoratet (2012c) *Planlægning af veje og stier i åbent land*. København, Danmark, Vejdirektoratet.

Vejdirektoratet (2013) *Tværfiler i åbent land*. København, Danmark, Vejdirektoratet.

Vejdirektoratet (2017) *Vej- og trafikteknisk ordbok*. København, Danmark, Vejdirektoratet.

Vejdirektoratet (2018) *Grundlag for udformning af trafikarealer*. København, Danmark, Vejdirektoratet.

WSDOT (2017) *Design Manual*. Olympia, Washington, Washington State Department of Transportation.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Oppgavetekst

Vedlegg 2 - FoU-programmet vegutforming – bestilling inkl. beskrivelse

Vedlegg 3 - E-post fra Mats Remgård, Trafikverket

Vedlegg 4 - E-post fra Anne Marie Gejlager, Vegdirektoratet

Vedlegg 5 - E-post fra Terje Giæver, Vegdirektoratet

Vedlegg 6 - E-post fra Bård Nonstad, Vegdirektoratet

Vedlegg 7 - Utdrag fra presentasjon N100 brukerforum, Eggen, R. oktober 2016

Vedlegg 8 - Utdrag fra presentasjon N100 brukerforum, Eggen, R. februar 2018

Vedlegg 9 - Fartsmålinger – Oversikt over trafikkregistreringsstasjoner (datafil)

Vedlegg 10 - Fartsmålinger – Fartsdatabase (datafil)

Vedlegg 11 - Fartsmålinger – Analyse av målepunkter – fart og trafikk (datafil)

Vedlegg 12 - Fartsmålinger – Analyse av målepunkter – fart og trafikk over måleperioden (datafil)

Vedlegg 13 - Sammenligninger fart (datafil)

Vedlegg 14 - Sammenligninger friksjon (datafil)

Vedlegg 15 - Sammenligninger fart og friksjon (datafil)

Vedlegg 16 – Datagrunnlag fartsmålinger (fra Vegdirektoratet)

Vedlegg 1

Oppgavetekst

MASTEROPPGAVE

(BA6904 Masteroppgave i studieretning veg)

Høst 2017/Vår 2018

for

Gunnar Aamodt Andersen og Øyvind Wasmuth

Grunnparametere innen vegutforming – analyse av fart og friksjon

BAKGRUNN

Håndbok N100 er grunnlaget for den geometriske utformingen av veger i Norge, og her settes kravene til hvordan nye veger skal utformes og kravene ved utbedring av dagens veger. Kravene stilles på grunnlag av ulike parametere, kalt grunnparametere. Disse er variabler knyttet til kjøretøyets fysiske størrelser, bilførers adferd og omgivelsene. Bestemmelsen av disse grunnparameterne gjøres ulikt i forskjellige land.

I Norge har det i mange år vært lite forskning innen vegplanlegging og vegutforming, og mye av stoffet i vegnormalene er derfor basert på kunnskap fra 1950- og 60-tallet. Statens vegvesen har derfor startet et FoU-program (forskning og utvikling) som skal ta en kritisk gjennomgang av flere tema innenfor utformingen av veger, og det er i dette FoU-programmet opprettet fire arbeidspakker. Blant disse er «Parametere for vegens linjeføring», der en skal gjøre en vurdering av dagens grunnparametere, og se på bakgrunnen for disse og mulighetene for utvikling av nye metoder og om det kan benyttes andre grunnlagsdata enn det gjøres i dag. Dette gjør at man i fremtiden skal få en større kunnskapsbase i grunnlaget for utforming av veger. Fart og friksjon er blant disse grunnparameterne som skal vurderes.

OPPGAVE

Målet med denne oppgaven er å gjøre en vurdering av grunnlaget og verdiene som benyttes i Norge i dag for parameterne fart og friksjon og å få et bedre kunnskapsgrunnlag for disse parameterne ved fremtidig planlegging av veier. Gjennom en sammenligning av de norske parameterne med opptredende verdier og andre lands tilnærminger til fart og friksjon skal det drøftes hvor godt egnet de norske metodene for fastsetting av dimensjonerende fart og friksjon er i forhold til kunnskap om den reelle situasjonen. Samtidig vurderes det om det kan være andre metoder og tilnærminger til fart og friksjon som kan være aktuell å benytte i Norge og hvilke konsekvenser det ville ført til.

Opgaven er delt inn i fem hovedmål som skal studeres, to knyttet til fart, to til friksjon og et til både fart og friksjon.

Hovedmål fart:

1. Finne metoder og fremgangsmåter for fastsettelsen av dimensjonerende fart fra 7 ulike land i sammenheng med fartsgrense og opptredende fart fra fartsmålinger og sammenligne disse.
2. Finne ut hvordan de ulike metodene for fastsettelsen av dimensjonerende fart påvirker linjeføringsparameterne som har fart som inngangsdata ved å beregne parameterne minimum horisontalkurveradius, stoppsikt og minimum vertikalkurveradius i høybrekk og lavbrekk med de ulike verdiene for fart som finnes.

Hovedmål friksjon:

3. Finne metoder og fremgangsmåter for fastsettelsen av dimensjonerende friksjon fra 7 ulike land i sammenheng med fartsgrense og opptredende friksjon fra friksjonsmålinger og sammenligne disse.
4. Finne ut hvordan de ulike metodene for fastsettelsen av friksjon påvirker linjeføringsparameterne som har friksjon som inngangsdata ved å beregne parameterne minimum horisontalkurveradius, stoppsikt og minimum vertikalkurveradius i høybrekk med de ulike verdiene for friksjon som finnes.

Hovedmål fart og friksjon:

5. Finne ut hvordan de ulike metodene for fastsettelsen av både dimensjonerende fart og friksjon sammen påvirker linjeføringsparameterne som har dette som inngangsdata ved å beregne parameterne minimum horisontalkurveradius, stoppsikt og minimum vertikalkurveradius i høybrekk med de ulike verdiene for fart og friksjon som finnes.

Når de fem hovedmålene er gjort rede for brukes dette som grunnlag for å vurdere metodene og forutsetningene som gjøres i Norge for grunnparameterne fart og friksjon i forhold til hva som gjøres i andre land. Datagrnnlaget for opptredende fart og friksjon vil benytte oppdaterte verdier og vil vurderes opp mot det som benyttes i norsk vegutforming. Resultatet av studien vil kunne gi forslag til endring av forutsetningene til fart og friksjon som brukes ved dimensjonering i Norge eller en bekreftelse på at metoden og forutsetningene som brukes i Norge er god.

Metoder som skal benyttes i arbeidet er litteraturstudie, behandling og analysering av data og en komparativ analyse / sammenligning.

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>: 3) Om Masteroppgaven)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Råd og retningslinjer for masteroppgaven finnes på programmets nettsider.

http://videre.ntnu.no/pages/mastergrader/erfaringsbasert_masterprogram_i_veg_og_jernbane/priser_og_betinger/

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for trykkingen, og 1 eksemplar blir sendt til studenten. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) Innleveringsskjema sendes til NTNU VIDERE.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursions, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til daniel.erland@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Frist innlevering masterkontrakt **15. august**, frist innlevering masteroppgaven **15. mai**


Hovedveileder ved NTNU: Kelly Pitera

Lokal veileder: Arek Zielinkiewicz – Statens vegvesen Region øst, Lillehammer

Institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU

Dato: 06.09.2017, (revidert: 20.04.2018)

Underskrift


Faglærer

Vedlegg 2

FoU-programmet vegutforming – bestilling inkl. beskrivelse



Statens vegvesen

Notat

Til: 4 Postmottak Region midt
5 Postmottak Region nord
2 Postmottak Region sør
3 Postmottak Region vest
1 Postmottak Region øst
Bodil Rønning Dreyer
Jane Bordal
Marianne L Koller
Morten Rannem
Sissel Faller

Saksbehandler/telefon:
Camilla Nørbech-Aronsen / 99019747
Vår dato: 03.05.2016
Vår referanse: 16/68515-1

Fra: Lars Aksnes / Marit Brandtsegg

Kopi:

Forespørsel om personalressurser fra VD og regionene til FoU-programmet Vegutforming

I etatsledermøtet 29. august 2014 ble det vedtatt å gjennomføre et FoU-program innen vegutforming. Av ulike årsaker har programmet blitt utsatt, men nå er det i gang og trenger personressurser. Spørsmålet om ressurser sendes i henhold til gjeldende rutiner i linja via SOS.

Vi ber om at det sendes inn forslag til medarbeidere som er aktuelle som arbeidspakkeledere og deltagere inn i arbeidspakkene og at det antydes omfang av deltagelse. Deltagelse fra regioner og avdelinger i Vegdirektoratet har betydning for verdien av samlet kompetanseutvikling i organisasjonen og er en forutsetning for at programmene kan gjennomføres. Programmet er vedtatt igangsatt av ELM.

Vi ber om at forslagene sendes TMT/FoU Stab v/Gina Ytteborg innen 8. juni 2016.

Kort beskrivelse av FoU programmet Vegutforming (2016-2019)

Forskning innenfor vegplanlegging og vegutforming har fått lite fokus i en årrekke. Ett resultat av dette er at vegnormalene som brukes i dag er mye basert på kunnskap fra 50- og 60-tallet. Vi trenger en kritisk gjennomgang av gamle sannheter blant annet innenfor vegbredde, gs-løsninger, krysstrategi-/utforming, avkjørselsstrategi-/utforming.

Det har skjedd samfunnsmessige endringer som har betydning for hvordan veger utformes. Andre viktige deltema som det skal sees nærmere på i FoU-programmet er endringer i kjøretøyparken, trafikantenes fysiske og mentale yteevne, moderne sikkerhetstenkning, trafikantenes forventninger til punktlighet, vegen i landskapet, klimahensyn.

Se vedlegg for beskrivelse av arbeidspakker.

Personressurser fra VD og Regionene til arbeidspakkene

TMT ser behov for følgende personressurser og deltakelse fra VT, TMT og Regionene:

Postadresse
Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO

Telefon: 02030
firmapost@vegvesen.no
Org.nr: 971032081

Kontoradresse
Brynsengfare 6A
0667 OSLO

Fakturaadresse
Statens vegvesen
Landsdekkende regnskap
9815 Vadsø

- Det er behov for arbeidspakkeledere og prosjektdeltakere i arbeidspakkene fra Regionene, TMT og fra Veg- og transportavdelingen. Det er planlagt fire arbeidspakker i programmet. Disse er:
 - Parametere for vegens linjeføring
 - Trafikksikkerhet og vegutforming
 - Kryssutforming
 - Framtidsscenario 2050
- Arbeidspakkelederne vil også være medlemmer av programgruppen.
- Kontaktperson: Regionene bør også utnevnt en kontaktperson for programmet som har interesse for feltet og kan formidle resultat og erfaringer ut i regionen og bidra til kompetansespredning. Denne kontaktpersonen bør delta inn i implementeringsarenaen. (3 ukeverk pr år)

1. Beskrivelse av programmets oppgaver og aktiviteter

1.1 Oppgavebeskrivelse

Vi mangler i dag nyere forskning innen vegutforming. Det har vært lite FoU-aktivitet innen dette fagfeltet i mange år, og det som er gjort har vært preget av skippertak og klattvis forskning. Forskning stiller klare krav til vitenskapelig publisering og det tilligger forskningsmiljøene et ansvar for kompetanseutvikling og rekruttering. Vår erfaring er at forskningsmiljøene i Norge også mangler kompetent personell for å gjennomføre forskning på dette feltet. Det bør derfor i FoU-programmet åpnes for å benytte forskningsmiljøer utenfor Norge.

1.2 Avgrensning av prosjektet

FoU-programmet skal primært være rettet mot utvikling av metoder og grunnlag for vegutforming. Med vegutforming menes parametere og formelverk for geometrisk utforming av den fysiske infrastrukturen. I begrepet vegutforming inngår også vegens sideterreng som en naturlig del av infrastrukturen. I dette programmet vil ikke sideterreng generelt ha fokus.

Bruken av vegen eller trafikken og transporten på vegen ikke en del av FoU-programmets FoU-område, med unntak av arbeidspakke 4:Framtidsscenario, der vil bruken av vegen, trafikken og transporten være en del av arbeidet. Selv om byggeprosessen er tett knyttet til prosjekteringen faller dette utenfor FoU-programmet. Det vil heller ikke være fokus på gateutforming. I forbindelse med utvikling av en detaljert programplan må det gjennomføres en kartlegging av state-of-the-art for programområdene som grunnlag for forskningsaktiviteten.

1.3 Prosjektnedbrytningsstruktur

Definering av satsingsområder innen vegutforming er utfordrende fordi kunnskapshullene er store og kompetansebehovet er stort innen hele området. I forbindelse med utvikling av en detaljert programplan ble det gjennomført en workshop med nøkkelpersoner innen vegutforming. Videre skal det gjøres en «state of the art» innen hvert av programområde som grunnlag for detaljering av arbeidspakkene og videre forskningsaktivitet i hver av disse.

Denne inndelingen er valgt på bakgrunn av workshop (11. desember 2015) og ELM-vedtatt programplan. Prosjektet er delt inn i fire faglige arbeidspakker (AP): «AP1 Grunnparametere og linjeføring», «AP2 Vegutforming og trafikksikkerhet», «AP3 Geometrisk utforming av kryss og ramper» og «AP4 Framtidsscenario 2050».

I de fem påfølgende kapitlene gis det en kortfattet presentasjon av faglig innhold i de ulike arbeidspakkene. Den mer detaljert beskrivelse av de enkelte arbeidspakkene, samt konkrete prosjekter utarbeides etter at det gjennomføres en state of the art innen hver arbeidspakke og videre fortløpende underveis i programmet.

Alle arbeidspakkene vil inkludere hensynet til gang og sykkelveger, klimaforandringer og drift og vedlikehold.

Det er kobling og overlapp mellom arbeidspakkene som indikerer at det kreves et godt samarbeid mellom arbeidspakkelederne. Programgruppen er viktig for å opprettholde koordineringen og samarbeidet gjennom hele prosjektet.

1.3.1 Programgruppe

Programgruppen har den overordnede styring av FoU-programmet. Koordinering av aktiviteter i forhold til interne og eksterne deltakere, økonomioppfølging, avvikshåndtering og kommunikasjon vil være sentrale arbeidsoppgaver. Videre vil samhandling mellom arbeidspakkelederne være viktig i dette programmet. I tillegg skal arbeidspakken ha et ansvar innen implementering og oversendelse av resultat til Implementeringsarenaen underveis i programmet.

1.3.2 Arbeidspakke 1: Parametere for vegens utforming

Denne arbeidspakken vil inkludere en studie og evaluering av gjeldene grunnparametere for å bestemme hvilke parametere som er passende for bruk i dag og ved vegutforming i framtiden. Det er behov for en samlet gjennomgang av forutsetningene som grunnparameterene bygger på. Deler av dette inkludere en state-of-the-art undersøkelse, med fokus på internasjonale vegutformingsstandarder. Resultatet av denne arbeidspakken vil være en state of the practice -rapport.

Målsettingen er å utvikle en kunnskapsbasert base for å komme fram til mer robuste valg for hvordan man ønsker å utforme nye veger og framfor alt, eksisterende veger som skal oppgraderes. Kunnskapsbasen må bygge på grunnleggende litteraturstudier og erfaringer, først og fremst fra de nordiske landene. Krav til midtdeler med hensyn til trafikkmengder og hvordan disse skal utformes ut fra hensynet til sikt, drenering, drift, og vedlikehold vil være sentralt.

Linjeføring

Med linjeføring tenker en først og fremst på kravene en skal stille til vegens geometri med hensyn til sikkerhet og framkommelighet for alle trafikantgrupper, samt vegens estetikk.

Tverrprofilutforming

Vegens tverrprofil omfatter utforming av kjørebane og skulder, og eventuell midtdeler. Valg av bredder og utforming av disse elementene er et gjentagende diskusjonstema med ønske om endring etter forslag fra stortingspolitikere, lokalpolitikere, interessegrupper, prosjekter og fagspesialister. Etaten ønsker en gjennomgang av dagens tverrprofil og et solid faglig grunnlag for valg av tverrprofil for å møte de kontinuerlige diskusjonene.

Siktproblematikk

Siktkrav vil i stor grad påvirke kravene til vegens linjeføring. For å sikre effektiv og sikker vegtransport er det viktig at vegnettet har en jevn og ikke minst forutsigbar standard. Helt sentralt her er sikring av tilstrekkelige siktforhold slik at trafikantene kan få tilstrekkelig og riktig informasjon av det som møter dem av utfordringer framover i kjøreretningen. Det er behov for en samlet gjennomgang av forutsetningene som siktkravene bygger på.

1.3.3 Arbeidspakke 2 Trafikksikkerhet

Vegens linjeføring påvirker fartsnivået og fartsforandringer, friksjonsforhold, førerens forventninger om linjeføringen på vegen foran, toleranse for førerfeil, og siktforhold. Denne arbeidspakken vil bestå av en dybdeanalyse av ulykker på normerte veger med fokus på vegutforming. Gjentagende trafikksikkerhets problem vil bli identifisert og videre undersøkt/studert for å

anbefalende «avbøtende tiltak». I tillegg vil denne arbeidspakken inkludere en state of the art for å klargjøre begrepet sikkerhet innen vegutforming, samtidig som en ønsker å identifisere felles trafikksikkerhetsutfordringer i andre land og mulige løsninger på disse.

1.3.4 Arbeidspakke 3: Kryssutforming

Gitt økning i trafikkvolum og hastighet, og nye vegklasser, nye føringer for hovedveger er det nødvendig å se på nye kryssløsninger. Endringer i kjøretøyparken, moderne sikkerhetstenkning og klimatiske forhold vil også bli tatt i betraktning. Denne arbeidspakken vil inkludere en evaluering av gjeldende kryssutforming og utvikling av ny utforming, delvis gjennom en state of the art. Prioritering av kollektivtrafikk og sykkeltrafikk. Mulige løsninger vil bli evaluert for trafikksikkerhet og framkommelighet for å bestemme om de er passende for Norge. Arbeidspakken vil se på følgende kryssløsninger:

- T-kryss
- Planskilte kryss
- Ramper og fartsendringsfelt
- Rundkjøringer
- Nye krysstyper (t-kryss)

1.3.5 Arbeidspakke 4: Framtidsscenario 2050

Utforming av veger vil påvirkes av ny teknologi som foreløpig ikke er tatt inn i vegnormalene. Det bør innarbeides raskest mulig ellers vil vi overinvestere i framtidig veginfrastruktur. Bilindustrien arbeider intenst med utvikling av kooperative ITS-løsninger. Det vil si full internett-tilgjengelighet for alle i vegtrafikken gjennom bil-bil og bil-infrastruktur kommunikasjon. Dette er teknologi som på sikt kan åpne for automatisk kjøring. Dette kan opplagt komme til å stille nye krav til framtidig utforming av infrastrukturen. Ny teknologi vil for eksempel, øke kapasiteten og myke opp kravene til linjeføring og sikt og redusere vegbreddebehovet.

I tillegg bør klimaforandringen og sosiale forandringer bli vurdert. Det vil også være naturlig med en videreføring av kompetansen fra etatsprogrammet Klima og transport hvor en tar hensyn til endrede klimaforhold i vegplanleggingen. Det bør vurderes om vegnormalene tar hensyn til klimaendringer og naturfarer i tilstrekkelig grad.

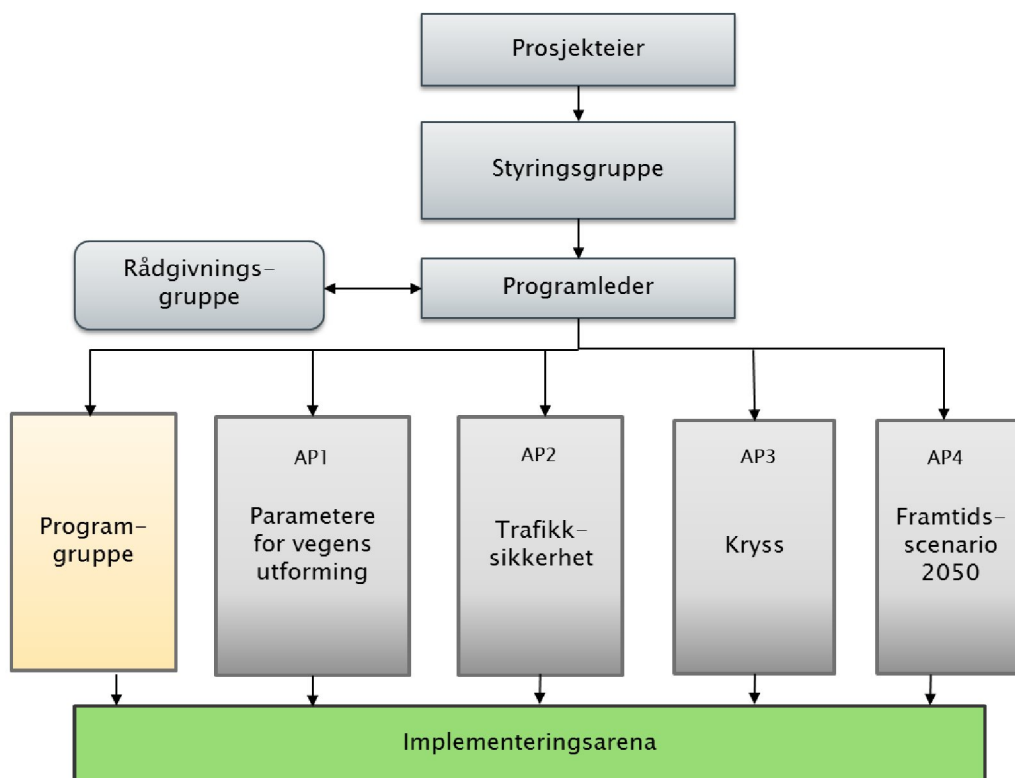
Dette inkluderer følgende punkter:

- Økt nedbør og vind
- Hoveddelen av motoriserte kjøretøy i bytrafikk er kollektiv
- All personbilbruk tas med alternative drivstoff (el, hydrogen ..)
- Tungtrafikken går på el eller biodrivstoff
- Bildeling er vanlig
- Elektrisk godstrafikk
- SmartGrid og SmartCity konsepter er gjennomført
- Førerstøttesystemer
- Kjøretøyteknologi (framkommelighet og trafikksikkerhet)

Organisering

Prosjektorganisering

Den organisatoriske strukturen i Vegutforming er vist i Figur 1. I hovedtrekk vil FoU-programmet være tradisjonelt organisert med styringsgruppe, programleder, underliggende arbeidspakker og referansegruppe. Noen endringer er gjort for å tilpasse organiseringen til programmets arbeidsmetode.



Figur 1

Vedlegg 3

E-post fra Mats Remgård, Trafikverket

Fra: mats.remgard@trafikverket.se
Til: [Andersen Gunnar Aamodt](#)
Kopi: [Wasmuth Øyvind](#)
Emne: SV: Hastighet og friksjon i VGU
Dato: 27. april 2018 10:50:35
Vedlegg: [image003.png](#)
[image004.png](#)
[image005.png](#)

Hej!

Du får gjerne henvise til mig.

Standard handler ofte om å vega nytta mot kostnader og omgivingspåverkan. Det er en balansgang.

Man kan forenklat seia at ønskværd nivå er lønsam og bør veljas ved enklare forholdanden (låge kostnader og små inntreng) medan godtagbar er lønsam ved "normala" forholdande.

Ved særskilt besværlige forholdanden kan det finnas skål at ge avsteg og sænka ytterligere.

/mats

Med vænlig hælising

Mats Remgård

Specialist vægutforming

Direkt: 010-123 71 75

mats.remgard@trafikverket.se

Trafikverket

172 90 Sundbyberg

Besøksadresse: Solna Strandvæg 98

Telefon: 0771-921 921

Fax: 08-98 67 11

www.trafikverket.se

Från: Andersen Gunnar Aamodt [mailto:gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no]

Skickat: den 24 april 2018 12:59

Till: Remgård Mats, IVtaö <mats.remgard@trafikverket.se>

Kopia: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>

Ämne: SV: Hastighet og friksjon i VGU

Hei igjen!

Tusen takk for god respons på spørsmålene i vinter!

Er greit om vi oppgir deg og mailene under som kilde i vår masteroppgave?

Har også et lite siste spørsmål angående de ønskede kravene vi håper du kan svare på.

Hvordan brukes de ønskede kravene kontra minimumskravene i praksis?

Er det slik at hvert prosjekt kan bestemme hvilke av de to kravene de skal følge, eller er det å anse som at minimumskravene kan brukes men helst bør unngås?

Eller komme det kanskje an på hvilken veg som bygges, for eksempel om det bygges en viktig motorveg kontra en mindre landeveg?

Med hilsen

Gunnar Aamodt Andersen og Øyvind Wasmuth

Seksjon: Geo og lab

Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ

Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ

Telefon: +47 75570156 **Mobil:** +47 47614179 **e-post/Skype:** gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no

www.vegvesen.no **e-post:** firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: mats.remgard@trafikverket.se [mailto:mats.remgard@trafikverket.se]

Sendt: 5. februar 2018 13:50

Til: Andersen Gunnar Aamodt <gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>

Kopi: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>; lars.frid@trafikverket.se

Emne: SV: Hastighet og friksjon i VGU

Hej!

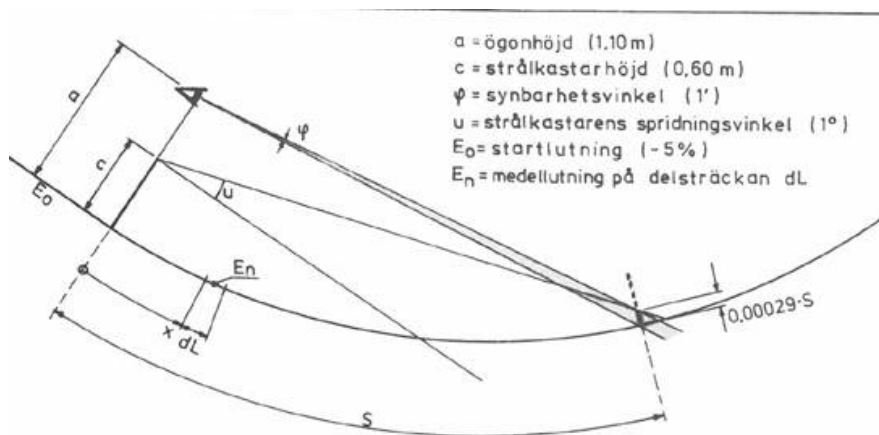
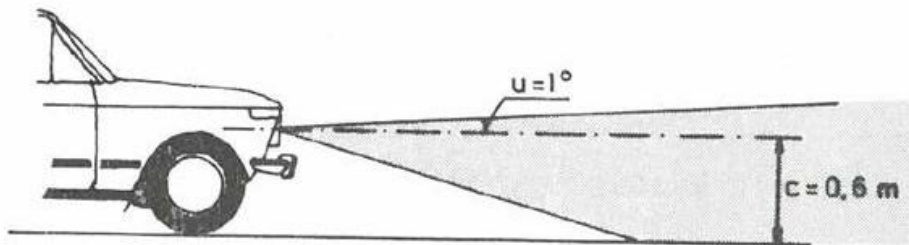
Beräkning av konkava vertikalkurvor är ganska komplicerad men framgår av figurerna nedan. Sikt i mörker är en av flera aspekter som styr vertikalradiestorlek. Ofta behövs större radier med hänsyn till estetik.

Men vid dimensionering med hänsyn till sikt (både i konkava och konvexa kurvor) så påverka båglängden i de fall siktlinjen är längre än bågens längd. De gränsvärden som anges i VGU avser fall då bågens längs är längre än siktlinjen.

I beräkningen nedan förutsätts att lutningen i tangentpunkten är -5% . Om lutningen är mindre kommer bromssträckan också minska. Så även detta är en förenkling som gör att gränsvärdena är "på säkra sidan".

Som jag skrivit tidigare så har vi av praktiska skäl gjort en del justeringar för att anpassa till nya hastighetsgränser mm. Därför finns det en del avvikelser mellan gränsvärdena i VGU och beräkningsmodellerna.

/mats



		Ingångsdata sikt	247				
		Preliminär radie	6320,64349				
		Utgångshastighet	130				
		Stoppsträcka	301,419349				
		Dh	-1,3122163				
					Vid -5%	Vid -2.5%	
					Min radie	Minradie	
	130	Vdim	Bromsstr	Stoppstr	Dh	7820	7271
		125	205,7832039	275,227648	-0,57581	7099	6637
		120	184,3922874	251,058954	0,007441	6435	6033
		115	164,8267225	228,715611	0,464429	5832	5459
		110	146,8976221	208,008733	0,817429	5259	4944
		105	130,5291258	188,862459	1,083464	4716	4430
		100	115,5315062	171,087062	1,278533	4203	3976
		95	101,5565229	154,334301	1,416622	3750	3553
		90	89,29802373	139,298024	1,50275	3328	3160
		85	77,88311556	125,105338	1,55123	2908	
		80	67,23637567	111,68082	1,567758	2548	
		75	58,07847486	99,7451415	1,558508	2218	
		70	49,08224924	87,9711381	1,527301	1893	
		65	41,88502137	77,9961325	1,4837	1625	
		60	35,00465604	68,3379894	1,426484	1363	
		55	28,87062835	59,4261839	1,360598	1132	
		50	23,43911911	51,2168969	1,288788	908	
		45	18,66946943	43,6694694	1,213359	739	
		40	14,52382252	36,7460447	1,136241	578	
		35	10,9668199	30,4112643	1,059036	425	
		30	7,965342465	24,6320091	0,983064	304	

Med vänlig hälsning

Mats Remgård

Specialist vägutformning

Direkt: 010-123 71 75

mats.remgard@trafikverket.se

Trafikverket

172 90 Sundbyberg

Besöksadress: Solna Strandväg 98

Telefon: 0771-921 921

Fax: 08-98 67 11

www.trafikverket.se

Från: Andersen Gunnar Aamodt [<mailto:gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>]

Skickat: den 5 februari 2018 11:42

Till: Remgård Mats, IVtaö <mats.remgard@trafikverket.se>

Kopia: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>; Frid Lars, IVtam <lars.frid@trafikverket.se>

Ämne: SV: Hastighet og friksjon i VGU

Hei!

Takker så mye for gode svar.

Vi ser også på kravene som stilles til lavbrekkskurver (konkave vertikallradier) i Sverige. I Norge stilles det kun krav til lavbrekk med hensyn til kjørekomfort.

Vi ser at det stilles to krav i Sverige avhengig av vegbelysning og kurvens buelengde i tabell 3.1-12 og 13 i VGU.

Hvilke formler bruker dere for å regne ut disse minimumskravene til lavbrekk i Sverige?

Og hvilke parameterverdier (spesielt hvilken dimensjonerende hastighet) brukes for de ulike kravene?

Med hilsen
Gunnar Aamodt Andersen og Øyvind Wasmuth

Seksjon: Geo og lab
Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ
Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ
Telefon: +47 75570156 **Mobil:** +47 47614179 **e-post/Lync:** gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no
www.vegvesen.no **e-post:** firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: mats.remgard@trafikverket.se [<mailto:mats.remgard@trafikverket.se>]

Sendt: 14. desember 2017 12:51

Til: Andersen Gunnar Aamodt <gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>

Kopi: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>; lars.frid@trafikverket.se

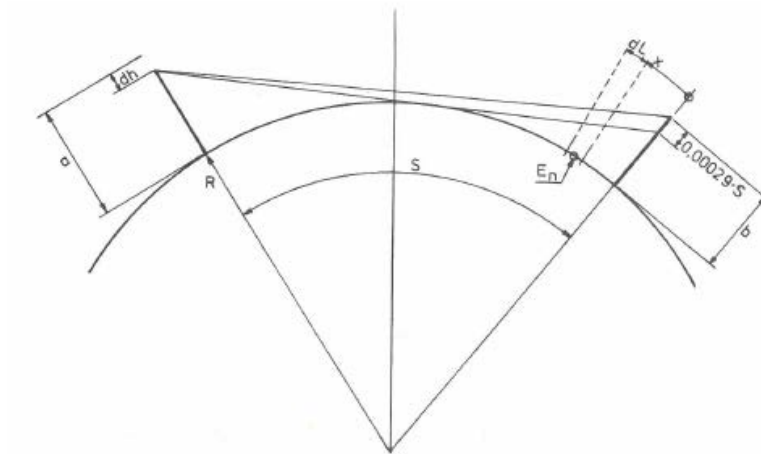
Emne: SV: Hastighet og friksjon i VGU

Hej!

Vår beräkningsmodell tar hänsyn till att stoppsträckans förändras på grund av att lutningen varierar längs bågen och att man dessutom ska kunna se viss del av hindret. Det gör beräkningen komplicerad.
Vid stopp lutar vägen 5 % nedför och man får räkna bakåt. Om lutningen är mindre kan radien minskas.

För att hålla nere kurvradierna har vi höjt hinderhöjden till 0,35 m = bakljus. Gäller främst motorvägar där låga hinder på vägen är ovanliga.

Som för övriga gränsvärden har vi avrundat en del för att anpassa till äldre regelverk och underlätta övergång till nya hastighetsgränser. Principerna framgår nedan.



Referenshastighet: dim hastighet/hinderhöjd

120: 120/0,2, 120/0,35
110: 120/0,35, 110/0,35
100: 110/0,35, 100/0,35
80: 90/0,2, 80/0,2
60: 70/0,2, 60/0,2

Hastighet V		Beregnet stoppsikt		Krav til v.radius i VGU		Utregnet fra formel	
VR		Minimum	Ønsket	Minimum	Ønsket	Minimum	Ønsket
130							
120		233	274	12000	16000	10087	13910
110		193	233	9000	12000	6921	10106
100		162	193	6000	9000	4876	6941
90						0	0
80		107	132	3000	5000	2127	3221
70						0	0
60		66	85	1500	2000	809	1335
50							

Hinderhøjd 0,2

Hinderhøjd 0,35

Vdim	Bromsstr	Stoppstr	Dh	Vid -5%	Vid -3%	Vid -2.5%	
				Min radie	Sikt	Radie	Radie
				23632	289	20978	20344
125	191,0173096	260,461754	-0,84759	19414	261	17343	16917
120	173,3663105	240,032977	-0,65886	16083	240	14488	14104
115	156,7443421	220,633231	-0,47982	13230	219	11922	11692
110	141,1123275	202,223439	-0,31005	10799	200	9840	9634
105	126,519	184,852333	-0,14999	8833	182	8071	7886
100	112,8744671	168,430023	0,001222	7170	165	6575	6410
95	99,90864789	152,686426	0,146097	5772	149	5317	
90	88,40142056	138,401421	0,277476	4674	135	4334	
85	77,51923029	124,741453	0,403043	3698			
80	67,23315361	111,677598	0,523076	2950			
75	58,31919552	99,9858622	0,630457	2338			
70	49,45344221	88,3423311	0,737355	1800			
65	42,33557498	78,4466861	0,828175	1407			
60	35,47217246	68,8055058	0,916632	1065			
55	29,31929218	59,8748477	0,998548	798			
50	23,84578657	51,6235643	1,074214	594			
45	19,02083593	44,0208359	1,143916	421			
40	14,81408498	37,0363072	1,207937	294			
35	11,19575798	30,6402024	1,266554	188			

Vdim	Bromsstr	Stoppstr	Dh	Vid -5%	Vid -3%	Vid -2.5%	
				Min radie	Sikt	Radie	Radie
				18452	289		16078
125	161,8630224	231,307467	-3,89056	15366	261		13444
120	149,6665339	216,333201	-3,52899	12693	251		11163
115	137,790179	201,679068	-3,17517	10485	219		9287
110	126,2380048	187,349116	-2,82921	8674	200		7676
105	115,1099368	173,44327	-2,49351	7123	182		6372
100	104,3631894	159,918745	-2,16704	5802	165		5196
95	93,76763771	146,545415	-1,84424	4686	149		4203
90	84,19797346	134,197973	-1,54623	3748	135		3425
85	74,83337195	122,055594	-1,25318	3018	125		
80	65,69809977	110,142544	-0,96569	2369	111		
75	57,66091102	99,3275777	-0,70471	1877	99		
70	49,38090522	88,2697941	-0,43788	1444	87		
65	42,69240026	78,8035114	-0,20947	1128	77		
60	36,06915559	69,4024889	0,017362	877	68		
55	30,03005914	60,5856147	0,230086				
50	24,57330358	52,2542054	0,420658				

Med vänlig hälsning

Mats Remgård

Specialist vägutformning

Direkt: 010-123 71 75

mats.remgard@trafikverket.se

Trafikverket

172 90 Sundbyberg

Besöksadress: Solna Strandväg 98

Telefon: 0771-921 921

Fax: 08-98 67 11

www.trafikverket.se

Från: Andersen Gunnar Aamodt [<mailto:gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>]

Skickat: den 14 december 2017 11:30

Till: Remgård Mats, IVtaö <mats.remgard@trafikverket.se>

Kopia: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>; Frid Lars, IVtam <lars.frid@trafikverket.se>

Ämne: SV: Hastighet og friksjon i VGU

Hei,

Veldig bra, takk for raskt svar!

Nå stemmer utregningene våre av horisontalkurveradier og stoppsikt med tabellene i VGU ja. Står dette i noen dokumenter at det skal brukes et slikt hastighetstillegg i beregningene?

Vi prøvde videre å sette opp verdiene for stoppsikt for å beregne minimum vertikalkurveradius for høybrekk (konvekse vertikalkurver).

Regnearket vårt for dette ligger nå vedlagt, med stoppsikt og vertikalkurveradius.

Men vi får ikke disse tallene til å stemme med de oppgitte verdiene i tabell 3.1-12 og 3.1-13 i VGU.

Vi lurer derfor på hva som ligger til grunn for kravene for vertikalkurveradius?

Dimensjoneres det med stoppsikt for nedoverbakke, og hvilke objekthøyder benyttes ved de ulike VR?

Med hilsen

Gunnar Aamodt Andersen og Øyvind Wasmuth

Seksjon: Geo og lab

Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ

Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ

Telefon: +47 75570156 **Mobil:** +47 47614179 **e-post/Lync:** gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no

www.vegvesen.no **e-post:** firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: mats.remgard@trafikverket.se [<mailto:mats.remgard@trafikverket.se>]

Sendt: 13. desember 2017 13:30

Til: Andersen Gunnar Aamodt <gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>

Kopi: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>; lars.frid@trafikverket.se

Emne: SV: Hastighet og friksjon i VGU

Hej!

Vi har gjort vissa justeringar av våra gränsvärden och därför stämmer det inte helt med begrepp och grundvärden.

Motiven är följande:

När hastighetsgräns 120 km/tim infördes i Sverige valdes ca 30 mil ut med överlag mycket hög standard, ofta långt över gränsvärden. Vi satte 1200 m som gräns för 120 baserat på 130 km/tim som dim hastighet. Som ni märker påverkar skevningen en hel del och en ändring vi gjort är att hålla nere dim skevning för att kompensera för byggtoleranser, sättningar mm.

Hastighetsgräns 110 är normal hastighet på motorväg. Historiskt sedan länge har minimiradien varit 800 m. Med lägre skevning ger det 900 m.

100 är en ny gräns. Vi har byggt om ca 3000 km vanlig väg till mitträckesvägare och då höjt från 90 till 100 km/tim utan att se några problem alls trots att geometrin kan var dimensionerad för 90.

R 500 har varit fräns vid 90 sedan länge och det ska gå att bygga om en befintlig 90-väg till mötesfri 100 utan ombyggnad av vägens linjeföring. Därför radie 500 m.

Med hastighetspåslag och lägre skevning 900 m.

På motsvarande sätt är 80 km/tim en ny hastighetsgräns och det ska gå att höja en bra 70-väg till 80.

Motsvarande gäller vid 60.

120	130/ 3 %
110	120/5,5 %, 120/4 %
100	100/5,5 %, 110/4 %
80	80/90 4 %
60	50/60 4 %

Med vänlig hälsning

Mats Remgård

Specialist vägutformning

Direkt: 010-123 71 75

mats.remgard@trafikverket.se

Trafikverket

172 90 Sundbyberg

Besöksadress: Solna Strandväg 98

Telefon: 0771-921 921

Fax: 08-98 67 11

www.trafikverket.se

Från: Andersen Gunnar Aamodt [<mailto:gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>]

Skickat: den 13 december 2017 11:24

Till: Remgård Mats, IVtaö <mats.remgard@trafikverket.se>; Frid Lars, IVtam <lars.frid@trafikverket.se>

Kopia: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>

Ämne: Hastighet og friksjon i VGU

Hei!

Vi er to studenter i Norge som skriver en masteroppgave på vegne av Statens vegvesen.

Vi skal i vår oppgave se på parameterne hastighet og friksjon ved prosjektering av veg, og skal se hvordan dette gjøres i andre land. Deretter skal vi sammenligne ulike metoder og parametere med norske metoder.

Vi har i den sammenhengen lest materiale vi kan finne om hastighet og friksjon i Sverige, og har da sett gjennom VGU-publikasjonene fra 2015.

Slik vi forstår det i VGU er referenshastigheten den dimensjonerende hastigheten for parametere som for eksempel minimumskurvatur og stoppsikt, og friksjon bestemmes fra formler/figurer i «VGU: Begrepp och grundvarden». Men vi får ikke minimumskravene fra tabell i «VGU: Krav for vagars och gators utformning» til å stemme med utregnede verdier for minimumsparameterne.

Vi har forsøkt å sette disse verdiene for horisontalkurveradius opp i et regneark, som ligger vedlagt.

Brukes det en annen verdi for friksjon enn det som er gitt fra formelen i «VGU begrepp och grundvarden» kap. 2.1.3?

Eller brukes det et hastighetstillegg eller annen sikkerhetsfaktor i utregningen av verdiene som er oppgitt i VGU?

Vi har også forsøkt å regne på stoppsikt, men finner ikke helt ut hvordan dette gjort eller hvilke verdier som er brukt for å komme fram til gitte minimumskrav i VGU.

Finnes det noe grunnlag som forklarer hvordan ulike parametere som f.eks. minimumsradi og stoppsikt er regnet ut?

Håper dere har mulighet til å forklare dette for oss.

Fint hvis dere også har mulighet til å sende ved forklarende dokumenter og annen grunnlagsdata.

På forhånd takk!

Med hilsen

Gunnar Aamodt Andersen og Øyvind Wasmuth

Seksjon: Geo og lab

Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ

Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ

Telefon: +47 75570156 Mobil: +47 47614179 e-post/Lync: gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no

www.vegvesen.no e-post: firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Vedlegg 4

E-post fra Anne Marie Gejlager, Vejdirektoratet

Fra: Anne Marie Gejlager
Til: [Andersen Gunnar Aamodt](#)
Kopi: [Wasmuth Øyvind](#)
Emne: SV: Dimensjonerende hastighet i Danmark
Dato: 4. mai 2018 11:35:11

Hej

Godt, at jeg kunne hjælpe.

Ja, I må gerne bruge mailen som reference i jeres opgave.

Venlig hilsen

Anne Marie Gejlager

Ingeniør

Vejdesign



Vejdirektoratet

Thomas Helsteds Vej 11
8660 Skanderborg
Telefon +45 7244 3333
Direkte +45 7244 2241
amh@vd.dk
vejdirektoratet.dk

Fra: Andersen Gunnar Aamodt [mailto:gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no]
Sendt: 2. maj 2018 09:33
Til: Anne Marie Gejlager
Cc: Wasmuth Øyvind
Emne: SV: Dimensjonerende hastighet i Danmark

Hei

Tusen takk for svar og god forklaring!

Vi var ikke klar over at det var kommet en ny utgave av håndboka nå i april, så det var fint du sendte linken dit. Den nye figuren dere har fått der, Figur 3.1, var god og forklarende for sammenhengen mellom de to hastighetene.

Er det greit om vi oppgir denne eposten som referanse i oppgaven vår som en del av kildegrunlaget?

Med hilsen

Gunnar Aamodt Andersen og Øyvind Wasmuth

Seksjon: Geo og lab

Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ

Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ

Telefon: +47 75570156 **Mobil:** +47 47614179 **e-post/Skype:** gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no
www.vegvesen.no **e-post:** firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: Anne Marie Gejlager [mailto:amh@vd.dk]
Sendt: 30. april 2018 15:48
Til: Andersen Gunnar Aamodt <gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>
Emne: SV: Dimensjonerende hastighet i Danmark

Hej Gunnar og Øyvind

Samtidig med, at jeg fik mailen fra jer, fik jeg også den mail, som I havde sendt til Vejdirektoratets postkasse.
Det er okay, at I har skrevet på norsk. Jeg håber, at det også er okay for jer, at jeg skriver på dansk.

I Danmark er den dimensionerende hastighed (V_d) på motorveje lig med planlægningshastigheden (V_p). Der bruges ikke hastighedstillæg på motorveje, da der hverken er krydsende eller modkørende trafik.

Som udgangspunkt er den dimensionerende hastighed $V_d = 130$ km/t for motorveje i åbent land, dog sættes $V_d = 110$ km/t i forbindelse med motorvejskryds.

Det vurderes fra projekt til projekt, om der er strækninger, hvor hastigheden skal være mindre end 130 km/t f.eks. 110 km/t på en strækning med tætliggende tilslutningsanlæg eller af hensyn til omgivelserne.

For valg af hastighed se afsnit 3.2.1 og 3.2.2 i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer" – april 2018 [link](#)

Jeg håber, at I kan bruge mit svar. Hvis I har uddybende spørgsmål, er I velkommen til at skrive igen.

Held og lykke med jeres masteropgave.

Venlig hilsen

Anne Marie Gejlager

Ingeniør

Vejdesign



Vejdirektoratet

Thomas Helsteds Vej 11

8660 Skanderborg

Telefon +45 7244 3333

Direkte +45 7244 2241

amh@vd.dk

vejdirektoratet.dk

Fra: Andersen Gunnar Aamodt [<mailto:gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>]

Sendt: 26. april 2018 14:13

Til: Anne Marie Gejlager; Connie Mosbæk Mikkelsen

Emne: Dimensjonerende hastighet i Danmark

Hei!

Vi er to studenter i Norge som skriver en masteroppgave ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU Trondheim, på vegne av Statens vegvesen.

Vi skal i vår oppgave se på parameterne hastighet og friksjon ved prosjektering av nye veger, og skal se hvordan dette gjøres i andre land, blant annet i Danmark.

Vi har i den sammenheng noen spørsmål om dimensjonerende hastighet i Danmark, og vi ser da på Vejdirektoratets hjemmeside at dere arbeider innenfor vegdesign (dere var øverst på listen over ansatte ingeniører/teknisk designer). Vi håper derfor du kan hjelpe oss med svar på spørsmålene vi har under, eventuelt om dere kan videresende dette til personer hos dere som kan svare på spørsmålene vi har om hastighet under. (Vi har forsøkt å sende til noen eposter hos Vejdirektoratet tidligere, bl.a. vejregler@vd.dk, men har ikke fått noe svar derfra, så håper dere kan hjelpe oss.)

Håper også det er greit for dere at vi skriver denne mailen på norsk.

Vi har lest en del materiale vi kan finne om hastighet og friksjon i Danmark, og har da sett gjennom håndbøkene under «Vejregler» blant annet Grundlag for udformning af trafikarealer, Tracering i åbent land og Projektering/Planlægning af veje og stier i åbent land.

Som vi leser av håndbøkene benyttes en planleggingshastighet, V_p , og en dimensjonerende hastighet, V_d , ved beregning av minimumsparametere. Den dimensjonerende hastigheten

blir brukt blant annet til beregning av minimum stoppsiktlengder (standslengde), og videre ved siktkrav for beregning av minimum vertikalkurvatur.

Vi lurer litt på hvordan denne dimensjonerende hastigheten blir bestemt i praksis ved prosjektering av nye veger?

Vi leser i «Grundlag for udformning af trafikarealer» at det er gitt ulike anbefalte verdier for den dimensjonerende hastigheten, og at den tar utgangspunkt i planleggingshastigheten (som ofte er lik hastighetsgrensen) med et visst tillegg.

Der står det blant annet at den dimensjonerende hastigheten settes lik planleggingshastigheten på motorveger. Gjelder dette alle motorveger, eller forutsetter det en planleggingshastighet (og hastighetsgrense) på 130 km/t?

Hvis man for eksempel skal prosjektere en motorveg med planleggingshastighet 110 km/t (som også da blir hastighetsgrensen), bruker man 110 km/t også som dimensjonerende hastighet ved beregning av krav til stoppsikt? Eller vil det da benyttes et hastighetstillegg?

Håper du har mulighet til å forklare dette for oss, eventuelt finne de rette personene til å svare på disse spørsmålene.

Fint hvis dere også har mulighet til å sende ved forklarende dokumenter og eventuell annen grunnlagsdata ved bestemmelse av hastighet.

På forhånd takk!

Med hilsen

Gunnar Aamodt Andersen og Øyvind Wasmuth

Seksjon: Geo og lab

Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ

Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ

Telefon: +47 75570156 **Mobil:** +47 47614179 **e-post/Skype:** gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no

www.vegvesen.no **e-post:** firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Vedlegg 5

E-post fra Terje Giæver, Vegdirektoratet

Fra: [Glæver Terje](#)
Til: [Andersen Gunnar Aamodt](#)
Kopi: [Wasmuth Øyvind](#)
Emne: SV: FoU vegutforming - hastighet og friksjon
Dato: 20. april 2018 10:46:06
Vedlegg: [image001.png](#)

Hei

Det er $\epsilon_{max}=8\%$ som benyttes ved utregning.

Med hilsen
Terje Glæver

Seksjon: Drift, vedlikehold og vegteknologi
Postadresse: Statens vegvesen Vegdirektoratet, Postboks 8142 Dep, 0033 OSLO
Besøksadresse: Abels gate 5, TRONDHEIM
Mobil: +47 92619403 e-post/Lync: terje.glaever@vegvesen.no
www.vegvesen.no e-post: firmapost@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: Andersen Gunnar Aamodt
Sendt: 13. april 2018 11:02
Til: Glæver Terje <terje.glaever@vegvesen.no>
Kopi: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>
Emne: SV: FoU vegutforming - hastighet og friksjon

Hei!

Som vi snakket om i går etter FoU-møte får jeg ikke helt tallene du sendte under her til å stemme med utregningen av minimum horisontalkurve.

Har lagt ved excel-arket der jeg har gjort beregningene, og markert det som er fra NA-rundskrivet med gult. Jeg får en verdi på minimum horisontalkurve på 822, mens kravet er 800. Så ser jeg at du har fått 792 i beregningene dine. Så det stemmer ikke helt overens. Jeg får nesten samme verdi som deg hvis jeg benytter en overhøyde på 8,0 % i stedet for 7,5 % (som gitt i NA-rundskrivet), men vet ikke om det er der feilen ligger.

De resterende utregningene jeg har stemmer bra med krav som er oppgitt i N100 fra 2018 og 2014.

Ved stoppsiktberegninger gir for øvrig beregningene god overenstemmelse med kravet i rundskrivet når jeg bruker verdien for bremsefriksjon som du har under her.

Fint om du kan finne ut hvor feilen ligger, og finne hvilken verdi for friksjon som er den riktige siden vi tenkte å bruke det i de videre sammenligningene våre i masteroppgaven.

Med hilsen
Gunnar Aamodt Andersen

Seksjon: Geo og lab
Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ
Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ
Telefon: +47 75570156 Mobil: +47 47614179 e-post/Skype: gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no
www.vegvesen.no e-post: firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: Glæver Terje
Sendt: 6. april 2018 12:26
Til: Andersen Gunnar Aamodt <gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>
Emne: SV: FoU vegutforming - hastighet og friksjon

Hei

Denne mailen har beklageligvis blitt liggende, men tabellen nedenfor viser forutsetningene for beregningene.

Celler merket med redt kan endres									
Om dimensjoneringsklassen:	Tittel: <u>NH3</u> , gjelder for ADT <u>> 12 000</u>								
Fartsgrense	110								
Fartstillegg:	10								
Sikkerh.faktor friksjon:	1,30 →								
Reaksjonstid:	2,0								
Maks. res. Fall	9,0								
Relativ vertikalfart:	0,05								
Vertikalakselerasjon:	0,3								
Øyehøyde	1,1								
Beregn. objekthøyde:	0,25								
Objekth. i kryss:	0	Overhøyde i kryss:	6 %	Minste horisontalkurveradius i kryss blir:				1239	avr. 800
Beregn. kjøretøyhøyde:	1,25								
Klasse S / H / Sa / A?	S →	Klasse bestemmer relativ vertikalfart (som hentes fra fanen grunnparametere)							
Maksimal stigning	5	Dette er en hjelpecelle: 2							
Resulterende R _{min}	792	Ut fra R _{min.} sett minste horisontalkurveradius i prosjekteringstabellen til:							800

Med hilsen
Terje Giæver

Seksjon: Drift, vedlikehold og vegteknologi
Postadresse: Statens vegvesen Vegdirektoratet, Postboks 8142 Dep, 0033 OSLO
Besøksadresse: Abels gate 5, TRONDHEIM
Mobil: +47 92619403 e-post/Skype: terje.giaver@vegvesen.no
www.vegvesen.no e-post: firmapost@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: Andersen Gunnar Aamodt
Sendt: 19. mars 2018 10:22
Til: Giæver Terje <terje.giaver@vegvesen.no>
Emne: SV: FoU vegutforming - hastighet og friksjon

Hei!

Vi holder på med sammenligningene av hastighet i ulike land, og tenker også å sammenligne med den gjeldende 110 km/t-vegen som kom i NA-rundskriv 2015/2.

Hvilke data ligger til grunn i beregningen av denne?

Tenker da spesielt på hvilket fartstillegg og hvilke friksjonstall og sikkerhetsfaktor som ble brukt her.

Finnes det noen dokumenter der dette står?

Vi ser jo at det ikke brukes noe fartsprofiltillegg, men om fartstillegget er 10 eller 15 km/t og friksjonsverdien og sikkerhetsfaktoren er ikke gitt i rundskrivet.

Med hilsen
Gunnar Aamodt Andersen

Seksjon: Geo og lab
Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ
Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ
Telefon: +47 75570156 Mobil: +47 47614179 e-post/Skype: gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no
www.vegvesen.no e-post: firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Vedlegg 6

E-post fra Bård Nonstad, Vegdirektoratet

Fra: [Nonstad Bård](#)
Til: [Andersen Gunnar Aamodt](#)
Kopi: [Wasmuth Øyvind](#); [Ofstad Bjørn Ove](#)
Emne: SV: Spørsmål om friksjonsdatabase
Dato: 9. mai 2018 10:28:49
Vedlegg: [Friksjon på asfalt_Vegard Opsahl 2006_ALT_lavkval.pdf](#)
[Rapport 20100210.pdf](#)

Hei igjen,

Pga at det er en punktmåling vil en normalt få en større variasjon/spredning og dårligere repeterbarhet med variabel slipp. Det står noe om fast og variabel slipp i en masteroppgave skrevet av Vegard Opsahl i 2006.

Står kanskje noe i en rapport som Vianova skrev i forbindelse med revisjon av N100 også. (Se vedlegg). Det finnes i tillegg en teknologirapport (vegvesen rapport) som behandler data fra Region nord. Også denne er skrevet av Vegard Opsahl, men jeg fant ikke denne i farten nå.

Det er bare å oppgi meg som referanse og bare ta kontakt dersom det er flere spørsmål.

Med hilsen
Bård Nonstad

Seksjon: Drift, vedlikehold og vegteknologi
Postadresse: Statens vegvesen Vegdirektoratet, Postboks 6706 Etterstad, 0609 OSLO
Besøksadresse: Abels gate 5, TRONDHEIM
Mobil: +47 97654306 **e-post/Skype:** bard.nonstad@vegvesen.no
www.vegvesen.no **e-post:** firmapost@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: Andersen Gunnar Aamodt
Sendt: 8. mai 2018 08:01
Til: Nonstad Bård <bard.nonstad@vegvesen.no>
Kopi: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>; Ofstad Bjørn Ove <bjorn.ofstad@vegvesen.no>
Emne: SV: Spørsmål om friksjonsdatabase

Hei,

Takk for svar!

Jeg tror nok helt klart at vi egentlig skulle satt oss mer inn i grunnlaget for friksjonsmålinger i oppgaven for arbeidet med databasen. I vår oppgave bruker vi det egentlig bare som sammenligningsgrunnlag, og slik vi hadde sett for oss oppgaven skulle vi få ferdige tall for opptredende friksjonsverdier for oppgaven (det samme gjaldt fartsverdier). Men fra friksjon fikk vi ferdige verdier kun for målinger med variabel slipp. Skulle vi inkludert fast slipp ville det tatt mer tid og arbeid ved vurdering av tallmaterialet, og det ble rett og slett ikke prioritert da det i utgangspunktet ikke var planlagt at det skulle gjøres. Men det blir tatt med et punkt om dette i diskusjonen.

Når det gjelder det med at variabel slipp er mer usikker enn fast slipp, står dette i noe dokumenter eller rapporter som er å finne?

Vi har prøvd å lese i en del litteratur, mest norsk, men finner ikke noe som sier at fast slipp er en mer pålitelige metode. Er dette erfaringsmessige betraktninger? For det virker logisk som du sier at fast slipp skal gi en bedre repeterbarhet ved måling ja.

Men siden det er såpass mange målinger, vil ikke noe av denne usikkerheten ved variabel slipp gå ned?

Vi skal ta dette med i diskusjon, og tatt med som et område som kunne vært gjort en større innsats på. Kanskje det kommer noen etter oss som kan gjøre en større innsats på friksjonsdatabasen som ble brukt.

Er det greit om vi oppgir deg og denne mailen som referanse i oppgaven? Det hadde vært fin å ha i diskusjon om den brukte databasen og som svar på spørsmålet vi hadde.

Med hilsen
Gunnar Aamodt Andersen

Seksjon: Geo og lab

Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ

Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ

Telefon: +47 75570156 **Mobil:** +47 47614179 **e-post/Skype:** gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no
www.vegvesen.no **e-post:** firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: Nonstad Bård

Sendt: 4. mai 2018 12:40

Til: Andersen Gunnar Aamodt <gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no>

Kopi: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>; Ofstad Bjørn Ove <bjorn.ofstad@vegvesen.no>

Emne: SV: Spørsmål om friksjonsdatabase

Hei Gunnar,

Interessant at dere ser på temaet fart og friksjon. Selv om målingene fra Region nord er noen år gamle er det mest omfattende måleprogrammet som er gjort av friksjon på vegdekker i Norge. En ting jeg stusser litt over er hvorfor dere kun ser på variabel slipp? Vi bruker variabel slipp lite i Norge og det er også noe mer usikker målemetode. Jeg ville også tatt med fast slipp målingene som normalt er mer stabile. Variabel slipp er punktmålinger og det er eksempelvis vanskelig å få god repterbarhet ved flere serier i og med det er vanskelig å treffe eksakt samme punkt.

Jeg har vært i kontakt med målebiloperatør Bjørn Ove som har kjørt målingene i Region nord. Han nevnte at det tidligere lå et filter på 0,96, så det er nok årsaken til at får en opphopning av målinger her. Det er altså verdier som er over 0,96 som likevel blir registrert som 0,96.

Lykke til med oppgaven og bare ta kontakt dersom dere har flere spørsmål!

Mvh Bård

Fra: Andersen Gunnar Aamodt

Sendt: 4. mai 2018 09:05

Til: Nonstad Bård <bard.nonstad@vegvesen.no>

Kopi: Wasmuth Øyvind <oyvind.wasmuth@vegvesen.no>

Emne: Spørsmål om friksjonsdatabase

Hei!

Vi skriver masteroppgave innen vegutforming for FoU-programmet «Vegutforming», og har hovedtema fart og friksjon hvor vi skal vurdere metoder som benyttes i ulike land sammenlignet med opptredende tall for fart og friksjon. I den sammenhengen har FoU-programmet laget en database med ca. 600 målinger av friksjon som er utført i Region nord i perioden 2006–2008. Databasen tar utgangspunkt i målinger med variabel slipp.

I vurderingen av dataene vi har fått tilgjengelig ser vi enkelte verdier som ikke helt følger det vi tenker er naturlig. Legger ved normalfordelingen av alle målingene, samt en scatterplot med eksponentiell funksjon av gjennomsnittet.

Det er her spesielt registreringene med verdi mellom 0,94–0,96 som vi tenker kan være feil. Fikk da tips om å spørre deg om du har noen tanker om hva som kan være årsaken til at det er såpass mange målinger mellom 0,94–0,96?

Kan det være feil i utførelsen, for eksempel for lite vann under målingen e.l?
Burde disse registreringene vært filtrert ut av databasen?

Med hilsen
Gunnar Aamodt Andersen

Seksjon: Geo og lab

Postadresse: Statens vegvesen Region nord, Postboks 1403, 8002 BODØ

Besøksadresse: Dreyfushammarn 31, BODØ

Telefon: +47 75570156 **Mobil:** +47 47614179 **e-post/Skype:** gunnar.aamodt.andersen@vegvesen.no
www.vegvesen.no **e-post:** firmapost-nord@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Vedlegg 7

Utdrag fra presentasjon N100 brukerforum

Eggen, R. oktober 2016

Fartsdata på veger

Fartsgrense	Fart 85 %	Fart 95 %
80	86	92
90	94	100
100	107 (H) / 117 (V)	113 (H) / 123 (V)
110	109 (H) / 118 (V)	115 (H) / 123 (V)

Nye fartstillegg

Dimensjoneringsklasse (fartsgrense (km/t))	Fartstillegg (km/t)	Fartsprofiltillegg (km/t)	Beregningsmessig fart (km/t)
H1 (80)	5	5	90
H2 (90)	5	5	100
H3 (110)	10	0	120
Hø1 (80)	0	5	85
Hø2 (60)	0	5	65

Nye verdier for friksjon (totalfriksjon f_t for fartsgrense 110 km/t er i oppgaven korrigert til 0,398)

Fartsgrense [km/t]								
	40	50	60	70	80	90	100	110
f_t	0,77	0,69	0,63	0,59	0,55	0,52	0,49	
f_t (ny)	0,638	0,575	0,528	0,491	0,462	0,437	0,416	0,416
f_k	0,30	0,27	0,23	0,22	0,19	0,16	0,13	
f_k (ny)	0,249	0,224	0,195	0,182	0,157	0,131	0,108	0,082
f_b	0,70	0,63	0,59	0,54	0,52	0,49	0,47	
f_b (ny)	0,588	0,529	0,490	0,456	0,434	0,416	0,401	0,389

Vedlegg 8

Utdrag fra presentasjon N100 brukerforum

Eggen, R. februar 2018

Sikkerhetsfaktorer for friksjon

Fartsgrense [km/t]								
	40	50	60	70	80	90	100	110
f_b	1	1	1	1	1	1,1	1,1	1,1

Vedlegg 9

Fartsmålinger – Oversikt over trafikkregistreringsstasjoner

Datafil

Filformat: Microsoft Excel

Filnavn: Vedlegg 09 - Oversikt over trafikkregistreringsstasjoner.xlsx

Vedlegg 10

Fartsmålinger – Fartsdatabase

Datafil

Filformat: Microsoft Excel

Filnavn: Vedlegg 10 - Fartsdatabase.xlsx

Vedlegg 11

Fartsmålinger – Analyse av målepunkter – fart og trafikk

Datafil

Filformat: Adobe PDF

Filnavn: Vedlegg 11 - Analyse fart-trafikk.pdf

Vedlegg 12

Fartsmålinger – Analyse av målepunkter – fart og trafikk over måleperioden

Datafil

Filformat: Adobe PDF

Filnavn: Vedlegg 12 - Analyse fart-trafikk-måleperiode.pdf

Vedlegg 13

Sammenligninger fart

Datafil

Filformat: Microsoft Excel

Filnavn: Vedlegg 13 - Sammenligninger fart.xlsx

Vedlegg 14

Sammenligninger friksjon

Datafil

Filformat: Microsoft Excel

Filnavn: Vedlegg 14 - Sammenligninger friksjon.xlsx

Vedlegg 15

Sammenligninger fart og friksjon

Datafil

Filformat: Microsoft Excel

Filnavn: Vedlegg 15 - Sammenligninger fart og friksjon.xlsx

Vedlegg 16

Datagrunnlag fartsmålinger

(fra Vegdirektoratet, benyttet i revisjonsarbeidet med N100 2018)

Datagrunnlag fartsmålinger

Analyse av fartsnivå er gjort for målepunkter på vegstrekninger med fartsgrense 80, 90 og 100 km/t. Målepunktene er hentet fra listen over fartsindekspunkter. Punktene som er valgt ut er punkter som ikke ligger i nærheten av kryss eller fartsgrenseendringer.

Beregningene omfatter totalt 44 tellepunkter:

- 16 punkter for tofelts veg 80 km/t*
- 9 punkter for tofelts veg 90 km/t*
- 5 punkter for firefelts veg 90 km/t*
- 14 punkter for firefelts veg 100 km/t*

Telledata er hentet fra Nortraf, og det er brukt tallgrunnlag fra årene 2013 eller 2014 med tidsperiode 1. mai til 30. september.

For mange av tellepunktene beregnes ikke 85%- og 95%-kvartil når antallet biler som registreres i et kjørefelt i løpet av en time er lavere enn 10. I disse tilfellene er alle timer med færre enn 10 biler utelukket fra beregningen.

For å utelukke fartsdata fra tidspunkter hvor spesielle hendelser har ført til lav hastighet er timer med færre kjøretøy enn 500 og lavere fart enn 70 (60 for fartsgrense 80) km/t også utelukket.

Alle målepunktene som er brukt ligger på europa- eller riksveg, og er fordelt på ulike ÅDT-nivåer.

FARTSINDEKSPUNKTER 80 KM/T

Målepunkt	ÅDT	V gj.sn.	V 85 %	V 95 %	Std.avvik gj.sn.	Std.avvik 85 %	Std.avvik 95 %
200245	11 833	79,69	86,97	92,84	2,88	3,73	5,55
400002	17 025	81,16	85,84	89,99	2,46	2,75	4,09
400004	3 311	80,57	88,02	94,31	3,42	3,98	5,72
500513	12 540	79,57	85,37	89,97	3,18	3,29	4,48
500110	1 623	82,20	90,31	96,13	3,60	4,15	5,51
1800002	4100	77,14	84,15	88,88	2,89	3,83	9,92
1800003	8723	74,97	80,80	85,06	3,05	3,09	4,25
1601434	16 894	80,69	88,49	94,03	5,30	5,44	5,77
600033	11 38	83,41	93,69	101,20	4,87	5,46	7,07
600240	11 925	78,496	86,43	91,41	5,82	5,53	6,28
642999	4164	72,88	78,74	82,33	2,75	2,36	3,39
1601444	9426	80,66	86,08	91,29	2,72	3,10	4,55
1500017	3051	80,25	87,33	93,82	2,76	3,42	5,52
1200018	4 987	72,35	78,11	82,51	1,94	2,17	2,93
500724	6922	82,95	89,11	95,44	2,73	3,86	5,53
500756	5593	84,54	91,47	98,44	2,80	3,92	5,84
GJENNOMSNIITT		79,47	86,31	91,73	3,32	3,75	5,40

FARTSINDEKSPUNKTER 90 KM/T

Målepunkt	ÅDT	Kjørefelt	V gj.sn.	V 85 %	V 95 %	Std.avvik gj.sn.	Std.avvik 85 %	Std.avvik 95 %
100009	14 427	V	103,30	112,68	120,23	12,33	11,12	11,10
		H	91,37	100,94	108,56	4,23	4,43	5,25
200008	45 734	V	105,24	113,64	119,77	9,12	7,66	8,04
		H	88,71	99,02	105,80	6,59	5,28	5,66
300349	48 844	V	99,88	108,20	113,34	10,37	6,79	5,89
		H	89,89	98,73	104,83	6,39	4,94	4,81
800010	16 762		78,33	86,07	90,56	5,04	4,11	4,22
1601440	10 623		90,34	97,49	103,13	4,31	4,91	6,15
1601441	12 612		90,34	97,49	103,13	4,31	4,91	6,15
1800009	364		85,06	96,55	105,39	4,00	4,84	7,77
200232	39 472	V	102,95	111,57	117,24	3,96	3,39	3,93
		H	90,92	101,26	108,52	5,46	5,10	5,27
200127	46 325	V	92,51	100,45	105,31	8,08	6,43	6,55
		H	85,06	94,17	100,25	5,79	5,13	5,12
900009	17200		85,765	91,52	95,98	3,32	3,53	4,59
1900043	3250		84,07	91,26	96,64	2,42	3,02	5,00
1900112	780		82,95	92,10	99,95	3,80	4,31	7,01
1900116	700		81,61	91,94	100,34	3,66	4,87	7,47
2000010	885		88,82	98,83	108,90	3,66	5,17	8,85
		GJENNOMSNIITT						
		V	100,77	109,31	115,18	8,77	7,08	7,10
		H	89,19	98,82	105,59	5,69	4,98	5,22
		Tofelts	85,25	93,70	100,45	3,83	4,41	6,36

FARTSINDEKSPUNKTER 100 KM/T

Målepunkt	ÅDT	Kjørefelt	V gj.sn.	V 85 %	V 95 %	Std.avvik gj.sn.	Std.avvik 85 %	Std.avvik 95 %
200200	53 530	V	107,80	115,23	120,34	7,49	7,34	7,92
		H	96,94	106,84	113,08	4,95	4,85	4,83
200228	33 248	V	106,85	116,16	121,92	6,32	5,39	5,62
		H	95,42	107,21	113,87	5,03	5,11	5,36
200246	31 366	V	110,09	118,75	124,46	4,21	4,04	4,41
		H	98,42	109,75	115,99	3,58	3,47	4,39
400019	12 779	V	112,90	121,46	127,53	3,17	3,42	4,08
		H	96,35	107,46	113,88	2,63	3,03	3,33
700016	20 605	V	115,88	122,96	129,02	2,63	2,99	4,49
		H	103,41	113,14	118,84	2,65	2,69	3,36
700018	24 067	V	110,65	119,00	124,94	10,35	8,87	8,88
		H	99,28	109,86	115,89	4,34	3,80	3,98
900204	15 507	V	110,00	117,86	123,56	2,44	3,85	4,68
		H	99,23	108,84	114,45	2,13	2,42	3,47
200153	40 014	V	104,84	112,50	117,75	2,51	2,40	3,03
		H	93,03	103,38	109,37	2,85	2,74	2,94
200206	26 916	V	112,2809359	119,9585963	126,9777042	2,22	2,62	4,57
		H	98,54	107,62	114,55	1,99	2,27	2,71
200210	63 500	V	100,63	110,27	115,75	11,45	8,96	8,91
		H	90,71	101,57	107,89	9,08	8,54	8,62
700009	28 448	V	110,35	118,03	123,24	3,33	3,25	3,89
		H	98,81	109,09	114,85	2,81	2,88	3,29
700013	22 435	V	112,76	120,69	126,30	5,86	5,60	5,60
		H	99,12	109,68	115,72	9,04	9,04	9,14
600001	45 119	V	105,47	113,85	119,25	5,46	4,78	4,96
		H	95,56	105,81	112,06	4,13	4,00	4,33
600137	54 394	V	101,37	109,78	114,91	8,44	7,51	7,46
		H	90,84	100,94	107,31	6,70	6,99	7,33
GJENNOMSNIITT		V	108,70	116,89	122,57	5,42	5,07	5,61
		H	96,83	107,23	113,41	4,42	4,42	4,79

Fartsgrense 110 km/t:

	Kjørefelt	År	V gj.sn.	V 85 %	V 95 %	Std.avvik gj.sn.	Std.avvik 85 %	Std.avvik 95 %
100009	V	2014	103,53	112,66	120,17	12,00	11,38	11,12
		2013	101,60	111,23	118,15	10,58	8,05	7,78
	H	2014	91,29	100,78	108,39	3,92	4,25	5,03
		2013	90,51	100,38	107,71	3,43	3,82	4,42
700009	V	2014	110,63	118,54	123,73	5,74	4,89	5,12
		2013	110,48	118,09	123,33	3,14	3,12	3,75
	H	2014	98,31	108,76	114,62	7,11	6,87	6,71
		2013	98,91	109,16	114,88	2,69	2,79	3,21
700020	V	2014	111,21	119,31	124,62	3,04	2,79	3,07
		2013	108,78	116,44	121,98	2,57	2,57	3,18
	H	2014	96,69	109,23	115,17	3,12	2,72	3,11
		2013	94,45	105,39	111,56	2,57	2,35	2,72
700234	V	2014	114,39	122,18	127,36	2,93	2,58	3,12
		2013	113,06	120,64	126,29	3,42	3,32	4,18
	H	2014	105,08	116,25	122,09	3,13	2,76	3,05
		2013	102,14	112,28	118,03	2,64	2,54	3,04
700002	V	2014	110,25	116,81	121,85	3,11	3,13	3,97
		2013						
	H	2014	98,94	109,70	115,56	4,18	4,02	4,24
		2013						
700010	V	2014	111,51	118,26	123,18	3,99	3,74	4,36
		2013						
	H	2014	100,55	111,34	116,90	4,72	3,99	4,26
		2013						
700011	V	2014	108,84	116,61	121,97	13,57	13,49	13,69
		2013	112,46	119,72	125,23	2,91	2,79	3,67
	H	2014	98,78	109,39	115,12	11,02	11,44	11,47
		2013	102,28	112,34	117,92	2,41	2,37	2,79
700013	V	2014	112,17	120,20	125,94	7,37	7,11	7,02
		2013	111,80	119,79	125,63	7,76	7,95	8,20
	H	2014	99,24	110,03	116,36	6,87	6,29	6,12
		2013	100,73	111,20	117,37	4,98	4,76	5,42
700015	V	2014	108,99	117,14	122,35	4,59	4,12	4,24
		2013	108,82	116,71	121,87	4,32	3,60	4,06
	H	2014	95,23	106,21	112,27	10,50	10,73	10,39
		2013	97,82	108,57	114,39	3,01	2,74	2,87

OPPSUMMERING

		V gj.sn.	V 85 %	V 95 %	Std.avvik gj.sn.	Std.avvik 85 %	Std.avvik 95 %
V	2014	110,17	117,97	123,46	6,26	5,91	6,19
	2013	109,57	117,52	123,21	4,96	4,49	4,97
H	2014	98,23	109,08	115,17	6,06	5,90	6,04
	2013	98,12	108,47	114,55	3,10	3,05	3,49