

Verknad av høge fartsgrenser på E39

Ragnar Seime

Master i veg og jernbane

Innlevert: mai 2015

Hovedveileidar: Kelly Pitera, BAT

Medveileidar: Ingar Hals, Statens vegvesen
Olav Svangstu, Statens vegvesen

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport

Forord

Denne rapporten fullfører arbeidet mitt med den avsluttande masteroppgåva ved Institutt for Bygg, Anlegg og Transport ved NTNU våren 2015.

Hensikta med denne masteroppgåva er å undersøke mogelegheiter for og verknadar av veg med høge fartsgrenser på Vestlandet. Farten sin verknad på vegutforminga er undersøkt ved ein gjennomgang av teori for geometrisk linjeføring og tverrprofilutforming. Deretter er mogelegheita for og verknadar av vegstandard for høge fartsgrenser i vestlandsterrenget undersøkt gjennom eit case som omfattar E39 Moskog – Vassenden i Sogn og Fjordane.

I dette arbeidet har eg hatt ein vegleiar ved NTNU og to vegleiarar i Statens vegvesen. Førsteamanuensis Kelly Pitera ved NTNU har vore til stor hjelp ved val av ei interessant oppgåve, så vel som gjennom å holde fokus på mål og framdrift og vegleie i forhold til dei formelle krava som gjeld for ei masteroppgåve. Hennar faglege råd gjennom interessante diskusjonar og tilbakemeldingar undervegs har vore verdifulle i dette arbeidet.

Sjefingeniørane Ingar Hals og Olav Svangstu i Statens vegvesen har begge med stor fagleg innsikt og lang erfaring som vegplanleggarar, vore viktige diskusjonspartar omkring dei problemstillingane som er drøfta i denne oppgåva. Også deira tilbakemeldingar undervegs har vore vesentlege.

Alle desse tre vegleiarane skal ha stor takk for sine verdifulle bidrag.

Leikanger og Trondheim, mai 2015

Ragnar Seime

Samandrag

Hensikta med denne masteroppgåva er å undersøke mogelegheiter for og verknadar av veg med høge fartsgrenser på Vestlandet.

Farten sin verknad på vegutforminga er undersøkt ved ein gjennomgang av teori for geometrisk linjeføring og tverrprofilutforming. Deretter er sikkerheitsnivået i dei gjeldande delane av norsk regelverk på dette området samanlikna med tre andre land sine tilsvarande regelverk. Resultatet viser at norsk regelverk sitt nivå er på høgde med dei andre landa som denne samanlikninga gjeld.

Gjennom samanhengande oppgradering til eit ferjefritt vegsamband med høg standard, skal E39 binde Vestlandet sterkare saman. Desse målsettingane føreset høge fartsgrenser. For å undersøke mogelegheita for og verknadar av slik vegstandard i vestlandsterrenget, er ei strekning på E39 i Sogn og Fjordane valt som casestudie. I tillegg til vedtekne føringar for E39 sin vegstandard, er føringane for arbeidet med ein nyleg vedteken kommuneplan lagt til grunn for dette caset.

Med utgangspunkt i dei løysingane som arbeidet med kommuneplanen avdekka, er det prosjektert ulike alternativ som medfører ulike fartsgrenser. Deretter er desse alternativa samanlikna ved å ta i bruk nyttekostnadsanalysen i tillegg til å sjå på omfanget av inngrep i busetnad og vassdrag. Caset går utanom ikkje prissette tema og utanom ein fullstendig samfunnsøkonomisk analyse. Prosjekteringa og nyttekostnadsanalysen er utført med bruk av verktøy som normalt vert nytta til slike oppgåver.

Analysen peikar ut tunnel og bru som særleg kostnadskrevjande element. Alternativa inneheld likt bruomfang men ulikt tunnelomfang og det fins alternativ som i stor grad unngår tunnel og likevel held krav til høg fartsgrense. Friheitsgraden for val av ulike alternativ som held krav til kurvatur for høge fartsgrenser i dette caset, ligg delvis i føringane som gjeld for kommuneplanen og delvis i terrenget i planområdet. Alternativa som vert vurdert som dei beste i denne analysen ligg i minst mogeleg grad i tunnel og i størst mogeleg grad utanfor eksisterande veg.

Undersøkinga av caset gjev ikkje ei oversikt over alle mogelege alternativ som fins i planområdet og heller ikkje nokon indikasjon på i kor stor grad vestlandsterrenget gir høve til høge fartsgrenser på veg utan å ta i bruk bru og tunnel. Men undersøkinga viser at det kan finnast eignelege løysingar på Vestlandet utanom vesentleg bruk av bru og tunnel dersom bratte fjellsider og fjordkryssing ikkje er hovudutfordringa. Undersøkinga viser også at god og framtidretta vegstandard for høgare fartsgrenser vil seie at val av kurvatur og tracebreidde også må sikre nødvendige oppgraderingar av standarden i løpet av vegen si levetid. Når det gjeld bruk av dimensjoneringsklasse H5, indikerer undersøkinga viktigheita av å sikre tilstrekkelege forbikøyringsmoglegheiter. Undersøkinga indikerer også nokre fordelar ved bruk av planfritt kryss uavhengig av trafikkmengde.

Summary

The purpose of this thesis is to investigate possibilities for and effects of roads with high speed limits in Western Norway.

The effect of speed in road design is examined by a review of theory for geometric alignment and cross section design. The traffic safety levels in the Norwegian guidelines related to speed are compared with equivalent regulations from three other countries. Results show that Norway maintains a level which is comparable to the other countries regulations.

Through contiguous upgrade to a ferry-free road connection of a high standard, the E39 will bind the western part of Norway together stronger. The objectives of the project require use of higher speed limits. Thus to investigate the possibilities for, and effects of, roads with higher speed limits, a stretch of E39 in Sogn og Fjordane County has been selected as a case study. In addition to adopted guidelines specific for the E39 project, a recent completed municipality plan is used as a guidance basis for this case study.

Based on the proposed alignments suggested in the municipal plan, several alternatives are designed within this thesis, focusing on different speed limits. These alternatives are compared through a cost-benefit analysis as well as an evaluation of the scope of intervention in the townships and waterways. The analysis does not include not-priced impacts nor is it a complete socio-economic analysis. The road planning and cost-benefit analysis is performed using the standard tools for such tasks.

The analysis identifies tunnels and bridges as particularly costly elements. The alternatives contains similar amounts of bridges but different amounts of tunnels. The study shows that there are alternatives that largely avoid tunnels yet still allow for a high level of speed. The freedom to choose between different alternatives which meet the requirements for curvature for high speed limits in this case study, is determined partly by guidelines in the municipal plan and partly by the terrain in the planning area. The alternative which was deemed the best in this analysis minimises the use of tunnels and goes outside existing roads as much as possible.

The case gives no full overview of all the options that exist in the planning area, nor in which degree western terrain provides an opportunity for high speed limits on roads without adopting bridge and tunnel. But the case study shows that there may be appropriate solutions in Western Norway without substantial use of bridge and tunnel where steep mountains and fjord crossings is not the main challenge. The study also shows that a good and provident road standard will need to secure room for necessary upgrading during the road's lifetime. In the case of using dimensioning class H5, the study indicates the importance of considering what is a sufficient amount of overtaking stretches. The study also indicates some advantages using two-level intersections regardless of the traffic amount.

Innhold

Forord	I
Samandrag.....	II
Summary	III
Tabelliste	IX
Formelliste.....	X
Figurliste.....	XI
1 Innleiing.....	1
2 Geometrisk utforming av veg. Teori og regelverk.....	2
2.1 Parameterar	2
2.2 Fart og linjeføringsparameterar	4
2.3 Fart og dimensjoneringsklasser.....	4
2.4 Fart og trafikksikkerheit	5
2.5 Fartsprofiltillegg	7
2.6 Friksjon	7
2.7 Elementa i linjeføringa	8
2.8 Fartsgrenser sin verknad på horisontalkurvaturen	9
2.8.1 Rettlinja	9
2.8.2 Sirkelkurve	9
2.8.3 Klotoide	10
2.8.4 Nabokurver.....	11
2.9 Fartsgrenser sin verknad på sikta.....	11
2.9.1 Definisjonar av sikt	11
2.9.2 Sikt på fri vegstrekning	11
2.9.3 Stoppsikt.....	11
2.9.4 Møtesikt	12
2.9.5 Forbikøringsikt.....	12
2.9.6 Sikt i kryss	12
2.10 Fartsgrenser sin verknad på vertikalkurvaturen	13
2.10.1 Stigning	13
2.10.2 Stigningsgrad på fri vegstrekning	13
2.10.3 Forbikøringsfelt i stigning	13
2.10.4 Stigningsgrad ved kryss og avkøyrslar	13
2.10.5 Vertikalkurva	14

2.11	Fartsgrenser sin verknad på tverrprofilen.....	15
2.11.1	Midtdelar, køyrebane og skulder	15
2.11.2	Tverrfall og resulterande fall	17
2.11.3	Oppbygging av overhøgde.....	17
2.11.4	Breiddeutviding	17
2.11.5	Sikkerheitsavstand og sikkerheitssone.....	18
2.11.6	Grøfteprofil og sideterreng	19
2.12	Kryss, avkøyrslar og lokalt vegnett.....	19
2.13	Bruer.....	20
2.14	Tunnelar	20
2.15	Svensk regelverk.....	21
2.15.1	Avgrensing av samanlikninga	22
2.15.2	Hastigheitsbegrepet	22
2.15.3	Linjeføringsparameterane	22
2.15.4	Forbikøyring.....	24
2.15.5	Tverrprofil.....	24
2.15.6	Sideterreng	24
2.16	Dansk regelverk	25
2.16.1	Avgrensing av samanlikninga	25
2.16.2	Hastigheitsbegrepet	25
2.16.3	Linjeføringsparameterane	25
2.16.4	Forbikøyring.....	27
2.16.5	Tverrprofil.....	27
2.16.6	Sideterreng	28
2.17	Britisk regelverk.....	28
2.17.1	Avgrensing av samanlikninga	28
2.17.2	Hastigheitsbegrepet	28
2.17.3	Linjeføringsparameterane	29
2.17.4	Forbikøyring.....	30
2.17.5	Tverrprofil.....	30
2.17.6	Sideterreng	31
2.18	Oppsummering.....	31
3	Metode.....	33
3.1	Prosjektering av linjer og vegmodellar.....	33

3.2	Metodikk for lokalisering og val av alternativ	33
3.3	Nytte og kostnad	34
3.3.1	Konsekvensanalyse.....	34
3.3.2	Nyttekostnadanalyse.....	35
3.3.3	EFFEKT	36
3.4	Oppsummert	37
4	Casestudie E39 parsell Moskog-Vassenden	38
4.1	E39 gjennom Sogn og Fjordane.....	38
4.2	Parsellen Moskog – Vassenden	39
4.2.1	Landskap og aktivitet i planområdet	39
4.2.2	Kommuneplanarbeidet sin historikk	39
4.3	Avgrensingar av case	40
4.4	Prosjektering og datagrunnlag	40
4.4.1	Prosjekteringsomfang og detaljeringsgrad	40
4.4.2	Trafikkmengder	41
4.4.3	Trafikkulukker og fartsgrenser	41
4.5	Føringar i vegnormalane og i overordna planverk	41
4.6	Parsellinndeling, tracear og alternativ	42
4.6.1	Tracear og kryssplasseringar	42
4.6.2	Alternativa	43
4.7	Vegstandard	45
4.7.1	Kurvatur.....	45
4.7.2	Forbikøyring.....	46
4.7.3	Bru og tunnel	46
4.7.4	Tverrprofil.....	46
4.7.5	Utforming av sideterreng	48
4.7.6	Vegkryss.....	49
4.7.7	Sekundærvegar.....	49
4.8	Nyttekostnadanalyse.....	50
4.8.1	Levetid, rente og prisar	50
4.8.2	Prosjektdata	50
4.8.3	Vegnettdata	52
4.9	Oppsummert	52
5	Resultat.....	53

5.1	Kurvatur og inngrep for kvart alternativ	53
5.1.1	Alternativ 1	55
5.1.2	Alternativ 2 og 3	56
5.1.3	Alternativ 4 og 5	57
5.1.4	Alternativ 6	58
5.2	Forkasta tracear	59
5.2.1	Trace 1	59
5.2.2	Trace 2b	60
5.2.3	Oppsummering av kurvatur	61
5.2.4	Oppsummering av inngrep	62
5.3	Plassering og utforming av kryss	62
5.4	Behov for sekundærvegar	64
5.5	Nokre konsekvensar for arealbruk	64
5.5.1	Massebalanse og behov for massedeponi	64
5.5.2	Arealinngrep til vegføremål	64
5.6	Nyttekostnad	65
5.6.1	Samanstilling av vegstandard, inngrep og arealbruk	66
6	Drøfting av resultat	67
6.1	Vegutforminga sin verknad på fart	67
6.1.1	Linjeføringa	67
6.1.2	Tverrprofilet	68
6.1.3	Alternativa si eignelegheit	68
6.1.4	Mogelege forbetringar for alternativa	69
6.1.5	Forbikøyringstrekingar	70
6.1.6	Kryssutforminga	70
6.2	Vegutforminga sin verknad på arealinngrep	70
6.2.1	Arealbehov for kryss	70
6.2.2	Inngrep i busetnad, vassdrag og i landareal	71
6.2.3	Andre verknadar	71
6.3	Variantar av alternativa	72
6.4	Sikkerheitsnivået i dimensjoneringsgrunnlaget	73
6.5	Feil og usikkerheiter	73
6.5.1	Feil i kartgrunnlaget	74
6.5.2	Usikkerheiter i mengder	74

6.5.3	Usikkerheiter i prisar	75
6.5.4	Andre faktorar	75
7	Oppsummering og konklusjon	76
	Litteraturliste.....	81
	Vedleggsliste.....	A
	Vedlegg 1. Oppgåvetekst.....	B
	Vedlegg 2. Inndata og resultat i EFFEKT	F

Vedlegg 3. Teikningar ligg føre som eit eige hefte

Tabelliste

Tabell 1 $R_{h,min}$ -verdier for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8	9
Tabell 2 $A_{,min}$ -verdier for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8	10
Tabell 3 L_s -verdier for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8	12
Tabell 4 Krav for nasjonale hovedvegar med fartsgrense 80 og 90 km/t (handbok N100)	12
Tabell 5 Krav for øvrige hovedvegar med fartsgrense 80 km/t (handbok N100)	12
Tabell 6 $R_{vh,min}$ -verdier for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8	15
Tabell 7 $R_{vl,min}$ -verdier for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8	15
Tabell 8 Krav til midtdeler avhengig av dimensjoneringsklasse (handbok N100).....	16
Tabell 9 Midtdelar, køyrebane- og skulderbredde for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8 (handbok N100).....	16
Tabell 10 Krav til sikkerhetsavstand langs veg basert på fart og ÅDT	18
Tabell 11 Utrekning av breidda på sikkerheitssona (handbok N101)	19
Tabell 12 RH, min-verdier for Norge og Sverige	22
Tabell 13 A min-verdier for Norge og Sverige	23
Tabell 14 Grunnparameterverdier for sikt i Norge og Sverige	23
Tabell 15 L_s -verdier for Norge og Sverige ved stigning 0 %	23
Tabell 16 L_f -verdier for Norge og Sverige	23
Tabell 17 RV h, min -verdier for Norge og Sverige	23
Tabell 18 Forbikøringsmulegheiter på møtefri veg for Norge og Sverige	24
Tabell 19 Køyrebane- og skulderbredde for Norge og Sverige	24
Tabell 20 Norsk og svensk sikkerheitssone	25
Tabell 21 RH, min-verdier for Norge og Danmark	26
Tabell 22 A min-verdier for Norge og Danmark	26
Tabell 23 Grunnparameterverdier for sikt i Norge og Danmark (personbil og landeveg)	26
Tabell 24 L_s -verdier for Norge og Danmark	26
Tabell 25 L_f -verdier for Norge og Danmark	27
Tabell 26 RV h, min -verdier for Norge og Danmark	27
Tabell 27 Køyrebane- og skulderbredde for Norge og Danmark	27
Tabell 28 Norsk og dansk sikkerheitssone.....	28
Tabell 29 RH, min-verdier for Norge og Storbritannia	29
Tabell 30 Grunnparameterverdier for sikt i Norge og Storbritannia (personbil og landeveg).....	30
Tabell 31 L_s -verdier for Norge og Storbritannia	30
Tabell 32 L_f -verdier for Norge og Storbritannia	30
Tabell 33 RV h, min -verdier for Norge og Storbritannia.....	30
Tabell 34 Køyrebane- og skulderbredde for Norge og Storbritannia (SB).....	31
Tabell 35 Samanhengen mellom alternativ og tracear	44
Tabell 36 Minimumskrav til sentrale linjeføringsparameterar	46
Tabell 37 Valt tverrprofil for kvart Alternativ	46
Tabell 38 Sikkerhetsavstandar (handbok N101).....	48
Tabell 39 Trafikkfordeling Vegnett 0 og 1	51
Tabell 40 Trafikkfordeling Vegnett 2 - 4	51
Tabell 41 Opptreande minste kurvatur for kvart Alternativ og for Trace 1	62
Tabell 42 Inngrep pr Alternativ	62
Tabell 43 Kryssløysingar Bakkeslått. Arealinngrep og veglengder	63

Tabell 44 Massebalanse og arealinngrep	64
Tabell 45 Resultat for fart, ulukker og miljø frå EFFEKT	65
Tabell 46 Hovudtal for resultat frå utrekning av nyttekostnad i EFFEKT	65
Tabell 47 Samanstilling av vegstandard, inngrep og arealbruk.....	66
Tabell 48 Minimumskrav til sentrale linjeføringsparameterar	76
Tabell 49 Nøkkeltal for Alternativ 0 - 6	77
Tabell 50 Statens vegvesen, Region vest sine einingsprisar for arbeidet med NTP 2018 – 27	G
Tabell 51 Lengder på veglenker.....	G
Tabell 52 Opplysningar om vegstandard og om mengder for vedlikehald	H
Tabell 53 Trafikkutvikling	I
Tabell 54 Gjennomsnittsfart. Alternativ 2.....	J
Tabell 55 Ulykker i analyseperioden. Alternativ 2.....	K
Tabell 56 Nytttekostnad. Alternativ 2.....	L

Formelliste

Formel 1 Fartsprofiltillegg	7
Formel 2 Friksjon	8
Formel 3 Minste horisontalradius	9
Formel 4 Klotoideparameter	10
Formel 5 Minste horisontalradius bestemt av siktkrav.....	11
Formel 6 Minste stoppsikt.....	12
Formel 7 Minste møtesikt	12
Formel 8 Resulterende fall	13
Formel 9 Minste høgbrekkradius. Lang kurve.....	14
Formel 10 Minste høgbrekkradius Kort kurve	14
Formel 11 Minste lavbrekkradius.....	14
Formel 12 Minste lavbrekkradius i mørke. Lang kurve (Hovd, 2012e)	14
Formel 13 Minste lavbrekkradius i mørke. Kort kurve (Hovd, 2012e)	14
Formel 14 Minste lengde på oppbygging av overhøgde	17

Figurliste

Figur 1 Samanheng mellom ulike parameterar i formelgrunnlaget (handbok V120)	3
Figur 2 Samanheng mellom hastigheit og minste horisontalradius.....	4
Figur 3 Risikomatrisa (handbok V120).....	5
Figur 4 Fartstillegg og sikkerheitsfaktor for friksjon for ulike dimensjoneringsklasser ved bygging av ny veg (handbok V120)	5
Figur 5 Risikomatrise for dimensjoneringsklassene H1 – H9 (nasjonale hovudvegar).....	6
Figur 6 Komplettert risikomatrise for dimensjoneringsklasse H1 – H9.....	6
Figur 7 Tillegg i fartsprofilen for nasjonale hovudvegar (handbok V120).....	7
Figur 8 Dekomponering av totalfriksjon i bremsefriksjon og sidefriksjon (handbok V120).....	8
Figur 9 Inndeling i tunnelklasser og eksempel på tunnelprofil, T9,5 (handbok N500)	21
Figur 10 Hovudgrep i konsekvensanalysen (Fig 4.1 i handbok V712)	35
Figur 11 Omgrep for verdifastsetting i samfunnsøkonomisk analyse (Ref kap 4 i handbok V712)	36
Figur 12 Tema i den samfunnsøkonomiske analysen (Fig 4.2 i handbok V712).....	36
Figur 13 Kart E39 Kristiansand – Trondheim (Statens vegvesen, 2012).....	38
Figur 14 Kart E39 Førde-Vassenden (Kartverket, 2015)	39
Figur 15 Oversiktskart frå alternativsøket i kommuneplanen (Myrmel, 2014).....	40
Figur 16 Trafikkteljepunkt	41
Figur 17 Trafikkulukker 2010-14.....	41
Figur 18 Oversiktskart for Trace 0 - 4 og Alternativ 1 - 6	43
Figur 19 Tverrprofil veg på terreng (handbok N100)	47
Figur 20 Tverrprofil bru	47
Figur 21 Tverrprofil tunnel (handbok N500)	48
Figur 22 Rekkverkbehov ved fallande terreng og ved bergskjæring (handbok N101).....	49
Figur 23 Prinsipp T-kryss og Ruter-kryss (handbok V121).....	49
Figur 24 Tverrprofil for sekundærvegar (handbok N100)	50
Figur 25 Vegnett 0 - 4	52
Figur 26 Vertikalkurvatur Alternativ 1 – 6 og Trace 1	54
Figur 27 Alternativ 1. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001.....	55
Figur 28 Alternativ 1. Detaljar av kurvatur og inngrep. Sjå teikning C001-005.....	55
Figur 29 Alternativ 2 og 3. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001.....	56
Figur 30 Alternativ 2 og 3. Detaljar av kurvatur og inngrep. Sjå teikning C021 - 025	57
Figur 31 Alternativ 4 og 5. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001.....	58
Figur 32 Alternativ 4 og 5. Detaljar av kurvatur og inngrep. Sjå teikning C041 - 045	58
Figur 33 Alternativ 6. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001.....	59
Figur 34 Alternativ 6. Detaljar av kurvatur og inngrep. Sjå teikning C061 – 065	59
Figur 35 Trace 1. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001.....	60
Figur 36 Trace 1. Detaljar av inngrep. Sjå teikning C010 – 015	60
Figur 37 Trace 2b. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001.....	61
Figur 38 Trace 2b. Detaljar av inngrep. Sjå teikning C121 – 125	61
Figur 39 T-kryss og ruterkryss på Bakkeslått. Plassering og kurvatur	63
Figur 40 Trace 5. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B015.....	70
Figur 41 Trace 6. Plassering og kurvatur . Sjå teikning B016.....	72

1 Innleiing

Eit godt utbygd vegnett er ein føresetnad for eit effektiv transporttilbod for innbyggjarar og næringsliv gjennom transport av personar og gods. Flexibiliteten i vegnettet gjer dette transportarbeidet mogeleg og i dette nettet er hovudvegande transportårar som kan kople fleire arbeidsmarknadar saman over lenger strekningar og dermed bidra til regional utvikling.

I følge NTP 2014 – 2023 (Transport- og kommunikasjonskomiteen, Stortinget 2012) er E39 ein av hovudferdselsårane som bind landsdelane saman og som det må stillast særskilde krav til framkomelegheit for. E39 sitt bidrag er å binde saman Vestlandet som med sine seks fylke står for halvparten av norsk tradisjonell eksport. Ei samla utbygging til ferjefritt samband og gjennomgåande god vegstandard kan gjennomførast over 20 år og vil redusere reisetida mellom endepunkta Kristiansand og Trondheim med 7 timar.

For Sogn og Fjordane betyr ny E39 ei innkorting av reisetida mellom fleire mindre byar og tettstadar. Det er gjennomført konseptvalutgreiingar for strekninga gjennom heile fylket og fleire parsellar er no under planlegging og bygging.

Vegbygging og veghald er krevjande oppgåver i heile landet og Vestlandet er ikkje noko unntak med landskapstypar som spenner mellom kyst-, fjord- og dal-landskap. Vegutforminga er ein sentral faktor for sikkerheit i trafikken og høg fart stiller strenge krav til linjeføring og vegutforming. Desse krava i kombinasjon med vestlandsterrenget gjer det til ei utfordring å skape gode resultat i vegplanlegginga.

Temaet i denne oppgåva er å undersøke mogelegheita for og verknadar av veg med høg fartsgrense på Vestlandet. Farten sin verknad på utforming av linjeføring og tverrprofil vert undersøkt og det vert gjort ei samanlikninga av Norge, Sverige, Danmark og Storbritannia sitt regelverk med omsyn på sikkerheitsnivået i vegutforminga. Undersøkinga av utformingskrav omfattar også nokre norske krav til bru- og tunnelutforming.

For å prøve ut kor gjennomførleg det er å bygge veg med høg fartsgrense på Vestlandet, er det valt ei strekning av E39 i Sogn og Fjordane der eit nyleg avslutta kommuneplanarbeid omfattar ny trace for denne vegen. Innanfor føringane i kommuneplanarbeidet og innanfor dei krava som er vedteke for vegstandard, vert det undersøkt i kva grad fleire ulike alternativ held høg fartsgrense og kva for verknadar det gjev på omgjevnadar og samfunn elles, innanfor nokre ulike tema.

Med dei store variasjonane i Vestlandet sitt landskap er det vanskeleg å gje overordna konklusjonar på mogelegheitene for høgare fartsgrenser, men denne analysen gir ein del svar på verknaden av fart for linjeføringa i landskapet på denne strekninga. Nokre av konklusjonane kan også være aktuelle i ei meir generell vurdering av verkandar av høgare fartsgrenser på Vestlandet.

Rapporten er inndelt i ein gjennomgang av teori for geometrisk vegutforming og krav i på dette feltet i gjeldande regelverk. Deretter omtale av metodikk som er bruk i caset og omtale av sjølv caset, før resultat vert presentert og drøfta. Til slutt er det gitt ei oppsummering og ein konklusjon av arbeidet.

2 Geometrisk utforming av veg. Teori og regelverk

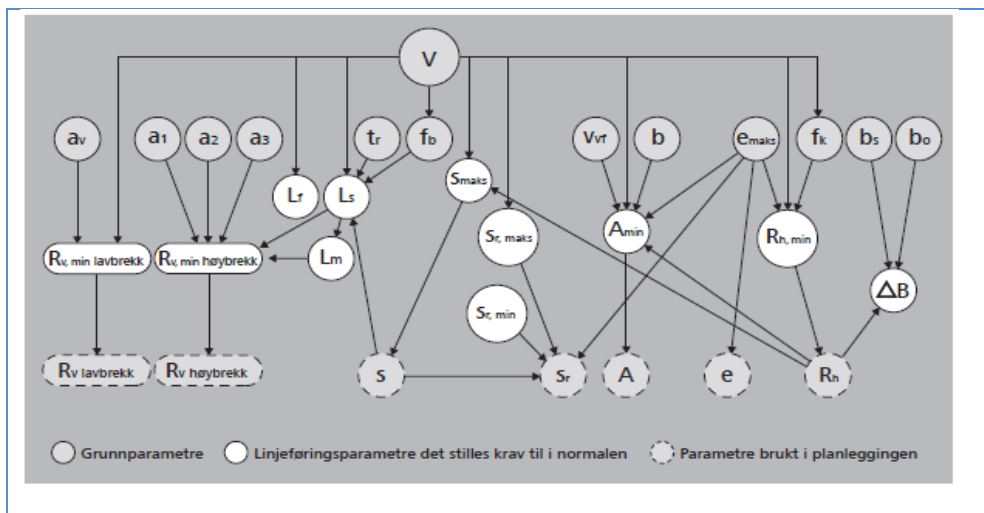
To av hovudmåla i vegutforminga er å bidra til god framkomelegheit og sikker trafikkavvikling. Dette føreset mellom anna at vegar i stor grad må utformast strengt geometrisk i samsvar med eit sett fysiske lover.

I dette kapitlet er det vist korleis køyretøyet si hastigheit representert ved fartsgrensa påverkar krav til linjeføring, tverrprofil og utforming av sideterreng for vegen. Gjennomgangen er gjort med fokus på høge fartsgrenser for hovudkorridorar i vegsystemet. Dessutan er ein del krav til kryssutforming, bruer og tunnelar nemnde.

Dei utrekna verdiane for norske linjeføringsparameterar som vert vist i dette kapitlet er ikkje nøyaktig lik dei avrunda verdiane i handbok N100. Men i dei etterføljande kapitula er det handbok N100 sine verdiar som vert brukt.

2.1 Parameterar

Under detaljplanlegginga av vegen vert det valt parameterar for kvart av elementa i linjeføringa. Desse planleggingsparameterane skal ligge innanfor dei minimums- og / eller maksimumsverdiane som gjeldande regelverk fastset for linjeføringa. Linjeføringsparameterane er såleis fellesnemninga på dei verdiane det vert stilt krav om i regelverket når det gjeld utforminga av veginja. Grunnparameterane inngår i formelverket for linjeføringsparameterane i handbok V120 (Statens vegvesen, 2014g). Figur 1 nedanfor viser ei systematisk framstilling av desse tre ulike parametertypene og kva for parameterar det fins samanheng mellom. Figuren viser kor hen kvar grunnparameter inngår i utrekningane av linjeføringsparameterane og at det berre er minste resulterande fall som ikkje vert påverka av fart.



Figur 1 Samanheng mellom ulike parameterar i formelgrunnlaget (handbok V120)

V = fartsgrense (med eventuelle fartstillegg)	L_r = forbikjøringsikt
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_{vr} = 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

Grunnparameterane vert inndelt på ulike måtar. Ei inndeling er etter statistiske forhold, kjøretøy / førar, vegen og føraren aleine. Ei anna inndeling er etter om dei er konstante eller varierer etter kjøretøytype eller dimensjoneringsklasse, det vil seie vegtype eller vegen sin funksjon, fartsgrense og trafikkmengde.

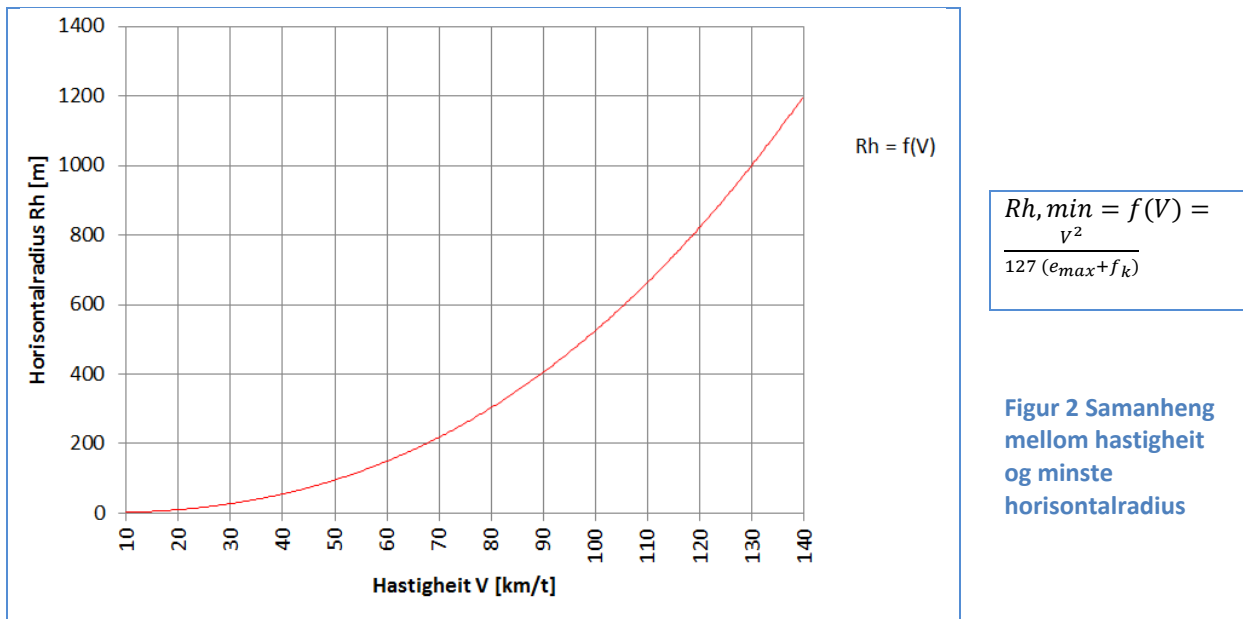
Vegtrafikken inneheld store variasjonar i verdiane for alle dei parameterane som vert nytta innan geometrisk utforming, og dette skuldast fleire forhold. Trafikantar oppfører seg ulikt gjennom både korleis dei oppfattar, vurderer og reagerer på trafikksituasjonar. Likeeins består kjøretøyparken av kjøretøy med ulik alder, fysiske og funksjonelle eigenskapar. Og vegdekket har varierende fysiske eigenskapar, også dersom ein berre betraktar tilhøva ved våt og isfri køyrebane. I vegnormalane er det difor valt ein dimensjonerande situasjon som skal ta vare på 85% av alle situasjonar. Dermed vert det også akseptert at dei mest ekstreme 15% omfattar forhold som er meir ugunstige enn det som grunnparameterverdiane representerer. Dei geometriske minimumskrava som representerer den norske dimensjonerande situasjonen, er knytt til eitt sett av føresetnader som gjeld køyre- og trafikkforhold.

Føresetnadane for linjeføringsparameterane er:

- Våt men rein og isfri køyrebane
- Frie køyreforhold (ikkje kø)
- Grunnparameterar gjeld personbil med unntak for stigning som vert dimensjonert etter tunge kjøretøy sine eigenskapar

2.2 Fart og linjeføringsparameterar

Som nemnt ovanfor, skal linjeføringa utformast strengt geometrisk. Den matematiske samanhengen som dermed fins mellom ulike parameterar betyr at ei endring i ein grunnparameterverdi automatisk gir ein endra verdi for eit tilhøyrande geometrisk minimumskrav. Og motsett medfører eit nytt geometrisk minimumskrav at ein eller fleire variable grunnparameterar vert endra. Eit eksempel er minste horisontalradius som er ein 2.-gradsfunksjon av hastigheita til køyretøyet, sjå formel med forklaring på side9. Gitt bestemte verdiar for hastigheit, friksjon og tverrfall, får denne funksjonen dermed eit forløp som skissert i Figur 2 nedanfor. Avlest på figuren vil 60 km/t gi ein horisontalradius på nær 150 meter, medan 80 km/t tilsvarer nær 300 meter i dette eksempelet.



Figur 2 Samanheng mellom hastigheit og minste horisontalradius

Som kjent er veksten eller endringa til slike funksjonar avhengig av funksjonen sin grad. Til dømes vil ein slik 4.gradsfunksjon endre seg hurtigare og dermed få større verknad av endra fart enn det denne 2.gradsfunksjon får.

2.3 Fart og dimensjoneringsklasser

Som Figur 1 ovanfor viser, vil fart påverke dei fleste linjeføringsparameterane enten direkte eller indirekte. Ved revisjon av vegnormalane har det vore skifte i bruk av storleikar som gjeld denne grunnparameteren. I dag vert fartsgrense brukt som verdi, medan utgåver før 2008 nytta omgrepet «dimensjonerande fart». Føremålet med dette omgrepet var i flg tidlegare utgåve av handbok 017 å samstemme innbyrdes dei ulike geometriske krava til vegutforminga (Statens vegvesen, 1992). I 2008 gjekk denne handboka over til å nytte fartsgrensa for den ferdig vegen som parameter. I handboka vart då føresett at fartsgrensene vert sett i samanheng for lenger strekningar eller for større områder. Dette samsvarar med ein av føresetnadane i dei kriteri i NA-rundskriv 2011/7 som gjeld for fastsetting av fartsgrense på eksisterande veg, der det heiter at det skal tilstrebast ein jamnare fartsgrenseprofil med færre endringar i fartsgrensa (Statens vegvesen, 2011). Denne endringa av omgrep for hastigheit skjedde samtidig med at vegnormalane også gjekk over til å nytte omgrepet «dimensjoneringsklasser» mot tidlegare «standardklasser» for vegstandard. Medan standardklassene frå 1993 berre var bestemt av vegen sin funksjon og vegen sine omgjevnadar, føreset handbok N100 etter 2008 at dimensjoneringsklassen vert valt ut i frå ein overordna planprosess som omfattar ei heilheitsvurdering av den ruta eller det vegnettet som den aktuelle

parsellen ligg innanfor (2014a, Kap A1 og A4). Fartsgrense og årstdøgnetrafikk (ÅDT) er sett som inngangsparameterar for val av dimensjoneringklasse i handbok N100.

2.4 Fart og trafikksikkerheit

Reisetida mellom to punkt på ei strekning går ned når hastigheita aukar, så lenge trafikken kan flyte uhindra. Men med større hastigheit aukar også sannsynet for ein alvorleg konsekvens viss ei ulukke oppstår undervegs. Produktet av sannsynet for og konsekvensen av ei hending er mykje brukt til å definere risiko og denne samanhengen framstilt som eit «produkt» vert ofte illustrert grafisk på matriseform.



Figur 3 Risikomatrissa (handbok V120)

Definisjonen av risiko som produktet av sannsyn og konsekvens vert også nytta i fagområdet trafikksikkerheit i handbok V120 (2014g, s 54) og definisjonen er dermed i bruk ved fastlegging av sikkerheitsnivået for eit vegsystem. Systemet er bygd opp med grunnlag i at opptredande fart bestemmer utløyst energi og dermed i stor grad skadekonsekvens ved ein «bråstopp», medan trafikktettheita vesentleg bestemmer sannsynet for ei slik hending. Samanhengen hastigheit og dødsrisiko for fortgjengarar som vist i fig 1.2 i handbok V121 (2014g) illustrerer for så vidt dette. Ein annan illustrasjon kan være tidsluker store nok til forbikøyring som funksjon av ÅDT som vist på fig 7.1 i handbok V120 (2014g).

Som vist i Figur 1 er både fart og friksjon sentrale grunnparameterar med stor innverknaden på linjeføringsparameterane. Dermed har dei automatisk stor innverknad på trafikksikkerheitsnivået, og dette fører til at det blir gjeve varierende fartstillegg og sikkerhetsfaktorar for friksjon avhengig av fartsgrense og trafikk i grunnlaget for dimensjoneringa av vegen. Grunnlaget for fastsettinga av norske sikkerhetsfaktorar for fart og friksjon er ikkje nærere undersøkt her, men framstillinga i det norske regelverket er vist i Figur 4 nedanfor.

ADT	Boenheter	< 1500				1500 - 4000				4000 - 6000		6000 - 12000			12000 - 20000			> 20000		
Fartsgrense		50	60	80	90	50	60	80	90	60	80	60	90	60	80	100	60	80	100	
Hovedveger			H1	H2	H3		H1	H2	H3	H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9	
Øvrige hovedveger			H1	H ₁			H1	H ₂		H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9	
Samleveger	Sa1	Sa2		Sa3		Sa2		H ₂												
Atkomstveger	A1/A2/A3																			

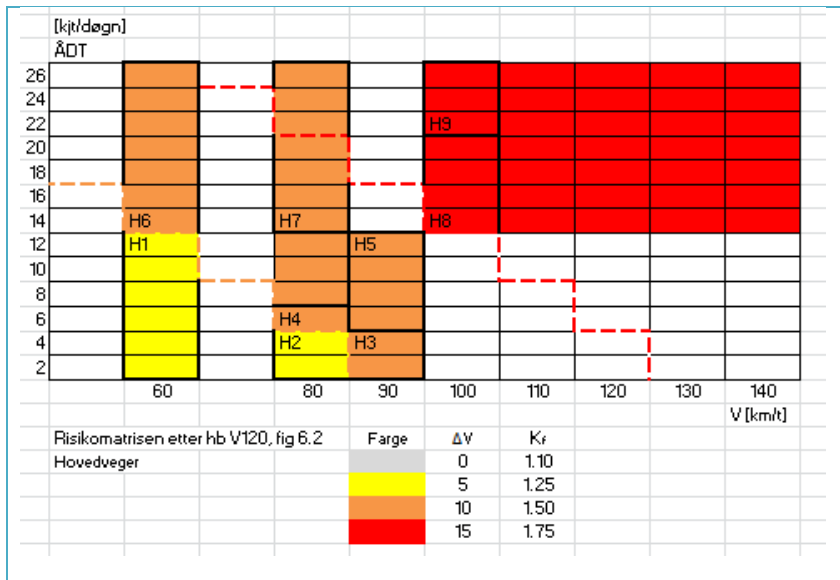
Fartstillegg = 0	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,10
Fartstillegg = 5	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,25
Fartstillegg = 10	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,50
Fartstillegg = 15	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,75

Figur 4 Fartstillegg og sikkerhetsfaktor for friksjon for ulike dimensjoneringsklasser ved bygging av ny veg (handbok V120)

Den øverste delen av denne tabellen viser korleis fartstillegget aukar med tiltakande hastigheit og trafikktettheit. For eksempel vil ein hovudveg med fartsgrense 80 km/t og ÅDT under 1500 kjt, få eit

tillegg på 5 km/t, medan tillegget vert 10 km/t for den same vegen og uendra trafikkmengda når fartsgrensa aukar til 90 km/t.

Ved å plote verdiane frå Figur 4 ovanfor inn i ei slik risikomatrise som Figur 3 viser, kan det skisserast ei samanhengande matrise for til dømes intervallet 0 – 140 km/t og 0 – 26000 kjt/døgn. Ei slik skissering kan framstillast som vist i Figur 5 nedanfor.

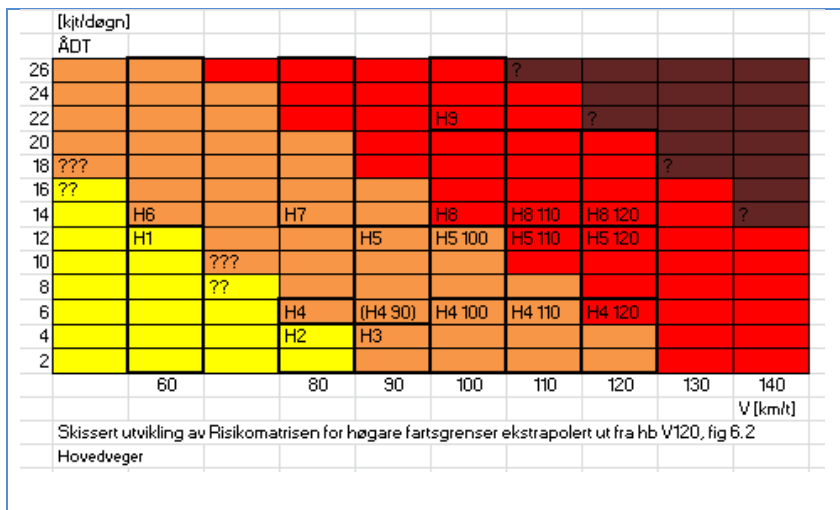


Figur 5 Risikomatrise for dimensjoneringsklassene H1 – H9 (nasjonale hovedvegar)

ΔV = Fartstillegg

Kf = Sikkerhetsfaktor for friksjon

I Figur 5 er det antydning av eit mønster for ei komplettert matrise der føresetnaden er ei trinnvis jamn stigning av risikonivåa. Resultatet ved ei slik ekstrapolering kan dermed bli som vist i Figur 6.



Figur 6 Komplettert risikomatrise for dimensjoneringsklasse H1 – H9.

Føreset trappevis jamn stigning av risiko.

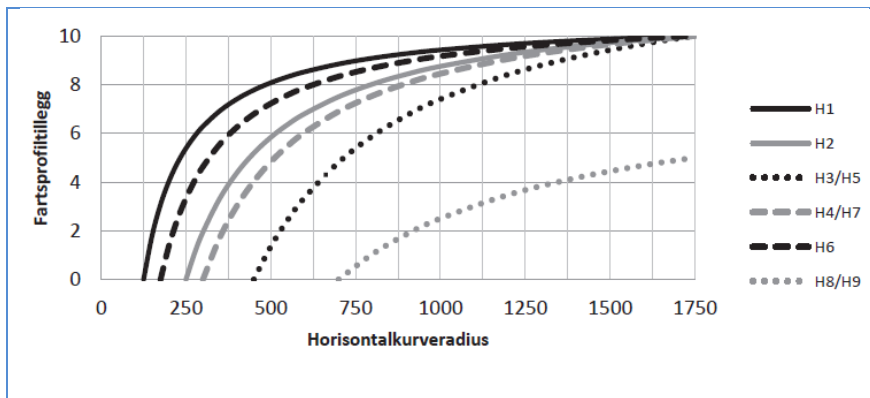
Resultata i Figur 6 vil bli brukt i utrekningar av linjeføringsparameterverdier vidare i dette kapitlet. Figuren viser at til dømes dimensjoneringsklasse H4 held uendra fartstillegg og sikkerheit for friksjon heilt til fartsgrense 120 km/t. Her går H4 over til eit høgare «risikotrinn» med større fartstillegg og større sikkerheit for friksjon. Det same skjer for H5 ved 110 km/t, medan H8 skifter først ved 130 km/t. Figur 6 viser også at ved fartsgrense 120 km/t og 22 000 kjt/døgn, stig risikonivået eit trinn over det som er definert av verdier for fartstillegg og sikkerheit for friksjon i gjeldande regelverk.

2.5 Fartsprofiltillegg

Ved høgare vegstandard vil bilføraren erfaringsmessig auke farten. Med andre ord vil ei «stivare» linjeføring med større siktavstandar og høgare kurveradiar gi trafikken eit høgare fartsnivå som framstilt i Trafikksikkerhåndboka, Horisontalgeometri (Høye, Elvik, Sørensen, & Vaa, 2012). Tillegget er gjort avhengig av dimensjoneringsklassen og det er valt til å vere omvendt proporsjonalt med krumninga til horisontalkurva ($1/R_h$). Dette fartsprofiltillegget kjem i tillegg til fartstillegget og er i flg handbok V120 (Statens vegvesen, 2014g) gitt ved

$$\Delta v_{pt} = \Delta v_{pt, maks} [(1/R_h) - (1/R_{h, min})] / [(1/R_{h, maks}) - (1/R_{h, min})] \quad \text{Formel 1 Fartsprofiltillegg}$$

Uttrykket viser at Δv_{pt} er ein funksjon av R_h som kan skrivast $\Delta v_{pt} = f(R_h)$. Av uttrykket ser ein at Δv_{pt} alltid vil vere null for R_h mindre enn eller lik $R_{h, min}$. Likeeins vil Δv_{pt} alltid vere lik ein valgt verdi for $\Delta v_{pt, maks}$ for R_h større enn eller lik $R_{h, maks}$. Dermed er det verdien for $R_{h, maks}$ som må tilpassast risikotrinnet for den aktuelle dimensjoneringsklassen.



Figur 7 Tillegg i fartsprofilen for nasjonale hovudvegar (handbok V120)

Figur 7 ovanfor viser fartsprofiltillegget som er gitt i vegnormalane for alle dimensjoneringsklassene som gjeld nasjonale hovudvegar. Figuren viser at tillegget startar på null ved den minste tillatne horisontalkurva, for så å stige i avtakande grad mot ei grense som ser ut til å ligge omkring 10 km/t for klassene unnateke H8 og H9 som ser ut til å ha ei grense opp under 6 km/t.

Til dømes vil ein horisontalkurveradius på 1000 meter gi eit fartsprofiltillegg på ca 7 km/t for ein H2-veg. Med å bruke normalen sin verdi for tverrfall på 6,5% og fartstillegget på 5 km/t frå Figur 4 innsett i Formel 3 Minste horisontalradius på side 9, vert resultatet her at heile sidekrafta er teken opp av tverrfallet aleine. Dette viser at det er bygt inn ei sikkerheit mot utforkøyning ved «stivare» horisontalgeometri i vegnormalane.

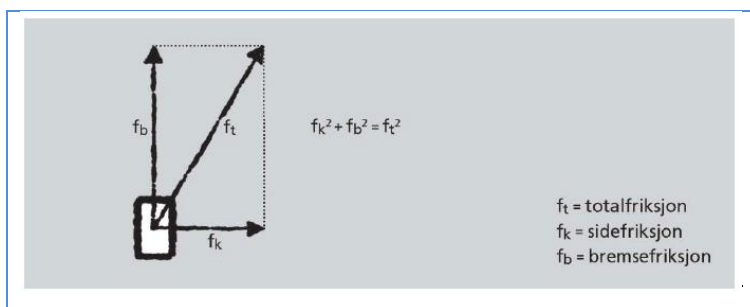
Kravet om nabokurveradiar omtala i Kapittel 2.8, kan også grunngjevast i fartsprofilen.

2.6 Friksjon

Som vist i den nedre delen i Figur 5 ovanfor, vert sikkerhetsfaktoren for friksjon redusert i takt med mellom anna aukande fart. I friksjonsteorien vert det føresett at den horisontale kontaktkrafta mellom ein lekam og underlaget som lekamen kviler på, er proporsjonal med vekta til lekamen. Friksjonen mellom køyrebanen og bildekket skal sikre nedbremsing og motverke at eit køyretøye glir ut av vegen. Friksjonskrafta vert difor dekomponert tangentielt og radielt i høve til køyretøyningsretninga, slik som Figur 8 nedanfor viser. Friksjonsfaktorar fins i handbok V120 (2014g).

$$f_k^2 + f_b^2 = f_t^2$$

Formel 2 Friksjon



Figur 8 Dekomponering av totalfriksjon i bremsefriksjon og sidefriksjon (handbok V120)

Utgangspunktet for friksjonsfaktorane i vegnormalane er ein konstant verdi som er basert på standardiserte målingar og som skal dekke 85 % av vegbana ved 60 km/t. Sidan friksjonen avtek med aukande fart, vert det korrigert for andre fartsgrenser og det vert nytta sikkerheitsfaktorar avhengig av dimensjoneringsklassene som vist i avsnittet ovanfor. Her vil sikkerheitsfaktoren vere 1,25 ved 80 km/t og ved 90 km/t har denne faktoren endra seg til 1,5.

2.7 Elementa i linjeføringa

Senterlinja til vegen er som regel basis for vegen si linjeføring og dermed for resten av konstruksjonsarbeidet. Sjølv om senterlinja er ei romkurve, føregår konstruksjonen av linja i horisontalplanet og i vertikalplanet kvar for seg. I kvart plan består linja av fleire ulike geometrisk sjølvstendige element.

Vegen sin horisontalkurvatur består av elementa rettlinje og sirkel. Mellom desse to elementa vert klotoiden nytta som overgangskurve, i flg handbok V120 (2014g).

Vertikalkurvaturen består eigentleg av elementa rettlinje og parabel, alternativt av rettlinje og sirkel med klotoide. Det er liten høgdeskilnad mellom linjeforløpet i dei delane av sirkelbogen og parabelbogen som er aktuelle i linjekonstruksjonen. Kombinasjonen rettlinje-sirkel er difor alminneleg i vertikalkurvaturen. I lavbrekk gjev likevel kolotoiden mellom rettlinje og sirkel ein estetisk fordel (Hovd, 2012e).

Under prosjekteringa vert vegen definert ved val av horisontal- og vertikalkurvatur i kombinasjon med tverrprofil og sideterrenget. Det må då kontrollerast for tilstrekkeleg sikt, som dermed er ein linjeføringsparameter som påverkar minimumskrava til både horisontal- og vertikalkurva.

Som tidlegare nemnt, mellom anna med tilvising til Figur 1, er hastigheita ein av dei mest sentrale grunnparameterane for den geometrisk utforminga av vegen. Fartsgrensa inngår dermed i store deler av formelverket for linjeføringsparameterane. I det etterføljande er det gjort greie for korleis fartsgrensa påverkar dei ulike elementa i linjeføringa og tverrprofilet på ei vegstrekning.

For linjeføringa er utgreiinga gjort med grunnlag i handbok N100 og V120. For tverrprofilet er handbok N100 brukt, sideterrenget refererer til handbok N101(2014b), kryss til N100 og V121 (2014h), bru til N400 (2014c) og tunnel til N500 (2014d).

Aktuelle dimensjoneringsklasser for nasjonal hovudveg med fartsgrense 80 km/t eller meir er H2, H3, H4, H5, H8 og H9. Vidare utover i dette kapittelet er det rekna ut grenseverdier for dei fleste elementa for dimensjoneringsklasse H4, 5 og 8 i steg på 10 km/t frå gjeldande fartsgrense og opp til

fartsgrense 120 km/t. Utrekningane er gjort for ei ekstrapolering av fartstillegg og sikkerheitsfaktor for friksjon. Det er også gjort utrekningar for konstant verdi av desse faktorane. Resultata er samanstillt i oppsummerande tabellar i den følgjande gjennomgangen her.

Fartsprofiltillegget vil som nemnt tidlegare vere null for $R_h = R_{h,min}$.

2.8 Fartsgrenser sin verknad på horisontalkurvaturen

2.8.1 Rettlinja

For rettlinja fins det ingen krav til minste eller største lengde i vegnormalane. Men ved motsett krummande overgangskurver vil det finnast ei minste rettlinjelengde for å gje plass til nødvendig overhøgdeoppbygging. Rettlinja gjev god sikt, men resulterer også i dårleg avstandsdøming og fare for blending frå lysa til den møtande trafikken. Unnateke for by og tettbygde strøk, er sjølve landskapet sjeldan eller aldri prega av rette linjer. Difor vert rettlinja oftast også eit problematisk element innan vegestetikk. Alle desse tilhøva gjer slake kurver til eit betre alternativ enn rettlinja (Hovd, 2012b).

2.8.2 Sirkelkurve

Sirkelen si konstante krumming medfører ei konstant sidekraft som i sin tur set bilføraren i stand til å vurdere sin eigen køyrefart betre enn på rettlinja veg. I tillegg gir konstant krumming god optisk leiing og ein jamn kurvatur som resulterer i både ein sikrare veg og eit betre estetisk resultat. (Hovd, 2012b).

I sirkelkurva er minste radius bestemt med grunnlag i ei likevektbetrakning av krefter som verkar på køyretøyet. Minste radius er gitt ved:

$$R_{h,min} = V^2 / 127(e_{maks} + f_k) \quad \text{Formel 3 Minste horisontalradius}$$

Her er	V	= fartsgrense [km/t] med evt fartstillegg (sjå fig 5)
	e_{maks}	= maksimal overhøgde [m/m]
	f_k	= dimensjonerande sidefriksjonsfaktor

Som nemnt tidlegare, er $R_{h,min}$ ein 2.gradsfunksjon av farten og eit eksempel på funksjonen er framstilt grafisk i Figur 2. $e_{maks} = 8\%$ for alle dimensjoneringsklasser i flg handbok V120.

Utrekna $R_{h,min}$ -verdiar for dimensjoneringsklasse H4, H5, H8 for fartsgrense 80 – 120 km/t er vist i tabellen nedanfor. Den første verdien i kvar celle i tabellen representerer ei ekstrapolering av gjeldande fartstillegg og sikkerheitsfaktorar som vist i Figur 6. Det andre talet representerer uendra verdiar for fartstillegg og for sikkerheitsfaktorar for dei aktuelle dimensjoneringsklassene. Tabellen viser dermed ein verknad på linjeføringa av å redusere sikkerheita i dimensjoneringsgrunnlaget.

		Fartsgrense [km/t]				
		80	90	100	110	120
Dimensjonerings-klasse	H4	312-312	428-428	578-578	740-740	1046-907
	H5	Ingen verdi	Som H4	Som H4	861-740	Som H4
	H8	Ingen verdi	Ingen verdi	682-682	861-861	1046-1046

Tabell 1 $R_{h,min}$ -verdiar for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8

I gjeldande normal ligg H4 og H5 på like verdiar for sikkerheit, medan H8 ikkje har sprang i sine verdiar.

Formel 3 kan elles brukast til dømes for å finne nødvendig overhøgde ved horisontalradiar større enn $R_{h, \min}$.

2.8.3 Klotoide

Klotiden vert brukt til å gje ein jamn overgang mellom ulike kombinasjonar av rettlinjer og / eller sirkclar, og til dette føremålet vert området kring klotoiden sitt vendepunkt nytta. Dei to kurve-elementa som det skal vere overgang imellom, må kvar for seg plasserast slik at dei tangerer klotoiden i dei punkta der krumminga til det respektive elementet er identisk med klotoiden si krumming (Hovd, 2012b). Avstanden langs klotoiden mellom vendepunktet og eit anna punkt på kurva kan finnast av formelen for klotoideparameteren A.

$$A^2 = RL \quad \text{Formel 4 Klotoideparameter}$$

Her er	A	= Klotoideparameter
	R	= Krumningsradius
	L	= Klotoidelengde

Der det vert nytta overgangskurve, skal overhøgdeoppbygginga i vegen sitt tverrprofil heilt eller delvis skje i overgangskurva, slik at full overhøgde trår inn der sirkelkurva startar. Ved konstant køyrefart gir klotoiden ein konstant relativ vertikalvinkelfart v_{vf} og verdien til grunnparameteren v_{vf} bestemmer dermed minste klotoideparameter A_{\min} i dei gjeldande vegnormalkrava. Med unntak for kurver med stor radius, skal tverrfallet byggast opp til å ha ein-sidig fall gjennom kurva. Den minste lengda denne kurva kan ha er $L_{o, \min} = (b \cdot V \cdot e_d) / (3,6 \cdot v_{vf})$, sjå Formel 14 på side 17. Det vert føresett at tverrfallet i ytre køyrefelt då vert bygt opp til 0 % på rettlinja framfor klotoiden.

Innsett i Formel 4 vert då A_{\min}^2 ein 3.gradsfunksjon av farten.

Tverrfall og overhøgde er nærare omtalt under avsnittet om tverrprofilet og parameterane for $L_{o, \min}$ er forklart der.

Det fins også definerte samanhengar mellom klotoideparameteren og køyredynamikk, kurvelengde og estetikk. Køyredynamikk fans tidlegare som krav i normalen (Hovd, 2012b).

Utrekna A_{\min} -verdiar for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8 for fartsgrense 80 – 120 km/t er vist i tabellen nedanfor. Oppstillinga er for ekstrapolerte og deretter for uendra verdiar av fartstillegg og sikkerhetsfaktorar på same måte som i Tabell 6 for $R_{h, \min}$.

		Fartsgrense [km/t]				
		80	90	100	110	120
Dimensjonerings-klasse	H4	143-143	177-177	216-216	255-255	322-294
	H5	Ingen verdi	Som H4	Som H4	281-255	Som H4
	H8	Ingen verdi	Ingen verdi	240-240	281-381	322-322

Tabell 2 A_{\min} -verdiar for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8

2.8.4 Nabokurver

I følge handbok V120 vert det stilt krav til nabokurver for å sikre ein jamn linjeføringsgeometri. Dette omsynet vert grunngeve med at det er samanheng mellom sprang i fartsnivået og endring i ulukkesfrekvensen (Hovd, 2012a). Sidan spranget i fartsnivå mellom anna heng saman med sprang i radius for nabokurver i horisontalplanet, er det valt å stille krav som gjeld for kurveradiar inntil 300 m. Det er gjort unntak for korte rettlinjer mellom sirkelkurver. Desse vert ikkje rekna som nabokurve.

2.9 Fartsgrenser sin verknad på sikta

2.9.1 Definisjonar av sikt

Fri sikt vert definert som den største samanhengande synlege veglengda ein bilfører har dersom vedkomande er plassert midt i køyrefeltet. Augehøgda a_1 er sett til 1,1 m over køyrebana.

Stopsikt vert definert som sikt lengde fram til eit objekt med høgde a_2 frå bilføraren. Stopsikt lengda skal vere så stor at føraren kan observere objektet, vurdere situasjonen og stoppe køyretøyet framfor objektet. Høgda mellom køyrebane og auget til føraren er 1,1 m og føraren skal kunne sjå den delen av objektet som er 0,25 m over køyrebana når objektet si høgde a_2 minst er 0,3 m.

Møtesikt vert definert som summen av stopsikt for to møtande køyretøy i same køyrefelt, med eit tillegg på 10 m. Dette siktkravet gjeld berre for einfelts veg med tovegs trafikk.

Forbikøringsikt er den minste sikt lengda bilføraren skal ha fram til møtande køyretøy for å kunne gjere ei forsvarleg forbikøyring.

2.9.2 Sikt på fri vegstrekning

For fri vegstrekning aksepterer vegnormalane at kravet til stopsikt i venstrekurve ikkje er tilfredsstillt for 2- og 4-feltsveg med midtrekkverk. Det vert argumentert med at bilførerar likevel ser køyretøyet framfor seg og at det er lite sannsynleg at det ligg objekt i køyrebana ved slik vegstandard (Hovd, 2012c). For 2- og fleirefeltsvegar utan midtrekkverk gjeld krav til stopsikt. For einfeltsveg gjeld krav til møtesikt, medan kravet til forbikøringsikt er avhengig av fartsgrense og trafikkmengde oppgjeve i ÅDT.

Ved lave verdiar av horisontalkurveradius R_h , kan krav til sikt påverke horisontalkurvatur og tverrprofil. Slike situasjonar er typisk for fjellskjæringar og i tunnelar. Der siktlinja ligg innanfor sirkelkurva, kan samanhengen mellom horisontalradius R_h , sikt lengda L og største fri siktbreidde B då skrivast:

$$R_h = L^2 / (8B) \quad \text{Formel 5 Minste horisontalradius bestemt av siktkrav}$$

Ved å sette L_s frå Formel 6 nedanfor inn i Formel 5 ser ein at R_h her er ein 4.grads-funksjon av V . R_h som funksjon av L_s får dermed har ein vesentleg høgare vekst enn det som gjeld både for minste horisontalkurveradius og for stopsikt.

2.9.3 Stopsikt

Lengda til stopsikta er ein 2.gradsfunksjon av V som skissert og gitt ved formel nedanfor.

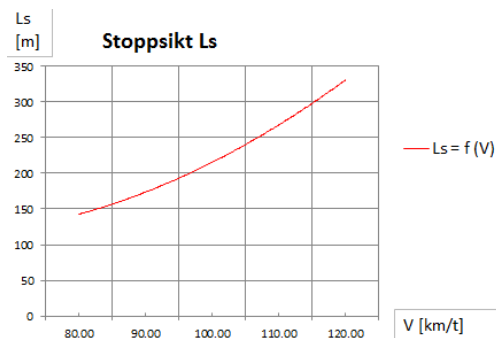
$$L_s = L_r + L_b$$

$$= 0,278t_r V + [V^2 / 254,3(f_b + s)]$$

Formel 6 Minste stoppsikt

Her er

- L_r = Reaksjonslengde [m]
- L_b = Bremselengde [m]
- s = stigningsgrad [m/m]
- V = fartsgrense [km/t] med evt fartstillegg
- t_r = reaksjonstid [sek]
- f_b = dimensjonerende bremsefriksjonsfaktor



Utrekna stoppsiktverdiar L_s for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8 for fartsgrense 80 – 120 km/t er vist i tabellen nedanfor etter samme mønster som tidlegare for $R_{h\ min}$ og A_{\min} . Verdiane gjeld for stigningsgrad null.

		Fartsgrense [km/t]				
		80	90	100	110	120
Dimensjonerings- klasse	H4	142 - 142	175 - 175	212 - 212	271 - 271	399 - 330
	H5	Ingen verdi	Som H4	Som H4	328 - 271	Som H4
	H8	Ingen verdi	Ingen verdi	256 – 256	328 - 328	399 - 399

Tabell 3 L_s -verdiar for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8

2.9.4 Møtesikt

$$L_m = L_{s1} + L_{s2} + 10m$$

Formel 7 Minste møtesikt

Her er

- L_{s1} = Stoppsikt lengde for kjøretøy 1
- L_{s2} = Stoppsikt lengde for kjøretøy 2

2.9.5 Forbikøringsikt

Forbikøringslengder er sett til 450 m for fartsgrense 80 km/t og tilsvarende 550 m for 90 km/t. Føreretnadane er møtande trafikk og reaksjonstid på 2 sek. Tal forbikøringsmogelegheiter pr definert strekningslengde for ny veg er vist i tabellen nedanfor.

ADT	Ny veg	Tabell 4 Krav for nasjonale hovedvegar med fartsgrense 80 og 90 km/t (handbok N100)
< 4000	Minst 2 forbikjøringsmuligheter pr. 10 km	
4000-6000	Minst 1 forbikjøringsfelt pr.10 km	
6000-8000	Minst 1 forbikjøringsfelt pr.10 km	
8000-12000	Minst 2 forbikjøringsfelt pr.10 km	

ADT	Ny veg	Tabell 5 Krav for øvrige hovedvegar med fartsgrense 80 km/t (handbok N100)
< 1500	Minst 1 forbikjøringsmulighet pr. 10 km	
1500 - 4000	Minst 1 forbikjøringsmulighet pr.10 km	

2.9.6 Sikt i kryss

Uregulerte og forkøyrregulerte T- kryss har i flg handbok N100 siktkrav avhengig av fartsgrensa og av trafikkmengda på sekundærvegen. I uregulerte X- kryss er siktkravet avhengig av fartsgrensa.

I rundkøyringar gjeld siktkrav til venstre og framover. Siktkrava er avhengig av antatt fartsnivå og av lengda på køyrekurva. I tillegg gjeld siktkrav til gangfelt.

Lengda på retardasjonsfelt og venstresvingefelt er avhengig av fartsgrense og fastlagt retardasjonsverdi.

2.10 Fartsgrenser sin verknad på vertikalkurvaturen

2.10.1 Stigning

Krava til stigning er mellom anna avhengig av omsynet til framkomelegheit for tunge køyretøy, trafikkikkerheit og trafikkavviklingskapasitet (Hovd, 2012e).

2.10.2 Stigningsgrad på fri vegstrekning

Resultierende fall er gitt ved uttrykket

$$s_r = (s + e)^{1/2} \quad \text{Formel 8 Resultierende fall}$$

Her er	s	= vegen si stigningsgrad [%]
	e	= køyrebana sitt tverrfall [%]

Kravet til resultierende fall medfører at maksimal stigning ikkje kan nyttast der horisontalkurvaturen ligg på minimumsgrensa.

2.10.3 Forbikøyringsfelt i stigning

Ved stigningsgrad over 3% avtek farten til tunge i forhold til lette køyretøy. Dette betyr kapasitetsreduksjon og eit behov for forbikøyring som igjen føreset tilstrekkelege mogelegheiter til å gjere dette, dersom ulukkesrisikoen ikkje skal auke. I vegnormalane er kravet til forbikøyringsfelt i stigning knytt til trafikkmengda for tunge køyretøy og til skilnaden på farten mellom tunge og lette køyretøy. Forbikøyringsfeltet skal starte der denne fartsdifferansen overstig ein gitt grenseverdi og halde fram til stigninga avtek så mykje at denne grenseverdien er underskriden att. Fartsgrensa og fastsatt verdi for akselerasjon inngår i utrekning av forbikøyringsfelt i stigning og i akselerasjonsfelt for planskilte kryss.

Tidsluker kan framstillast som ein eksponentialfordelt funksjon av trafikkmengde. På 2-feltsveg vil mengda tilstrekkeleg store luker til forbikøyring avta raskt for ÅDT større enn 4000, i flg handbok V120, kap 7. Dette fell saman med innslagspunktet for å anlegge forbikøyringsfelt for 2-feltsveg i stigning i flg handbok N100, Kap E.4. Feltet skal starte der fartsdifferansen mellom tunge og lette køyretøy er over 15 km/t og bør avsluttast der differansen når ned att til 10 km/t. Minste feltlengde er 800 m og i tillegg 100 m avslutning i kvar ende.

Det er også stilt krav til minste tal forbikøyringsmoglegheiter pr 10 km avhengig av vegklasse, fartsgrense og trafikkvolum.

2.10.4 Stigningsgrad ved kryss og avkøyrslar

Omsynet til avviklingskapasitet og trafikkikkerheit ligg til grunn for kravet til maksimal stigning. Eit tungt køyretøy som står i ro i sterk stigning treng ei stor tidsluke frå oppstart til kryssinga er gjennomført. Dermed vert avviklingskapasiteten betrakteleg redusert og dette medfører i sin tur redusert trafikkikkerheit. Ut i frå desse omsyna er 5% største tillatne stigning i kryss på nasjonale og andre hovedvegar der kryssa ikkje er planskilte. Kravet om planskilte kryss for hovedvegar går i dag ved 90 km/t og ÅDT 8.000 i klasse H5.

2.10.5 Vertikalkurva

Krav til sikt bestemmer kurvatur i høgbrekk, medan køyrekomfort eller sikt i mørke bestemmer lavbrekkurvaturen. I tillegg til siktkravet må kurva også utformast slik at overvatn renn av og slik at det er teke tilstrekkeleg omsyn til estetiske krav til vegutforminga.

Det er lite høgdeskilnad mellom kurveforløpet til parabelen og sirkelen for dei kurvelengdene som vert brukt, gitt at begge har lik krumming i toppunktet. Men sidan parabelen er noko meir komplisert å konstruere, vert sirkelkurva føretrekt som konstruksjonselement, sjølv om parabelen på grunn av større lengde har ein estetisk fordel. Særleg i lavbrekk vil eit kortare kurveforløp til ei sirkelkurve lett sjå ut til å ha ein knekk. Dette kan likevel kompenseras med klotoider som forlenger kurveforløpet vesentleg (Hovd, 2012e).

2.10.5.1 Høgbrekk

Føljande formalar gjeld for sirkelkurve i høgbrekk:

$$R_{vh \min} = 0,5L^2 / (a_1^{1/2} + a_2^{1/2})^2 \quad \text{Formel 9 Minste høgbrekkradius. Lang kurve}$$

Uttrykket gjeld når vertikalkurva er lenger enn kravet til siktlengde. Sidan dette er ein 4.-gradsfunksjon av V , får $R_{vh \min}$ her ein vesentleg høgare vekst enn det som gjeld både for horisontalkurva og for stoppsikt.

$$R_{vh \min} = (2L / s_d) - [2(a_1^{1/2} + a_2^{1/2})^2 / 0,5s_d^2] \quad \text{Formel 10 Minste høgbrekkradius Kort kurve}$$

Dette uttrykket er ein 2.-gradsfunksjon av V og kan brukast når vertikalkurva er kortare enn kravet til siktlengde.

Her er	L	= Lengde på stopp- møte- eller forbikøyring-sikt [m]
	s_d	= Endring i stigning over kurveforløpet [m/m]
	a_1	= Augehøgde 1,1 m
	a_2	= Hinderhøgde. Ved stoppsikt 0,25 m og ved møte- og forbikøyring-sikt 1,25 m

Den aktuelle siktlengda vert her rekna ut ved å bruke den midlere stigninga i kurva.

2.10.5.2 Lavbrekk

Siktkravet kan vere dimensjonerande dersom det er plassert høgdehinder som bruer eller portalar i lavbrekk. Elles er det krav til køyrekomfort som ein 2.-gradsfunksjon av V , som gjeld.

$$R_{vl \min} = 0,772 * V^2 / a \quad \text{Formel 11 Minste lavbrekkradius}$$

Det er ikkje stilt krav til sikt i mørke. Dersom dette likevel behøver kontroll, gjeld føljande uttrykk:

$$R_{vl \min} = L_s^2 / (2h + 2L_s \operatorname{tg} 1^\circ) \quad \text{Formel 12 Minste lavbrekkradius i mørke. Lang kurve (Hovd, 2012e)}$$

Uttrykket er ein 4.-gradsfunksjon av V og gjeld når vertikalkurva er lenger enn kravet til siktlengde.

$$R_{vl \min} = 2L_s - (2h + 2L_s \operatorname{tg} 1^\circ) / s_d \quad \text{Formel 13 Minste lavbrekkradius i mørke. Kort kurve (Hovd, 2012e)}$$

Uttrykket er ein 2.-gradsfunksjon av V og gjeld når vertikalkurva er kortare enn kravet til siktlengde.

Her er	V	= fartsgrense [km/t] med evt fartstillegg
	a	= største tillatne vertikalakselerasjon [m/s ²]
	L_s	= dimensjonerande stopplengde [m]

Utrekna verdiar vertikalkurveradius $R_{vh,min}$ og $R_{vl,min}$ for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8 ved fartsgrense 80 – 120 km/t er vist i tabellane nedanfor etter same mønster som tidlegare. Utrekningane gjeld for dagslys og der vertikalkurva er lenger enn siktkravet.

Høgbrekk		Fartsgrense [km/t]				
		80	90	100	110	120
Dimensjoneringsklasse	H4	4227- 4227	6348- 6348	9368- 9368	15314- 15314	33165- 22653
	H5	Ingen verdi	Som H4	Som H4	22447- 15314	33165- 22653
	H8	Ingen verdi	Ingen verdi	13691- 13691	22447- 22447	33165- 33165

Tabell 6 $R_{vh,min}$ -verdiar for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8

Lavbrekk		Fartsgrense [km/t]				
		80	90	100	110	120
Dimensjoneringsklasse	H4	2084- 2084	2573- 2573	3114- 3114	3706- 3706	4390- 4349
	H5	Ingen verdi	Som H4	Som H4	4021- 3706	4690- 4349
	H8	Ingen verdi	Ingen verdi	3403- 3403	4021- 4021	4690- 4690

Tabell 7 $R_{vl,min}$ -verdiar for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8

2.11 Fartsgrenser sin verknad på tverrprofilen

Utforminga av tverrprofilen er regulert av fleire handbøker med normalstatus og gjennomgåande er det vegtype, trafikk og hastigheit som i stor grad bestemmer standarden.

Medan handbok N100 regulerer utforminga av dei delane av tverrprofilen som ligg innanfor ytre skulderkant og set krav til fri breidde, høgde og sikt, er det handbok N101 som regulerer utforminga av grøfteprofilen og sideterrenget. Omsynet til stabilitet, bæreevne og handteringa av vatn for veg og sideareal vert regulert av Handbok N200. Profilutforminga i tunnelar vert i si heilheit regulert av handbok N500.

Ved sida av dei faktorane som er nemnde ovanfor, er både terrengetilpassing, snølager og sikt vinterstid vesentleg dimensjoneringsføresetnader (Hovd, 2012d).

2.11.1 Midtdelar, køyrebane og skulder

Midtdelar vert i Trafikksikkerhetshandboka (Høye et al., 2012) definert som eit areal mellom køyreretningane, utforma med ulike typar profil, breidde og belegning. Midtdelarar kan innehalde rekkverk. Handboka konkluderer med at midtdelar ser ut til å redusere tal personskaulykker, men ikkje tal materiellskadeulykker. Dei fleste undersøkingane denne konklusjonen baserer seg på, er samanlikningar avulukkesrisiko på vegar med midtdelar motulukkesrisiko på vegar utan midtdelar.

Dei norske krava til midtdelar er vist i tabellen nedanfor.

Dim. klasse	Farts- grense	ADT (1000 kit)	Utforming av midtdeler	Tabell 8 Krav til midtdeler avhengig av dimensjoneringsklasse (handbok N100)
H4	80	4-6	kjørefeltene skilles med 1 m bred midtdeler med forsterket midtoppmerking som består av 2 sperrelinjer	
H5	90	6-12	skal bruke fysisk midtdeler med midtrekkverk. Bredder inkl bredde på indre skulder skal være 2,5 m	
H6	60	> 12	midtdeler skal være minst 1,5 m brei, og bestå av et felt med bredde minst 1 m avgrenset med kantstein og 0,25 m kantsteinsklaring på hver side. Ikke krav om midtrekkverk.	
H7	80	> 12	skal ha midtdeler med midtrekkverk. Midtdeler skal ha en bredde på 2 m og med indre skulder med bredde 0,5 m inn mot midtdeler	
H8 H9	100 100	12-20 > 20	skal ha midtdeler med midtrekkverk. Midtdeler skal ha en bredde på 2 m og med indre skulder med bredde 0,5 m inn mot midtdeler. Minste avstand fra rekkverk til indre kjørebane kant skal være 0,75 m	

Verknadar av midtrekkverk på 2-felts veg vart undersøkt på ei forsøksstrekning på E6 mellom Lillehammer og Øyer mellom 2003 og 2006. Etterundersøkinga utført ved Sintef (Giæver, Ragøy, Stene, Sagberg, & Wahl, 2007) konkluderte med at det reduserte fartsnivået som vart registrert, indikerte at både tal ulukker og alvorsgraden kunne ventast å gå ned som følge av dette tiltaket.

I ein del av ei undersøking utført ved Sintef (Sakshaug, Lervåg, & Giæver, 2004) vert det konkludert med at det verkar som det fins ei optimal køyrebanebreidde på ca 3,4 m for tofelts landeveg. Vesentleg større breidde enn dette kan føre til fleire ulykker. Likeeins vert det konkludert med at sikkerheita aukar med aukande skulderbreidde opp til ca 2 m, medan særleg større breidde kan føre til fleire ulykker og med større alvorsgrad. Det vert også konkludert med at fast dekke på skulder gir færre ulykker. Denne delen av undersøkinga er basert på eit litteraturstudium som vart gjort i samband med eit revisjonsarbeide av handbok 017, no handbok N100.

Trafikksikkerhetshåndboka (2012) konkluderer med at auka vegbreidde reduserer tal ulykker utanfor tettbygd strøk.

Når det gjeld køyrefeltbreidde konkluderer Trafikksikkerhetshåndboka (2012) med at det påverkar talet ulykker, men at verknaden er avhengig av mange faktorar og kan ha både positivt og negativt forteikn. Handboka konkluderer samtidig med at framkomelegheita er betre på vegar med breiare køyrefelt.

For skulderbreidde konkluderer denne handboka med at breiare skulder og asfaltert skulder fører til færre ulykker i dei fleste tilhøve.

Fordelinga mellom skulder- og køyrebanebreidde er også vurdert i Trafikksikkerhetshåndboka (2012). Her vert det konkludert med at deira grunnlag ikkje viser om sikkerheita vert betra ved ei endra fordeling dersom vegbreidda allereie er gitt. Dei norske krava til køyrebane- og skulderbreidde for H4, H5 og H8 går fram av tabellen nedanfor.

Dimensjoneringsklasse	H4	H5	H8
Midtdelar [m]	1,00	1,00	2,00
Indre skulder [m]	-	0,75	0,50
Køyrebane [m]	3,25	3,50	3,50
Skulder [m]	1,00	1,50	1,50

Tabell 9 Midtdelar, køyrebane- og skulderbreidde for dimensjoneringsklasse H4, H5 og H8 (handbok N100)

2.11.2 Tverrfall og resulterande fall

Tverrfallet er køyrebana si helling normalt på vegen si lengdeakse. Føremålet er både vassavrenning, å motverke køyretøyet sine sidekrefter i horisontalkurver og gje betre køyrekomfort, i flg handbok V120.

Minste tverrfall for køyrebane er identisk med tverrfallet på rettstrekningar som igjen er avhengig av dekketype. I handbok N100 har dekke av betong 2 %, bituminøse dekke har 3% og grusdekke 4% tverrfall.

Resulterande fall er lik summen av tverrfall- og lengdefallvektorane. Minste resulterande fall er sett til 2%.

2.11.3 Oppbygging av overhøgde

Einsidig fall i tverrprofilen vert i handbok V120 definert som overhøgde innan geometrisk utforming. Overhøgda vert bygd opp ved å la køyrefelta dreie kring vegen si senterlinje. Saman med sidefriksjon skal overhøgda i tverrprofilen motverke påført sidekraft i horisontalkurva. Overhøgda må difor vere stor nok til å motverke at køyretøyet glir ut frå kurva under normale køyreforhold. Men overhøgda må heller ikkje vere større enn at køyretøyet unngår å gli innover mot kurvesenteret ved lav fart og glatt køyrebane.

Med unntak for kurver med stor radius, skal tverrfallet i flg handbok V120 byggast opp til å ha einsidig fall gjennom kurva. Den minste lengda denne kurva kan ha vert då

$$L_{o,min} = (b \cdot V \cdot e_d) / (3,6 \cdot v_{vh})$$

Formel 14 Minste lengde på oppbygging av overhøgde

Her er	V	= fartsgrense [km/t] med evt fartstillegg
	V_{vh}	= relativ vertikalfart [km/t]
	b	= avstand [m] mellom høgre og venstre hjul på samme aksling for dimensjonerande køyretøy
	e_d	= endring [m/m] i tverrfallet over L_o

Den minste tillatne lengda på overhøgdeoppbygginga fins ved å nytte dei normerte verdiane for V_{vh} . Vidare oppgir handbokV120 at når det vert brukt overgangskurve (klotoider) skal overhøgda normalt byggast opp her. Ved lange klotoider bør overhøgda byggast opp til takfallverdi (normalt 3%) raskast mogeleg. Resten av overhøgda kan så byggast opp over den attstående delen av klotoida. I S-kurver skal overhøgda byggast til null i punktet der vendeklotoidene møtest.

Maksimal overhøgde er empirisk fastlagt til 8%. Der horisontalkurva inneheld kryss, er maksimal overhøgde sett til 6%.

2.11.4 Breiddeutviding

Gjennom horisontalkurver treng eit køyretøy auka plass i breidda på grunn av sporing og overheng. Plassbehovet er avhengig av køyretøystorleiken og av kurveradien. Plassbehovet er dermed bestemt når dimensjonerande køyretøy er valt. I tillegg har køyretøyet si plassering i tverrprofilen betydning ved små kurveradiar. Breiddeutviding er såleis ikkje direkte avhengig av køyrefart, men ved samanstyrtande klotoider er det referert eit krav i handbok V120 om at breiddeutvidinga bør skje over ei strekning tilsvarande 1/3-del av fartsgrensa.

2.11.5 Sikkerhetsavstand og sikkerheitssone

Trafikksikkerhetshåndboka (2012) konstaterer at utforminga av og hellinga på sideterrenget har verknad på ulykkesfrekvens og alvorsgrad. Det vert vidare konstatert at avstanden mellom vegkanten og faste sidehinder betyr vesentleg mykje for kor sannsynleg det er å treffe hinderet ved utforkøyning, og at det ikkje alltid er verken mogeleg eller verksamt å sette opp rekkverk. Dessutan er rekkverket også eit fast hinder og det kan redusere sikta.

I ein del av ei undersøking utført ved Sintef (Sakshaug, Engen, Lervåg, Lindland, Ytrehus, 2007) vert det konkludert med at gjeldande sikkerheitsavstandar bør aukast, særleg i ytterkurver og på rettstrekningar. Det vert og konkludert med at det er særleg viktig å fjerne faremoment i sikkerheitssona, eller å sette opp rekkverk mot slike objekt.

Ein del av dette arbeidet til Sintef består av ei større litteraturundersøking, og denne delen konkluderer med fleire tiltak som kan gje effekt for trafikksikkerheita. Lista omfattar forsterka kantlinjemerking, auka skulderbreidde og fast dekke på heile skuldra, slake fyllingskråningar med avrunda topp, fjerne faste sidehindre, ettergjevande rekkverk og anna vegutstyr og at det vert utført systematisk siktrydding.

I handbok N101 (2014b) vert sikkerheitsavstanden (A) definert som den avstanden frå køyrebnekanten som berre eit lite del av dei køyretøya som hamnar utanfor vegen, vil overskride. Sikkerheitsavstanden som går fram av Tabell 10 nedanfor, er avhengig av fartsgrensa og trafikkvolumet på vegen.

ADT	Fartsgrense (km/t)			
	50*	60**	70 og 80	≥90
0-1500	2,5 m	3 m	5 m	6 m
1500-4000	3 m	4 m	6 m	7 m
4000-12000	4 m	5 m	7 m	8 m
>12000	5 m***	6 m***	8 m***	10 m***

* For gater og veger med fartsgrense 50 km/t eller lavere, i byområder og tettsteder, gjelder Tabell 2.2 kun for følgende forhold:

- Der det er krav til rekkverk på fyllinger/fallende terreng og stup iht. Tabell 2.6 og Tabell 2.7
- Tunnelmunning og innvendig tunnelhvelv som stikker ut fra tunnelveggen, og som har en farlig utforming
- Veg eller gang- og sykkelveg som krysser under vegen
- Jernbane eller T-bane som krysser under eller ligger parallelt med vegen
- Lekeplasser, barnehager og skolegårder
- Spesielle anlegg som drivstoffanlegg og vannreservoarer.

** Trær i alleer som står innenfor sikkerhetsavstanden på veger med fartsgrense ≤ 60km/t, kan etter nærmere vurdering stå i den ytre halvparten av sikkerhetsavstanden.

*** Gjelder bare for nye veger. For eksisterende veg benyttes verdier for ÅDT 4000-12000.

Tabell 10 Krav til sikkerhetsavstand langs veg basert på fart og ÅDT

Sikkerheitssona er definert som eit område utanfor køyrebana der det ikkje skal finnast faremoment som sidehinder, skråningar og liknande. Dei ulike faremomenta kan delast inn i dei 4 hovudkategoriane faste gjenstandar, farlege skråningar, andre trafikantar og spesielle anlegg. Breidda på sikkerheitssona (S) vert målt vinkelrett på køyrebnekanten og omfattar summen av sikkerheitsavstanden og eventuelle tillegg. Desse tilleggga gjeld kurvatur, midtdelar, vegskråningar, sidehinder, andre vegar eller bane og andre spesielle anlegg. Tillegga er vist i Tabell 11 nedanfor.

Beregning av sikkerhetssonens bredde				
$S = A + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$				
A, sikkerhetsavstand	Bestemt ut fra ADT og fart på stedet		Se Tabell 2.2	
T ₁ , tillegg for krappe kurver	Kurver med horisontalradius: $R < R_{\min}$	$T_1 = 2 \text{ m}$	Se kap. 2.2.2	
T ₂ , tillegg/fratrekk for skråninger	Fall	1:4 eller slakere	$T_2 = 0 \text{ m}$	
		Brattere enn 1:4	$T_2 = \text{skråningens bredde}$	
	Stigning	Slakere enn 1:2	$T_2 = 0 \text{ m}$	Se kap. 2.2.4
		1:2	$T_2 = 0 \text{ m}$, eller S begrenses av avstanden ut til en skjæringshøyde 2,0 m over vegbanenivå dersom denne ligger innenfor A	
	Brattere enn 1:2	$T_2 = 0 \text{ m}$, eller S begrenses av avstanden ut til en skjæringshøyde 1,6 m over vegbanenivå dersom denne ligger innenfor A		
T ₃ , tillegg for	Veg eller GS-veg under veg**	$T_3 = 0,5 \times A$	Se kap. 2.2.5	
	Jernbane	$T_3 = A$	Se kap. 2.11.3	
T ₄ , tillegg for spesielle anlegg	Lekeplasser, skoler, drivstofftanker, vannreservoar o. l.	$T_4 = 0,5 \times A$	Se kap. 2.11.4 og kap. 2.2.8	
T ₅ , tillegg for midtdeler		$T_5 = A$	Se kap. 2.7 og kap. 2.2.9	

* R_{\min} finnes i hb N100 for de ulike dimensjoneringsklassene.
** Gjelder for den veg som går over den andre vegen

Tabell 11 Utrekning av breidda på sikkerheitssona (handbok N101)

Dersom eit faremoment ligg nærare vegen enn det som Tabell 11 oppgjev, må det fjernast. Dersom det ikkje let seg gjere, må køyretøya skjermast mot kontakt ved at det vert sett opp rekkverk.

2.11.6 Grøfteprofil og sideterreng

Utforminga av skråningar er ikkje direkte avhengig av fartsgrenser, bortsett frå plasseringa til siktlinja i horisontalkurver og krava til sideterrenget innanfor sikkerheitssona i handbok N101. Frisiktkravet slår ut på både terrengforming, vegetasjon og snølagringsplass. Omsynet til trafikksikkerheit set krav til slak helling (1:4) i sikkerheitssona for å gjere det mogeleg med kontrollert styring og stopp ved utforkøyring. Andre faktorar som påverkar utforminga, er mellom anna omsynet til stabilitet og arealbruk. Der vegggrunnen består av lausmasse, vil erosjonstilhøva og jordartene sin stabilitet alltid sette krav til maksimal helling på skjeringar og fyllingar. Maksimal helling for skjering er sett til 1:2, medan fylling maksimalt kan ha 1:1,5. Omsynet til produktivt jord- og skogbruk stiller krav om maksimal helling på 1:7 for maskinell drift der vegen går gjennom slike areal.

2.12 Kryss, avkøyrslar og lokalt vegnett

Handbok N100 aksepterer at disponeringa av vegen sine sideområde påverkar utviklinga av vegnettet og stadfestar at tilkoplinga av sideområda gjennom kryss og avkøyrslar utgjer eit viktig element i standarden til vegnettet. Hovudvegnettet skal ha færrest mogeleg avkøyrslar, og det er stilt krav om at kryssa skal ha ein strekningsvis einheitleg standard. Det er stilt krav til avkøyrslar, kryss og lokalt vegnett for kvar dimensjoneringsklasse. Ved avkøyrslar og hovudvegar må det lokale vegnettet koplart til hovudvegen gjennom kryss. På nasjonale hovudvegar er rundkøyringar berre aktuelle som krysstypen ved innkøyring til tettstad eller i knutepunkt, dvs. i kryss mellom to slike vegar eller i kryss med ein annan overordna veg. T- og X-kryss på hovudvegar bør vere forkøyrslarregulerte. Ved fartsgrense 80 og 90 km/t bør det vurderast redusert fartsgrense for plankryss.

2.13 Bruer

Tverrprofil for bru er gitt i «brunormalen», handbok N400 (2014c), men handbok N100 gir minimumskrav for 1- og 2-feltsbru og for fortau og gang- og sykkelveg over bruer.

N100 Kap E.9 inneheld ein del krav til linjeføringa for brua og til overgangen mellom veg og bru.

- Minste horisontalkurveradius skal aukast med 50% i høve til tilstøytane veg. Prosjekteringstabellen sine korresponderande krav i den aktuelle dimensjoneringsklassa skal nyttast.
- Siktkrava skal haldast og brurekkverket skal ikkje hindre sikta.
- Maksimal stigning bør reduserast i høve til vanleg veg grunna fare for ising på køyrebana.
- Minste vertikalradius vert anbefalt auka for å gje betre sikt. Dette for å kompensere for at føraren kan bli distraherert av utsikta frå brua.
- Dersom ei overgangskurve må legkast på brua, bør ho forlengast for å dempe den visuelle verknaden av tverrfallendringar og breddeutvidingar som vert lagt til dette linjeføringsselementet.

Krav til fri høgde er gitt i N100 Kap F.4. Frå køyrebane til underkanten på ei overliggende bru er kravet 4,90 m medrekna omsyn til byggetoleransar, drift og vedlikehald. Det same kravet gjeld til underkanten på eit overliggende bæresystem på sjølve brua.

2.14 Tunnelar

«Tunnelnormalen», handbok N500 (2014d) omfattar krav til utforming, utrustning og bygging av tunnelar, og i tillegg inneheld handbok N100 Kap E.9 nokre krav.

- Minsteavstanden frå tunnelopninga og til kryss utanfor tunnel skal vere 2 gonger stoppsiktlengda.
- Minsteavstanden til uregulerte kryss og til rundkøyeringar skal vere 1 gonger stoppsiktlengda. Det same gjeld for avstanden til akselerasjons- og retardasjonsfelta i planskilte kryss.
- Tverrprofil og siktlengder som for veg i dagen ved tunnallengder under 500 m.
- Fri høgde normalt på ytre køyrebane kant skal vere 4,60 m med tillegg for omsyn til byggetoleransar, drift og vedlikehald, i flg. N500 Kap 4.5.

I tillegg til høge bygge- og driftskostnadar som også understrekar behov for alternativsvurderingar i tidlege planfasar, gir N500 Kap 4.1 fleire karakteristiske trekk som skil tunnel frå veg i dagen. Dette gjeld at tunnelterrenget betyr ubetydeleg sideaktivitet, at klimaet gir nokså einsarta køyreforhold og at lyset er jamt utanom i tunnelendane. Men det er også vanskeleg å vurdere både avstandar og stigning. Dessutan byr sikkerheit på andre utfordringar enn ute i dagen. Spesielt gjeld det ved brann, til dømes for evakuering.

I Kap 4.2 heiter det at føresetnadane for linjeføring for veg i dagen også skal gjelde for tunnel. Minste radius i horisontalkurva, $R_{h\ min}$ er bestemt på same måte som for veg i dagen. Men ved knappe kurver vert tunnelveggen eit sikthinder og difor må tunnelprofilen i slike tilfelle utvidast.

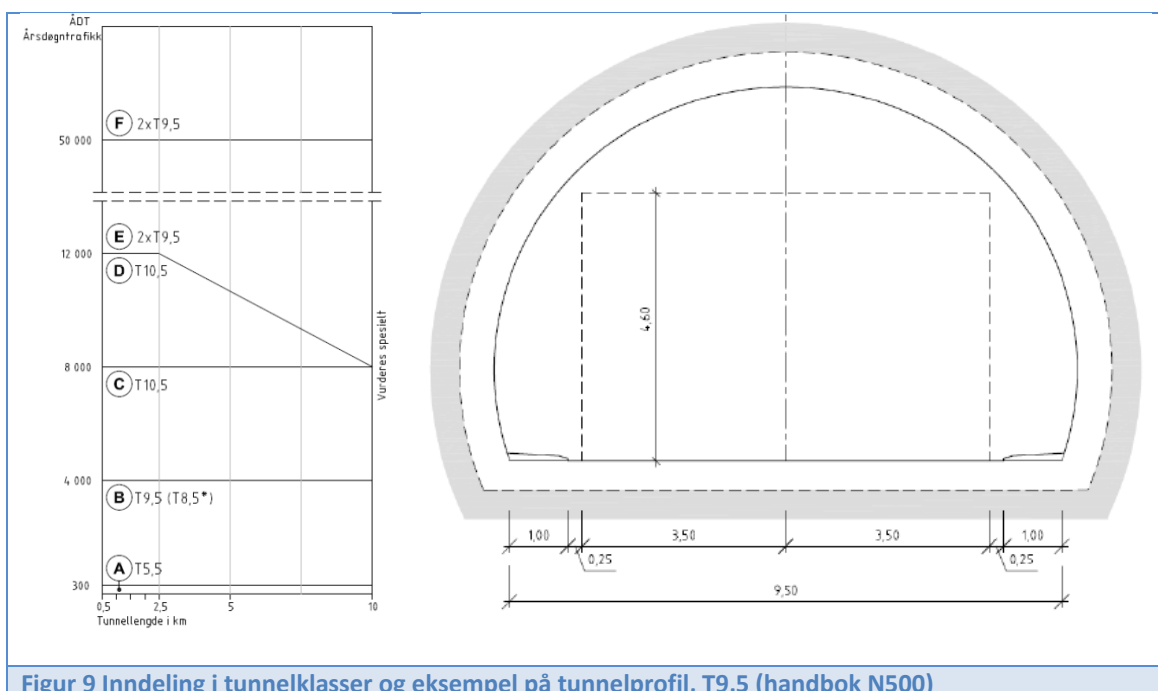
I flg. rapporten Trafikkulykker i vegtunnelar 2001-06 (Amundsen, 2008), er ulukkesfrekvensen i tunnelar med noko lengde lågare i den indre sona enn på veg i dagen. I inngangsona er frekvensen derimot ca. 3 gongar høgare enn i indre sone. Handbok N500 tilrår å legge tunnelendane i kurve,

noko som kan motverke blending frå sterkt dagslys. Her bør kurvaturen vere konstant i 2/3-deler av stoppsikta til begge sider for tunnelopninga.

Stopsikt er dimensjonerande krav for 2-feltstunnel, medan møtesikt gjeld for 1-feltstunnel.

Krav om forbiøyringsfelt er avgrensa til å gjelde for ÅDT over 2.500 og stigning på 5% eller meir over større lengder enn 1 km. Lengda på feltet skal då minst vere 1 km og skal starte der fartsdifferansen er 15 km/t. Det vert anbefalt svært slake kurver ved anlegg av forbiøyring.

Stigningskravet er avhengig av trafikkmengde. Hovudregelen er 5 % som maksimal stigning, men det gjeld mindre strenge krav for undersjøiske tunnelar. Kravet til vertikalkurveradius er som for veg i dagen. Her kan tunnelhenget verte sikthinder ved knappe lavbrekk, og tunnelprofilet må i tilfelle justerast.



Figur 9 Inndeling i tunnelklasser og eksempel på tunnelprofil, T9,5 (handbok N500)

Tunnelprofilet er bestemt av tunnelklassen som igjen er avhengig av tunnelen si lengde og av ÅDT_{20} (Prognostisert ÅrsDøgnTrafikk 20 år etter opningsåret). Generelt gjeld at for tunnallengde over 10 km må det gjerast særlege vurderingar for val av tunnelklasse. Grensa for 2-løpstunnel går lineært frå ÅDT 12.000 og 2,5 km lengde og til ÅDT 8.000 og 10 km lengde.

Normalen oppgjev i kap 4.3.1 80 km/t som øvre fartsgrense for 1-løpstunnel. For gjennomgåande høgare fartsgrenser må det difor veljast 2-løpstunnel.

Avstanden mellom havarinisjer, nødstasjonar og omfanget av anna sikkerheitsutrustning (lys, ventilasjon, kommunikasjon, slokkeutsyr, rømningsveg etc) er også avhengig av tunnelklassen.

2.15 Svensk regelverk

Svensk statleg vegmyndigheit er representert ved Trafikverket (Trafikverket, 2015b), under Näringsdepartementet. Regelverket «Vegars och Gators Utforming» fins på (Trafikverket, 2015c). I hovudsak fins aktuelt stoff i VGU179 (Trafikverket, 2012a) og VGU199 (Trafikverket, 2012b).

Det svenske regelverket ser ut til ikkje å avgrense fullmakter eller nytte fråvik slik det vert praktisert i norsk regelverk, til dømes ved gradering i «skal-, bør- og kan-krav». Svenske krav er inndelt etter nybygging eller ombygging / utbetring og etter «Ønsverd» og «Minsta godtagbara».

2.15.1 Avgrensing av samanlikninga

Inndelinga i vegklasser skil mellom motorveg, møtesfri veg (fysisk skilde køyreretningar) og tofelts veg, i flg VGU179, Kap 1 og 3 (2012a). Samanlikninga av svensk og norsk regelverk er her avgrensa til å gjelde «Ønskverd» personbilverdiar for fartsgrense 80 km/t eller høgare ved nybygging av motorveg og tofelts veg. Bruer og tunnelar er ikkje kommentert.

2.15.2 Hastigheitsbegrepet

Fartsgrense 110 km/t er normalt for motorveg. 120 gjeld unntaksvis ved høg sikkerheitsstandard og låg trafikk. 100 gjeld for 1+1 og 2+1 køyrefelt med midtrekkverk, medan 80 gjeld for 2-feltsveg med høg risiko (Trafikverket, 2015a).

Begrepet «Referenshastighet», VR vert brukt i vegplanlegginga og tilsvarer planlagd fartsgrense.

Ved prosjektering av linjeføringa vert det brukt fartstillegg som varierer med VR. Kontrollrekning av R_{Hmin} viser eit tillegg mellom 10 og 14 km/t for VR80 og oppover. For lågare VR avtek tillegget og det er negativt ved VR60 i flg VGU179, Kap 3 (2012a).

Fartsprofilen vert brukt ved dimensjonering av akselerasjons- og retardasjonstrekningar og ved horisontal- og vertikalkurvatur i flg VGU 179 Kap 4 (2012a) og VGU 199, Kap 2 (2012b).

2.15.3 Linjeføringsparameterane

Desse krava fins i VGU179, Kap 3 (2012a). Det fins ulike krav til sikt og kurvatur avhengig av om det gjeld nybygging, ombygging eller mindre utbetring. Dessutan ulike krav avhengig av vegklasse, td motorveg eller tofeltsveg. Krava er også gradert i «Ønskverd» og «Lågast godtagbart». Her vert det berre referert verdiar for «Ønskverd».

Friksjon er framstilt som ein eksponentiell funksjon av fart. Sikkerheitsfaktor for friksjon ser ikkje ut til å vere brukt etter det som går fram av VGU199, Kap 2 (2012b).

2.15.3.1 Horisontalgeometri

Rettlinje vert definert som sirkelkurve med $R_h = \infty$. Max overhøgde i horisontalkurve er 5,5%.

Tabellen nedanfor viser norske og svenske R_{Hmin} -verdiar. Dei norske verdiane er her utrekna med 8% overhøgde, medan dei svenske er «Ønskverd» med 4% overhøgde VGU179, Figur 3.1-13 (2012a). Ved overhøgde 4 % ville dei R_{Hmin} -verdiar blitt større. Sidan verdiane er nokså like til og med 110 km/t, må dei norske verdiar dermed ha innebygd noko større sikkerheit i dette området.

Fartsgrense	80		90		100		110		120	
	R_{Hmin} og Dimensjoneringsklasse									
Norge	312	H4	428	H5	682	H8	861		1046	
Sverige	400	VR80	-	-	700	VR100	900	VR110	1200	VR120

Tabell 12 R_H , min-verdiar for Norge og Sverige

Klotoiden vert nytta som overgangskurve og minimumverdiane er knytt til oppbygging av overhøgde. Det vert i tilleggstil krav for optisk linjeføring ved nabokurver og estetikkkrav ved overgang til rettlinje. Tabellen nedanfor viser at norske og svenske A_{min} -verdiar er om lag like store.

Fartsgrense	80		90		100		110		120	
	A_{Hmin} og Dimensjoneringsklasse									
Norge	143	H4	177	H5	240	H8	281		322	
Sverige	185	VR80	-	-	250	VR100	290	VR110	325	VR120

Tabell 13 A min-verdiar for Norge og Sverige

Begrepet nabokurver fins i norske normalar og gjeld horisontalkurveradiar. Liknande svenske krav fins i VGU179 Kap 3.1.6.2 (2012a), i form av forholdet mellom radiane til to etterfølgande og motsatt retta kurver (resulterande radius, R_r) og minste avstanden mellom dei. $R_r = (R_1^{-1} - R_2^{-1})^{-1}$; $R_1 < R_2$. For 80 km/t vert R_r lik 500m.

2.15.3.2 Sikt

Krava til stoppsikt, møtesikt og forbikøringsikt fins i VGU179, Kap 3.1.5 (2012a). I alt er svenske grunnparameterar for sikt noko meir differensiert enn norske. Men som vist i tabellen nedanfor, er norske og svenske grunnparameterar nokså like for personbil på landeveg. Møtesikt er utelate her.

Grunnparameter	Reaksjonstid	Augehøgde	Objekthøgde Stoppsikt	Objekthøgde Forbikøringsikt
	[sek]		[m]	
Norge	2	1,1	0,25	1,25
Sverige	2	1,1	0,35	0,6

Tabell 14 Grunnparameterverdiar for sikt i Norge og Sverige

Den neste tabellen viser norske og svenske stoppsiktverdiar for personbil på horisontal veg. Dei svenske er «Ønskvard» og det framgår at norske verdiar har innebygd størst sikkerheit.

Fartsgrense	80		90		100		110		120	
	L_s og Dimensjoneringsklasse									
Norge	142	H4	175	H5	256	H8	328		399	
Sverige	132	VR80	-	-	192	VR100	233	VR110	275	VR120

Tabell 15 L_s -verdiar for Norge og Sverige ved stigning 0 %

Fartsgrense	80		90	
	L_f			
Norge	450		550	
Sverige	Ønskverd		800	
	Minst godtagbar		450	

Tabell 16 L_f -verdiar for Norge og Sverige

Tabell 16 viser at når det gjeld forbikøringsikt ligg svenske krav tydeleg høgast.

2.15.3.3 Vertikalgeometri

Krav fins i VGU179, 3.1.6.7 (2012a). Minimumsradiar er gitt i tabellar for høgbrekk (Konveks), lavbrekk (Konkav), kort og lang kurve og for personbil og buss. Her er samanlikna norske og svenske personbilverdiar for lange kurver i høgbrekk.

Fartsgrense	80		90		100		110		120	
	R_{Vhmin} og Dimensjoneringsklasse									
Norge	4227	H4	6348	H5	13691	H8	22447		33165	
Sverige	5000	VR80	-	-	9000	VR100	12000	VR110	16000	VR120

Tabell 17 R_{Vh} , min-verdiar for Norge og Sverige

Største tillatne stigning er 8 % for veg i dagen og 5 % for tunnel. Kravet til resulterande fall i Kap 3.1.6.8 er mellom 0,5 og 8 %. For Norge er tilsvarande krav på 6 %, 5 % og 2 – 8 %.

2.15.4 Forbikøyring

Krav til forbikøyringsmulegheiter for møtefri veg fins i VGU179 Kap 1.1.2 (2012a). og tabellen nedanfor viser at norsk krav om 2+1-veg er svakare enn dei svenske.

	Fartsgrense	Vegklasse	Forbikøyringsmulegheit
Norge	90	H5	1 km 2+1 felt pr 10 km veglengde (N100, Kap E.4)
Sverige	100 og 110	VR100 / 110	Veksling mellom eit og to køyrefelt pr retning. Normalt mellom 15 og 40 % forbikøyringsmogelegheit pr retning.

Tabell 18 Forbikøyringsmulegheiter på møtefri veg for Norge og Sverige

2.15.5 Tverrprofil

Krav fins i VGU179 Kap 1.1(2012a). Tabell 1.1-1 viser køyrebredde for motorveg. Det er ikkje gitt tilsvarende oversikt for lågare vegklasser, men nokre krav fins i Kap 1.1. Tverrfall og overhøgde fins i Kap 3.1.6.5. Det er ikkje funne ÅDT-inndeling for svenske tverrprofil. Samanlikninga i tabellen nedanfor som gjeld gjennomgåande 3,5 m for svensk køyrefeltbreidde, viser at H5 og VR100 er i nærleiken av kvarandre for 2+1-profilet.

Fartsgrense	80		90		100		120	
Dimensjoneringsklasse	H4 Norge	VR80 Sverige	H5 N	H5 2+1 S	H8 N	VR100 S	N	VR120 S
ÅDT ₂₀ (Norge)	4000-6000	1000 -	6000-12000		12000-20000			
Midtrekkverk								
Midtdelar [m]	1,00	-	1,00	-	2,00	2,50		2,50
Indre skulder [m]	-	-	0,75	-	0,50	0,50		0,50
Køyrebane [m]	3,50	3,50	3,50	3,5 og 2x3,25	3,50	3,50		3,50
Ytre skulder [m]	1,00	0,75	1,50	0,75 og 1,50	1,50	1,00		2,00
Tal køyrefelt	1+1	1+1	1+1	2+1	2+2	2+1		2+2
Vegbreidde [m]	10,00	8,50	12,50	14,75	20,00	14,5		21,50

Tabell 19 Køyrebane- og skulderbreidde for Norge og Sverige

2.15.6 Sideterreng

Krav fins i VGU179 Kap1.1 (2012a) for sideterreng og i Kap 1.3 for rekkverk. Sikkerheitsavstand er ikkje definert. Sikkerheitssona er definert vinkelrett ut frå køyrebnekanten i figurane i Kap 1.1 og er ein funksjon av fartsgrense og trafikkvolum. Innanfor sikkerheitssona skal det ikkje finnast faste påkøyringsfarlege sidehinder, vassdjupne over 0,5 m eller stup skal ikkje finnast og terrenget skal ikkje ha ei slik helling at det får eit køyretøy som forlét køyrebana, til å velte. Rekkverk vert ikkje rekna som påkøyringsfarlege sidehinder. Tabellen nedanfor viser skilnad på nokre norske og svenske sikkerheitssone for ny veg utan problemskapande aktivitet i sideområde. Utan å ta med terrenghellinga, stig dei svenske verdiane her over dei norske for fartsgrense over 80 km/t.

	Fartsgrense 80 km/t		Fartsgrense 100 km/t		Parameter som gir tillegg		
	ÅDT 2000	ÅDT 6000	ÅDT 2000	ÅDT 6000	Helling på sideterreng	$R_H < R_{Hmin}$	Aktivitet i sideareal
	Sikkerheitssone [m]						
Norge	6	7	7	8	Ja	Ja	Ja
Sverige	6	7	9	10	Ja	Nei	Nei

Tabell 20 Norsk og svensk sikkerheitssone

2.16 Dansk regelverk

Dansk statleg vegmyndigheit er representert ved Vejdirektoratet (Vejdirektoratet, 2015b) under Transportministeriet. Regelverket «Vejregler» fins på Vejdirektoratet si web-side (Vejdirektoratet, 2015c). I hovudsak fins aktuelt regelverk i «Tracering i åbent land» (Vejdirektoratet, 2012c) og «Grundlag for utforming av trafikarealer» (Vejdirektoratet, 2012a).

Det danske regelverket ser ut til ikkje å avgrense fullmakter eller nytte fråvik slik det vert praktisert i norsk regelverk, til dømes ved gradering i «skal-, bør- og kan-krav».

Dimensjoneringsåret er i flg «Grundlag», Kap 2.1.3 (Vejdirektoratet, 2012a) normalt 15 år etter opningsåret.

2.16.1 Avgrensing av samanlikninga

Inndelinga i vegklasser skil mellom gjennomfartsvegar, fordelingsvegar eller lokalvegar «Planlægning» Kap 3.1.1, s 15 (Vejdirektoratet, 2012b). Samanlikninga av dansk og norsk regelverk er avgrensa til å gjelde fartsgrense 80 km/t eller høgare for gjennomfartsvegar (motorveg og tofelts veg). Bruer og tunnelar er ikkje kommentert.

2.16.2 Hastigheitsbegrepet

Høgaste fartsgrense er 130 km/t på motorveg og 80 km/t ellers. 90 km/t er brukt for 2- og 3-feltsveg med midtdelar (Vejdirektoratet, 2015a).

Planlægningshastigheten (V_p) vert brukt i vegplanlegginga og tilsvarer planlagd fartsgrense, i flg «Grundlag», Kap 3.1 Side 13 (Vejdirektoratet, 2012a).

Ved prosjektering av linjeføringa vert det brukt fartstillegg på 20 km/t for V_p 80 eller høgare når det gjeld stoppsikt i kryss og for strekningar med møtande trafikk. Unntak gjeld for motorvegar og vegar med minimumskurvatur.

Fartsprofilen vert brukt ved dimensjonering av akselerasjons- og retardasjonsrampar i planskilte kryss og ved forbikøyringsfelt i stigning «Grundlag», Kap 7.2.4 side 77-78 (Vejdirektoratet, 2012a).

2.16.3 Linjeføringsparameterane

Krav til horisontal- og vertikalkurvatur fins i «Tracering», Kap 4,5 og 6 (2012c). Danske handbøker nyttar begrepet linjeføring berre om horisontalkurvaturen, medan vertikalkurvaturen vert kalla vertikalprofilen.

Friksjon er dels framstilt som ein eksponentiell funksjon av fart. Sikkerheitsfaktor for friksjon ser ikkje ut til å vere brukt «Grundlag», Kap 7.2.3 (2012a)

2.16.3.1 Horisontalgeometri

Rettlinjer bør normalt ikkje overstige 0,5 – 2,0 km sidan rettlinja gjer avstandsvurderinga vanskeleg.

Krav til sirkelkurva er basert på kriteria for både sikt, køyredynamikk, fartsnivå, køyrekomfort og estetikk. Tabellen nedanfor viser at danske R_{Hmin} – verdier ligg tydeleg lågare enn norske. Verdiane gjeld for maks overhøgde på høvesvis 8 og 7%.

Fartsgrense	80		90		100		110		120	
	R_{Hmin} og Dimensjoneringsklasse									
Norge	312	H4	428	H5	682	H8	861		1046	
Danmark	260	Vp 80	350	Vp 90	440	Vp 100	550	Vp 110	710	Vp 120

Tabell 21 RH, min-verdier for Norge og Danmark

Klotoiden vert nytta som overgangskurve og minimumsverdiane er knytt til oppbygging av overhøgde. Det vert i tillegg stilt krav for optisk linjeføring ved nabokurver og estetikkkrav ved overgang til rettlinje. Tabellen nedanfor er viser at danske A_{min} – verdier i Kap 5.6.2 (2012c) ligg tydeleg lågare enn norske.

Fartsgrense	80		90		100		110		120	
	A_{min} og Dimensjoneringsklasse									
Norge	143	H4	177	H5	240	H8	281		322	
Danmark	130	Vp 80	117	Vp 90	147	Vp 100	183	Vp 110	237	Vp 120

Tabell 22 A min-verdier for Norge og Danmark

Danske krav til nabokurver gjeld i form av forholdet mellom radiane til to etterfølgende kurver og minste avstanden mellom dei. Overgang til rett linje er tillate for R_H på 400 m ved fartsgrense 70 km/t «Tracering» Kap 5.5.5 og 5.5.6 (2012c).

2.16.3.2 Sikt

Krava til stoppsikt, møtesikt og forbikøyringsikt fins i «Tracering» Kap 4 (2012c). Danske grunnparameterar for sikt er noko meir oppdelt enn norske. Men som vist i tabellen, er norske og danske grunnparameterar nokså like for personbil på landeveg. Møtesikt er utelate.

Grunnparameter	Reaksjonstid	Augehøgde	Objekthøgde Stopsikt	Objekthøgde Forbikøyringsikt
	[sek]		[m]	
Norge	2	1,1	0,25	-
Danmark «Grundlag» (2012a)	2	1,0	0,30	1,00
			1,00*	
			0,50**	

Tabell 23 Grunnparameterverdier for sikt i Norge og Danmark (personbil og landeveg)

Tabellen nedanfor viser norske og danske L_s – verdier. Danske verdier fins i «Tracering», Tabell side 18 (2012c). Dei danske verdiane ligg tydeleg lågare enn dei norske.

Fartsgrense	80		90		100		110		120	
	L_s og Dimensjoneringsklasse									
Norge	142	H4	175	H5	256	H8	328		399	
Danmark	115	Vp 80	135	Vp 90	160	Vp 100	190	Vp 110	220	Vp 120

Tabell 24 L_s -verdier for Norge og Danmark

Fartsgrense	80	90
	L_f	
Norge	450	550
Danmark	625	700

Tabell 25 L_f -verdier for Norge og Danmark

Tabell 25 viser at når det gjeld forbikøringsikt ligg danske krav tydeleg høgast.

2.16.3.3 Vertikalgeometri

Krav fins i «Tracering» Kap 6 s 40-52 (2012c).

Vertikalkurver skal utformast som sirkelbogar der radien er bestemt av omsynet til sikt, køyrekomfort og estetikk. Sikt bestemmer i hovudsak høgbrekkradius. Det er gitt formlar for utrekning av kurveradiar og grafar for samanheng mellom kurveradiar og stopp-, møte- og forbikøringsikt.

Tabellen nedanfor viser norske og danske minimumsradiar for lange kurver i høgbrekk. Danske verdier er henta frå «Tracering» Fig 6.6 (2012c). Danske verdier ligg tydeleg lågare enn norske.

Fartsgrense	80	90	100	110	120					
	$R_{Vh\min}$ og Dimensjoneringsklasse									
Norge	4227	H4	6348	H5	13691	H8	22447		33165	
Danmark	2500	Vp 80	3000	Vp 90	6500	Vp 100	9000	Vp 110	13000	Vp 120

Tabell 26 $R_{Vh\min}$ -verdier for Norge og Danmark

Største tillatne stigning er 6%. Kravet til resulterande fall er mellom 0,5 og 7% i flg «Tracering» kap 6.2.1 (2012c). For Norge er tilsvarande krav på 6%, 5% og 2 – 8%. Glatt køyrebane vert oppgjeve som grunn for kravet til største resulterande fall.

2.16.4 Forbikøyring

Danske krav til fartsdifferanse mellom tunge og lette køyretøy ved forbikøringsfelt i stigning er dels som norske krav, men minste lengde på forbikøringsfelt er 500 m mot 800 m i Norge. «Tracering» Kap 6.2.2 (2012c) og «Tverprofil» Kap 6.4.1 (2013). Dansk 2+1-veg er utan midtrekkverk, og norsk H5-klasse har dermed ikkje dansk samanlikningsgrunnlag når det gjeld forbikøyring.

2.16.5 Tverrprofil

Krav fins i handboka «Tverrprofiler», Kap 5 (2013). Tverrfall og overhøgde fins i «Tracering» Kap 8 (2012c). Eit dataverktøy vert brukt til å finne dansk tverrprofil når trafikkmengda er gitt «Grundlag» Kap 11.3 (2012a). Tabellen viser større breidde på køyrebane og ytre skulder for danske profil over 80 km/t.

Fartsgrense	80		90		100	130
Dimensjoneringsklasse / Tverrprofilnamn	H4	2-felt veg	H5	2+1 veg	H8	4-felt motorveg
	Norge	Danmark	N	D	N	D
ÅDT ₂₀ (Norge)	4000-6000		6000-12000		12000-20000	
Midtrekkverk	-	-	ja	nei	ja	ja
Midtdelar [m]	1,00	-	1,00	1,0	2,00	2,00
Indre skulder [m]	-	-	0,75	-	0,50	1,50
Køyrebane [m]	3,50	3,50	3,50	(3,75+3,5) +3,75	3,50	3,75
Ytre skulder [m]	1,00	0,5+1,5	1,50	0,5+1,5	1,50	3,00
Tal køyrefelt	1+1	1+1	1+1	2+1	2+2	2+2
Vegbreidde [m]	10,00	11,00	12,50	16,00	20,00	26,00

Tabell 27 Køyrebane- og skulderbreidde for Norge og Danmark

2.16.6 Sideterreng

Krav til sideterreng fins i handboka «Grundlag» Kap 6.5.5 (2012a) (Sikkerhedszonen uden for køresporskanten) og i «Tverrprofil» Kap 4.12.1 (2013) (Skråninger, Terrænklasser).

Sikkerheitsavstand er ikkje definert. Sikkerheitssona er definert vinkelrett ut frå køyrebaneanten og er ein funksjon av fartsgrense, horisontalkurveradius og terrenghelling. Innanfor sikkerheitssona skal det ikkje finnast faste påkøyringsfarlege sidehinder og terrenget skal ikkje ha ei slik helling at det får eit køyretøy til å velte når det forlèt køyrebana. Rekkverk vert ikkje rekna som påkøyringsfarlege sidehinder og vatn eller stup er ikkje nemnd. Sidan parameterbruken er så ulik, vert enkle samanlikningar upresise. Men tabellen nedanfor viser som eit eksempel skilnad på nokre norske og danske sikkerheitssoner for ny veg utan problemskapande aktivitet i sideområde. Utan å ta med terrenghellinga, ligg dei danske verdiane her tydeleg over dei norske.

	Fartsgrense 80 km/t		Fartsgrense 100 km/t		Parameter som gir tillegg		
	ÅDT 2000	ÅDT 6000	ÅDT 2000	ÅDT 6000	Helling på sideterreng	$R_H < R_{Hmin}$	Aktivitet i sideareal
	Sikkerheitssone [m]						
Norge	6	7	7	8	Ja	Ja	Ja
Danmark	9		10,4		Ja	-	Nei
Dansk R_H	400		700				

Tabell 28 Norsk og dansk sikkerheitssone

2.17 Britisk regelverk

Statleg vegmyndigheit i Storbritannia er representert ved Highways Agency (Highways Agency, 2015b) under Department of Transport.

Regelverket «The Design Manual for Roads and Bridges» (DMRB) omfattar det statlege stamvegnettet i Storbritannia (England, Skottland, Wales og Nord Irland), sjå DMRB V0 S1 P2 Pgr 1.4 (Highways Agency, 2008). DMRB fins på eiga web-side (Highways Agency, 2015a).

DMRB gir ei rekke vilkår for å lempe på ulike krav (Relaxations). Til dømes kan minimumsverdiar for sentrale linjeføringsparameterar vere gradert i fleire nivå i flg DMRB V6 S1P1 Tab 3 (2002). I tillegg kan overordna myndenivå gje løyve til å fråvike krav (Departures). I begge tilfelle skal det gjerast livsløpsvurderingar som viser at risiko for liv, helse, miljø og økonomi er rimeleg låg i høve til nytten (ALARP-prinsippet - «As Low As Reasonable Possible»), sjå DMRB V0 S1 P2 Pgr 1.33 – 1.36 og V6 S1 P1 Pgr 1.13 (2008).

Dimensjoneringsåret er opningsåret, i flg. DMRB V5 S1 P3 (1997).

2.17.1 Avgrensing av samanlikninga

Vegnettet er definert ved tverrprofilen avhengig av ÅDT for opningsåret. Her er samanlikningane mellom britisk og norsk regelverk avgrensa til å gjelde «Desireable minimum» for personbilverdiar ved nybygging av tofelts veg og motorveg. Fartsgrense er 96 km/t eller høgare, men 80 km/t er også teke med i nokre tabellar. Bruer, tunnelar og andre konstruksjonar er omtalt i DMRB V2, men vert ikkje kommentert nærare her.

2.17.2 Hastigheitsbegrepet

Obligatoriske fartsgrenser for landeveg (Mandatory national speed Limits) gjeld der ikkje anna er oppgjeve DMRB V6 S1 P1 Pgr. 1.5 (2002). Desse fartsgrensene er 112 km/t for motorvegstandard og

96 km/t for «All Purpose»-vegstandard. Dei britiske fartsgrensene er dermed ikkje særleg langt unna det som gjeld for norsk veg med god standard.

Design Speed eller planleggingshastigheit skal samsvare med antatt opptreande fart i flg. Pgr 1.1. Planleggingshastigheita er inndelt i trinn mellom 50 og 120 km/t. Linjeføring, tverrprofilutforming og avstand mellom kryss og avkøyrslar bestemmer valet. Framgangsmåten er framstilt i Pgr 1.2 - 1.8 og hastigheita kan deretter finnast i Figur 1.

Fartstillegg og fartsprofiltillegg ser ikkje ut til å vere i bruk.

2.17.3 Linjeføringsparameterane

Linjeføring som del av vegutforminga er i hovudsak regulert i DMRB V6 S1 P1 (2002).

DMRB brukar tabellverdiar og oppgjev ikkje friksjonsfaktorar for utrekning av kurvatur og stoppsikt, men sidefriksjon kan avleia frå tabellverdiene.

Minimumsverdiar for ein del sentrale linjeføringsparameterar er gitt i Tab 3. Vilkår for lemping fins i Pgr. 1.15 – 1.26 og fråvik i Pgr 1.27 – 1.28.

2.17.3.1 Horisontalgeometri

Krav til horisontalkurvaturen fins i DMRB V6 S1 P1 Kap 3 (2002).

Tabellen nedanfor viser norske og britiske R_{Hmin} -verdiar. Dei norske verdiane gjeld for 8% overhøgde, medan dei britiske er «Desireable» med 5% overhøgde i flg Kap 1 Tab 3. Sidan verdiane er nokså like, må dei norske verdiar ha innebygd noko større sikkerheit her. Unntak for 80 km/t der britisk ligg høgast.

Fartsgrense	80	90	100	96(SB)	110	112(SB)	120
	R_{Hmin} og Dimensjoneringsklasse						
Norge (N)	312 H4	428 H5	628 H8		861		1046
Storbritannia (SB)	510	-	-	720	1020		-

Tabell 29 R_H , min-verdiar for Norge og Storbritannia

Overgangskurve er omtalt i Pgr 3.15. Det er ikkje gitt minimumsverdiar, men overhøgdeoppbygginga skal skje innanfor utstrekninga til overgangskurva i flg Pgr 3.17. For kurvelengda elles gjeld køyredynamiske krav gitt ved $L=V^3/(46,7 \times q \times R)$ der q =endring pr. tid for sentripetalakselerasjonen. Det vert ikkje gjort nærare samanlikning av norske og britiske krav til overgangskurva her.

Det ser ikkje ut til å finnast krav til nabokurver slik dei er definert i norske normalar.

2.17.3.2 Sikt

Krava til stoppsikt, møtesikt og forbikøyringsikt fins i DMRB V6 S1 P1 Kap 2 (2002). Tabellen nedanfor viser at norske og britiske grunnparameterar er nokså like for personbil på landeveg. Møtesikt er utelate her.

Grunnparameter	Reaksjonstid	Augehøgde	Objekthøgde Stopsikt	Objekthøgde Forbikøringsikt
	[sek]	[m]		
Norge	2	1,10	0,25	(reknemodell)
Storbritannia	Er ikkje gitt	1,05	0,26	1,05

Tabell 30 Grunnparameterverdier for sikt i Norge og Storbritannia (personbil og landeveg)

Den neste tabellen viser norske og britiske stopsiktverdier for personbil på horisontal veg. Dei britiske er «Desireable» i flg Kap 1 Tab 3, og det framgår at norske verdier har innebygd litt større sikkerheit unnateke for 80 km/t.

Fartsgrense	80	90	100	96(SB)	110	112(SB)	120
	L _s og Dimensjoneringsklasse						
Norge (N)	142 H4	175 H5	256	H8	328		399
Storbritannia (SB)	160	-	-	215	296		-

Tabell 31 L_s -verdier for Norge og Storbritannia

Fartsgrense	80	100
	L _f	
Norge	450	550
Storbritannia	490	580

Tabell 32 L_f -verdier for Norge og Storbritannia

Tabell 32 viser at nokså like norske og britiske krav til forbikøringsikt.

Sikthindringar skal i flg Pgr 2.7 ikkje finnast i siktsona, med unntak for mindre objekt med breidde under 0,55 m som f. eks. lamperekker og slanke gangbrustøtter.

2.17.3.3 Vertikalgeometri

Krav til vertikalgeometri fins i DMRB V6 S1 P1 Kap 4 (2002) med minimumverdier i flg Kap 1 Tab 3. K-verdiane representerer vertikalkurveradius der $K \times 100 = R_v$. Her er samanlikna norske og britiske personbilverdier for lange kurver i høgbrekk. Britiske er «Desireable».

Fartsgrense	80	90	100	96(SB)	110	112(SB)	120
	R _{Hmin} og Dimensjoneringsklasse						
Norge (N)	4227 H4	6348 H5	13691	H8	22447		33165
Storbritannia (SB)	5500	-	-	10000	18200		-

Tabell 33 R_{V h, min} -verdier for Norge og Storbritannia

Opp til 4% stigning er tillate for M (motorveg), medan for AP (All Purpose) kan opp til 8% tillatast med grunnlag i kost-nyttevurdering. Minste stigning er i flg. Pgr 4.3 på 0,5% og gjeld med omsyn til avrenning av overflatevatn.

2.17.4 Forbikøyring

Forbikøringsfelt er omtalt i DMRB V6 S1 P1 Kap 5 (2002) og er beskrive som aktuelt frå ÅDT 6.000 ved 2% stigning over meir enn 500 m for vanleg 2-felts veg og ved 3% for møtefri veg. Minste feltlengde med full breidde er 500 m mot 800 m i Norge. Britisk 2+1-veg er utan midtrekkverk, og norsk H5-klasse har dermed ikkje britisk samanlikningsgrunnlag når det gjeld forbikøyring.

2.17.5 Tverrprofil

Som nemnt tidlegare, fins inndelinga i vegklasser i DMRB V5 S1 P3, Tab 2-1 (1997). Standard tverrprofil fins i DMRB V6 S1 P2 (2005) og 4 (2012). Anbefalt utforming av tverrprofil til og med veggroft for landevegar er beskrive i DMRB V6 S1 P1, Kap 6 Tab 4 (2002).

Tabellen nedanfor viser norske køyrefelt som er inntil 0,15 m smalare enn britiske. Norsk og britisk skulder og midtdelar er like med unntak av H8 og DA2P. Sjølv om britiske tverrprofil brukar AADT₀ mot norske ÅDT₂₀, går dei britiske vesentleg høgare i ÅDT enn norske.

Dimensjoneringsklasse	H4	S2 (SB)	H5	H5 2+1	WS2+1 (SB)	H8	D2AP (SB)
ÅDT ₂₀ (N) og ÅDT ₀ (SB)	4000-6000	-13000	6000- 12000		6000-27000	12000-20000	11000-39000
Midtrekkverk	-	-	ja	ja	-	ja	ja
Midtdelar [m]	1,00	-	1,00	1,00	1,00	2,00	2,50
Indre skulder [m]	-	-	0,75	0,75	-	0,50	1,00
Køyrebane [m]	3,5	3,65	3,50	2x3,25 og 1x3,5	3x3,5	3,50	3,65
Ytre skulder [m]	1,00	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	1,00
Tal køyrefelt	1+1	1+1	1+1	2+1	2+1	2+2	2+2
Vegbreidde [m]	10		12,5	14,75	13,50	20,00	22,10

Tabell 34 Køyrebane- og skulderbreidde for Norge og Storbritannia (SB)

Maksimal overhøgde i horisontalkurve er 7% for landeveg. Samanhengen mellom radius R_h for horisontalkurve og overhøgde frå 50 til 120 km/t er gitt i DMRB V6 S1 P1, Kap 3 Figur 5 (2002).

2.17.6 Sideterreng

Krav fins i DMRB V6 S1 P2, Kap 4, 5 og 6 (2005).

Randsone (Verge) mellom skulderkant og sideterreng skal innehalde plass til eit evt. rekkverk (VRS) med tilhøyrande utbøyingsrom og her skal det ikkje finnast konstruksjonar, kfr Pgr 4.7.3 og 6.3.1.

Minste randsone-breidde for Single og Dual AP er 2,5 m i flg. Fig 4-3a. Medrekna skulderbreidda vert det 3,5 m frå køyrebane kant og ut til mogeleg sidehinder. Dette er vesentleg mindre enn den norske sikkerheitsavstanden på 6,0 eller 10,0 m for 90 km/t og ÅDT hhv. på 4.000 og 10.000 kjt/døgn.

2.18 Oppsummering

Teorigjennomgangen her er avgrensa til geometrisk utforming av veg med fartsgrense 80 km/t eller høgare.

Gjeldande formelverk for geometrisk linjeføringar er utleia ved køyredynamiske betraktningar. Fart påverkar alle linjeføringsparameterane med unntak for minste resulterande fall, og det vert gjeve sikkerheitstillegg for fart og friksjon ved fastsetting av kurvaturkrava.

Horisontalradius, sikt og vertikalradius lavbrekk er 2.gradsfunksjonar av fart medan vertikalradius høgbrekk er ein 4.gradsfunksjon av fart. I tillegg gjeld at når horisontalradius vert bestemt av sikt krav, vert dette også ein 4.gradsfunksjon av fart. Som kjent vil slike 4.gradsfunksjonar vekse hurtigare og dermed få større verknad av endra fart enn det ein tilsvarande 2.gradsfunksjon får.

Empiri viser at fart påverkar tverrprofilutforminga til vegen. Det er påvist at auka vegbreidde reduserer tal trafikkulukker og det same gjeld skulderbreidda, medan verknaden av køyrefeltbreidda er mindre eintydig. Det er også påvist at midtdelar og midtrekkverk reduserer tal personskaedulukker.

Empiri viser at fart også påverkar utforming og breidde på sidearealet til vegen.

Vidare medverkar fart ved utforming av og val av type kryss og fart bestemmer også standard og tverrprofilutforming av bru og tunnel. Tverrprofilet for bru innanfor ytre skulderkantar samsvarar med tverrprofil for veg. Derimot er det noko ulike krav til tverrprofil mellom tunnel og veg i dagen.

Samanlikninga mellom norsk og svensk, dansk og britisk regelverk viser fleire skilnadar landa i mellom. Samanlikninga gjeld geometrisk linjeføring og utforming av tverrprofilet og sideterrenget, medan kryss, bru og tunnel ikkje er med.

Dei norske sikkerheitstillegga for fart og friksjon ligg høgast i denne samanlikninga. Sverige har tillegg for fart men ikkje for friksjon, Danmark berre for fart når det gjeld sikt og Storbritannia opplyser ikkje om dette direkte.

Gjennomgangen av linjeføringsparameterane viser at Norge i varierende grad ligg over dei andre landa sine krav når det gjeld kurvatur, unnateke for vertikalkurve høgbrekk der dei norske krava ligg høgast. Utrekningane som er gjort av minimumsverdiar for desse parameterane i dette kapitlet, er gjort med grunnlag i norsk regelverk og for to ulike sikkerheitsnivå.

Når det gjeld forbikøringsikt er dei norske krava mellom dei svakaste, medan dei er dei strengaste for stoppsikt.

Når det gjeld tverrprofilutforming ligg Norge og Sverige nokså likt, men svenske krav til midtrekkverk gjeld ved 100 km/t. Danmark har noko breiare køyrefelt og ytre skulder enn Norge og deira krav til midtrekkverk gjeld for fartsgrenser over 100 km/t. Storbritannia har også noko breiare kjørefelt, men smalare skulder enn Norge.

Norge har størst tillatne overhøgde og samtidig det strengaste kravet til resulterande fall.

Utan at det gir nokon eintydig konklusjon, ligg svenske og danske krav til utforminga av sideterreng over dei norske når det gjeld breidda på sikkerheitssona i flatt terreng, medan dei britiske krava ser ut til å ligge noko under.

Svenske og danske krav til forbikøringsikt er høgare enn norske, medan britiske krav er samanfallande med norske.

Når det gjeld krav til forbikøringstrekningar på 2-feltsveg med midtrekkverk, ligg dei svenske krava over dei norske. Danmark og Storbritannia har ikkje midtrekkverk for mindre enn 4-felts veg.

3 Metode

Metodebruk i denne oppgåva omfattar både litteratursøk, lokalisering og prosjektering av vegalternativ og analyse av kostnad og nytte ved å velje eit av desse alternativa.

Litteratursøket er avgrensa til å finne relevant regelverk for aktuelle land på deira myndigheiter sine heimesider. I tillegg er det søkt etter forskningslitteratur omkring utforming av tverrprofilen. Her er det dels teke utgangspunkt i referansar i TØI si Trafikksikkerheitshandbok og dels er det søkt meir direkte, vesentleg hos SINTEF, VTI og TRB.

Prosjekteringsmetode og –verktøy vert omtalt kort nedanfor. Analyse av kostnad og nytte vert deretter omtala noko meir detaljert.

3.1 Prosjektering av linjer og vegmodellar

I caset som er presentert i Kap. 4, er det ikkje arbeidd med å finne nye mogelege alternativ på den parsellen som er vald. I staden er alternativa som fins i arealdelen i ein eksisterande kommuneplan nytta som utgangspunkt. Arbeidet er avgrensa til å prosjektere linjeføring og bygge vegmodellar for dei ulike alternativa. Dette konstruksjonsarbeidet er gjort frå grunnen av utan anna støtte frå kommuneplanen enn å nytte alternativa slik dei er viste i planrapportane sine kart. Handbok N100, tabell C.2 sine minimumsverdiar for linjeføringsparameterar er brukt for aktuelle dimensjoneringsklasser og fartsgrenser her. For høgare fartsgrenser enn dette, er det nytta dei verdiane som er utrekna i Kap. 2.

Metodikken for konstruksjon av kurvatur og tverrprofil er ikkje ein del av denne oppgåva, men nokre reglar for bruk av kurvatur og tverrprofil i vegutforminga er så vidt nemnt i teorikapittelet.

Prosjekteringsverktøya for dataassistert konstruksjon (DAK) som fins i marknaden i dag, har funksjonar som i betydeleg grad gjer arbeidet med å tilpasse vegen med omgjevnadane til ein iterasjonsprosess der rekneoperasjonane vert utført av verktøyet. Senterlinje og vegmodell vert konstruert gjennom ein stegvis prosess der steg 1 er å modellere senterlinje, steg 2 å modellere eventuelle andre støttelinjer og avgrensingslinjer medan steg 3 er vegmodellering. Denne prosessen må oftast gå gjennom fleire runder eller iterasjonar, for å kome fram til ei god løysing. Sjølve konstruksjonen skjer medan ein digital terrengmodell er tilkopla og denne terrengmodellen kan i tillegg til å vise topografi og infrastruktur, innehalde geologisk kart i form av djupne til og mektigheit av ulike lag i grunnen.

Prosjekteringsarbeidet er gjennomført med bruk av NovaPoint 18.30 som er eit DAK-verktøy for prosjektering av teknisk infrastruktur, mellom anna veg. Utviklingshistoria til modulane for konstruksjon av både senterlinje og vegmodell er knytt til Statens vegvesen og Sintef, men verktøyet har vore eigd og marknadsført av eit privat firma i lang tid.

3.2 Metodikk for lokalisering og val av alternativ

Eit vegalternativ er her definert ved ein bestemt trace som vert kombinert med ein bestemt dimensjoneringsklasse og ei bestemt fartsgrense. Traceen er definert ved ei senterlinje som inneheld vegen sin horisontal- og vertikalkurvatur. Dimensjoneringsklassen inneheld krava til geometrisk utforming av vegen.

Generelt gjeld det at føremålet med lokaliseringsarbeidet er å finne moglege vegalternativ innanfor dei avgrensingane som fins i naturgjevne og menneskeskapte rammevilkår i planområdet og innanfor dei rammevilkåra som samfunnet elles stiller gjennom gjeldande regleverk, vedtak og planer. Val av alternativ vert deretter å finne det som slår best ut for effektiv transport, trafiksikkerheit, miljøvenlegheit og tilgjengelegheit.

Denne oppgåva gjeld føresetnadar for og konsekvensar av høge fartsgrenser. Som vist i teoridelen, betyr høgare fart stivare linjeføring. Ved høgare fart vert tverrprofilutforminga meir omfangsrik samtidig som terrengtilpassinga til vegen som oftast minkar. Begge desse to faktorane bestemmer i stor grad bygge- og driftskostnaden for vegen.

Dei ulike traceane sine linjeføringar er tilpassa noko ulike fartsgenser. Sidan vegstandarden stig med stigande fartsgrense, kan det vere nærliggande å gjere samanlikningar av alternativ etter ei inndeling som følgjer trinvis stigande fartsgrense. Kort fortalt er det valt å gjere samanlikningane slik:

For å gjere ei best mogleg nøyaktig vurdering, må det finnast eit referansenivå. Dette medfører at konsekvensane alle traceane først burde vore vurderte for den same dimensjoneringsklassen. Deretter måtte kvar trace vurderast for andre aktuelle klasser. Men alle kombinasjonane av aktuelle tracear og dimensjoneringsklasser utgjer ei stor mengde alternativ og ein del av desse alternativa har heller ikkje reell interesse. For å avgrense talet på alternativ er det difor først vurdert tracelengder, nærføring til og inngrep i busetnad, næring, andre arealinteresser og vassdrag i tillegg til omfanget av særleg kostnadskrevjande element som bru og tunnel. Dei traceane som står att er så prosjektert for dei dimensjoneringsklassene som er aktuelle. Også her er det gjort ei vurderinga av omfanget av kostnadskrevjande element, slik at den mest kostnadskrevjande traceen berre er prosjektert for den høgaste dimensjoneringsklassen.

Denne grovsorteringa inngår som eit første trinn i denne oppgåva, medan trinn to vert den vidare kost-nyttevurderinga der utrekningane er utført med dataverktøyet EFFEKT. Inngangs- og resultatdata frå EFFEKT er dokumentert i vedlegg 2. Valde tracear og alternativ er presentert i Kap 4.

3.3 Nytte og kostnad

I denne oppgåva vert det gjort ei enkel nyttekostnadsanalyse for å rangere dei alternativa som vert definerte. Ein slik analyse er ein av fleire deler i utgreiinga av konsekvensane for eit tiltak som er under planlegging og for vegsektoren gjeld handbok V712 Konsekvensutgreiingar (Statens vegvesen, 2014i) i slike arbeid.

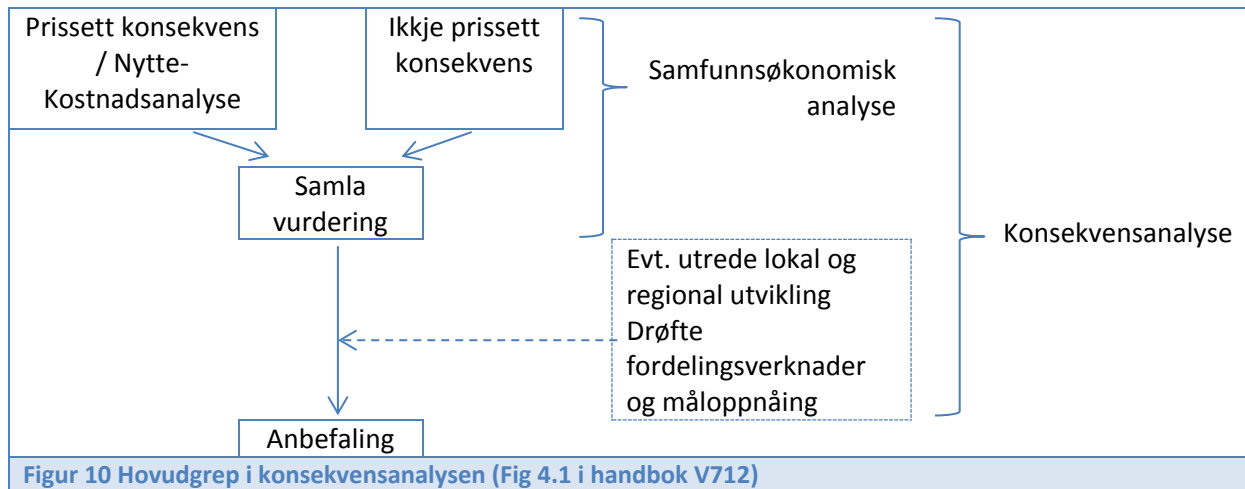
Samfunnsøkonomisk analyse / nyttekostnadsanalyse er ikkje omtalt tidlegare. Nedanfor følgjer difor ein noko meir omfattande gjennomgang av denne metodikken.

3.3.1 Konsekvensanalyse

I handbok V712, Kap 4 (2014i) er metodikken for Kost-Nyttevurderingar utgreidd. Slik metodikk er vanleg i bruk til denne typar planoppgåver, også i det kommuneplanarbeidet som alt er gjennomført.

Den samfunnsøkonomiske analysen er ei samla vurdering av prissette og ikkje prissette konsekvensar ved å gjennomføre eit tiltak. Konsekvensanalysen er den samfunnsøkonomiske analysen med tillegg av evt utredning om regional utvikling og drøfting av fordelingsverknadar og måloppnåing.

Denne strukturen kan kallast hovudgrepa i ein konsekvensanalyse og kan framstillast skjematisk som vist nedanfor.



Konsekvensane for kvart alternativ vert målt som endring i forhold til Alternativ 0. Analysen skal resultere i ei anbefaling om val av tiltak eller løysing.

I denne oppgåva vert berre dei prissette konsekvensane analysert. Men for samanhengen si skuld vert dei ikkje prissette kort omtala.

3.3.2 Nyttekostnadanalyse

Odeck beskriv analysen av prissette konsekvensar som «en systematisk vurdering av alle relevante fordeler og ulemper, som et tiltak vil føre til i netto for samfunnet. Prissatte konsekvenser vert beregnet som kvantifiserte endringer målt i kroner. Verdien av endringene settes lik samfunnet sin betalingsvilje som igjen er lik summen av individene sin betalingsvilje» (Odeck, 2012).

Sidan det er endringane som vert målt, må det alltid definerast eit 0-nivå eller eit 0-alternativ å måle endringane i høve til. I følgje handbok V712, kap 4.4 (2014i) skal dette alternativet ta utgangspunkt i dagens situasjon, det skal innehalde nødvendige vedlikehaldskostandar for analyseperioden og det skal inkludere alle relevante planer som betyr noko for det aktuelle tiltaket.

Tidspunktet for når prissette konsekvensar oppstår vert vektlagt slik at ei krone i dag har høgare verdi enn ei krone om ti år. Noverdien av framtidig nyttekostnad vert såleis rekna ut etter ei fastsett kalkulasjonsrente gjennom såkalla diskontering.

I følgje handbok V712 vert dei ikkje prissette konsekvensane vurdert ut frå området sin verdi og tiltaket sitt omfang. Her vert verdien sett ut frå politisk vedtekne nasjonale mål gjennom ei lukka fagleg vurdering. Måleskalaen er ni-delt frå fire + via 0 til fire -.

Inngrep i verdiar som vil gå tapt for alltid kan ikkje tilleggast lågare vekt for framtidige generasjonar enn for dei som lever i dag. Dette gjeld for fleire ikkje prissette konsekvensar og vert teke omsyn til i metodikken som vert nytta i slike vurderingar.

Hovudomgrepa i samfunnsøkonomisk analyse er lista opp nedafor.

Prissette tema	Ikkje prissette tema
- <u>nytte</u> om fordelar ved eit tiltak	- <u>positiv konsekvens</u> om fordelar ved eit tiltak
- kostnad om ulempe	- <u>negativ konsekvens</u> om ulempe
- <u>netto nytte</u> eller netto noverdi om differansen mellom nytte og kostnad	- <u>samla vurdering</u> om differansen mellom positive og negative konsekvensar
- <u>samfunnsøkonomisk lønsemd</u> dersom netto nytte viser seg å vere positiv	

Figur 11 Omgrep for verdifastsetting i samfunnsøkonomisk analyse (Ref kap 4 i handbok V712)

I handbok V712 vert den samfunnsøkonomiske analysen delt inn i tema slik figuren nedanfor viser.

Aktørar	Tema	Form
Trafikant og transportbrukarar	Trafikant- og transportbrukarnytte	Prissett
Operatørar	Operatørnytte	
Det offentlege	Budsjettverknad	
Miljø og samfunn for øvrig	Trafikkulykker	Ikkje prissett
	Restverdi	
	Skattekostnad	
	Støy og luftforureining	
	Landskapsbilde	
	Nærmiljø og friluftsliv	
	Naturmangfald	
	Kulturmiljø	
	Naturressursar	

Figur 12 Tema i den samfunnsøkonomiske analysen (Fig 4.2 i handbok V712)

Dataverktøyet EFFEKT reknar prissette konsekvensar og presenterer i tillegg resultatdata for trafikk, ulukker og miljø. Utrekningar kan gjerast for fartsgrenser opp til og med 110 km/t

3.3.3 EFFEKT

Nyttekostnadsanalysen er utført med dataverktøyet EFFEKT versjon 6.54. I tillegg til å gje resultat basert på inngangsdata, kan EFFEKT utføre følsamheitsanalyser for dei alternativa som er definert. Slike analyser viser korleis endring i byggekostnader og eller endring i trafikkmengder verkar på resultatet.

Data som trengs for utrekningane i EFFEKT kan leggest inn manuelt eller importerast frå fleire kjelder. Kartdata kan hentast via GIS-verktøy og veg- og trafikkdata kan hentast frå NVDB. Konstruerte veglinjer kan importerast frå NovaPoint-filer. Transportmodellar kan levere data enten direkte tilkobla eller via eksport. Miljødata kan hentast frå VSTØY/VLUFT og frå databasar for meteorologi (NMI) og energi og klimagass.

Det kan veljast mellom fire ulike prosjekttypar der type 1 og 4 er utan tilkobla transportmodell. Her vert type 1 brukt. Prosjektdata omfattar økonomi, trafikk og grensepunkt og innanfor eit prosjekt kan det definerast fleire vegnett. Vegnettsdata omfattar knutepunkt, lenker og køyreruter der køyrerutene mellom knutepunkta kan gå via ulike lenker. Knutepunkta kan definerast som ulike krysstyper eller som reine punkt. Sidan det kan definerast fleire ulike køyreruter mellom bestemte knutepunkt, er det i dei fleste tilfelle tilstrekkeleg å definere eit prosjekt for å få med alle aktuelle alternativ.

Brukergrensesnittet til dette verktøyet er i liten grad grafisk, og arbeidsgangen som er anbefalt for å bygge vegnettmodellar bør følgjast dersom arbeidet skal gå rasjonelt. Til gjengjeld er menyane og

hjelp-funksjonen oversiktlege å navigere i. Vedlikehaldjournalar og brukarvegleiingar for EFFEKT er gitt ut i samband med nye programversjonar (Statens vegvesen, 2008a) og (Statens vegvesen, 2008b).

3.4 Oppsummert

Gjennomgangen ovanfor har i stor grad omfatta metode for kostnytteanalysen. I tillegg er metodikken for utveljing av alternativ omtalt, medan prosjekteringmetodikken er lite berørt. Prosjekteringsføresetnadane og føresetnadane for nyttekostnadsanalyse vert omtalt i det neste kapitlet.

4 Casestudie E39 parsell Moskog-Vassenden

I dette kapittelet vert ein parsell av E39 i Sogn og Fjordane presentert som case for å prøve ut løysingar som held krava til geometrisk vegutforming ved høge fartsgrenser. Løysingane er henta frå arbeidet med ein eksisterande kommuneplan og det neste kapittelet viser korleis desse løysingane faktisk held krava.

I caset er det først prosjektert fleire tracear som kombinert med ulike vegstandardar gir fleire ulike alternativ. Deretter er desse alternativa målt på ulike parameterar og så samanlikna etter bestemte kriteria for å finne beste nytte i høve til samla kostnad.

I caset er det fokusert på

hovudvegen. I tillegg er det vist eit eksempel på utforming av kryss. Løysingar for sidevegar er ikkje diskutert. Det er heller ikkje undersøkt andre løysingar for hovudvegen enn dei som kommuneplanarbeidet har dokumentert, sjølv om slike løysingar fins.

4.1 E39 gjennom Sogn og Fjordane

Ei mogleg nedkorting av reisetida frå 20 til 13 timar på E39 mellom endepunkta Kristiansand og Trondheim betyr ei vesentleg sterkare sambinding av heile Vestlandet. Føresetnaden er ferjefrie fjordkryssingar og ein gjennomgåande god vegstandard med fartsgrense 90 – 100 km/t mot 60-70 km/t køyrefart som for stor grad er tilfelle i dag (Ferjefri E39, 2012). Kartet i Figur 13 viser at det var gjennomført 10 konseptvalutgreiingar (KVU) for E39 ved utgangen av 2012. Ein KVU kan i flg V712, Kap 2.2 (2014i) beskrivast som ein analyse av transportbehov og andre samfunnsbehov og vurdering av ulike prinsipielle måtar å løyse behova på.

Standarden på E39 gjennom Sogn og Fjordane vert karakterisert som spesielt dårleg frå mange hald, mellom anna i prosjektet for ferjefri E39. I motsetning til strekninga Skei - Ålesund var KVU-en for Lavik-Skei gjort ferdig før ferjefri-prosjektet formulerte sine mål. At desse føringane mangla, kjem til syne i dei standardvala som ligg til grunn for ein del av dei planlagde tiltaka som skal gjennomførast



for Lavik-Skei dei komande åra. Med unntak av Langeland – Moskog og Moskog – Vassenden er det valt kurvatur og standard tilpassa 80 km/t og i stor grad utbetningsstandard på desse parsellane.

4.2 Parsellen Moskog – Vassenden

Denne parsellen startar ved kommunegrensa mellom Førde og Jølster ved Moskog og endar på Vassenden ved Jølstravatnet. Parsellen måler om lag 10 km langs eksisterande veg, medan den kortaste av ein



Figur 14 Kart E39 Førde-Vassenden (Kartverket, 2015)

del utgreidde alternativ er på 8,9 km. I kommuneplanen som vart vedteken i 2014, er det lagt til grunn ny veg med god og framtidretta kurvatur for Moskog – Vassenden.

4.2.1 Landskap og aktivitet i planområdet

Parsellen er valt som case for denne oppgåva fordi området har eit landskap som gjev tilstrekkeleg plass til at også ei stiv veglinje som er tilpassa høge fartsgrenser i stor grad kan få opphalde seg i dagen. Dalføret på denne strekninga er U-forma og er samtidig prega av tverrgåande former som gjer det tilstrekkeleg kupert til å representere ein del av eigenarten til Vestlandet. Området har elva Jølstra som eit vesentleg element. Grunnforholda er prega av morene og av fjell i dagen. Dalsidene er bratte og skogkledde med innslag av ur langs fjellfoten. Arealutnyttinga er dels tradisjonelt jordbruk og næring elles er småindustri og servicefunksjonar. Utanom gardstuna er busetnaden i hovudsak samla i fleire felt langs den austre halvdelan av parsellen. Offentlege funksjonar på Vassenden omfattar barnehage og skule medan ei golfbane og eit skianlegg er fritidstilbod som legg beslag på ein del areal. Den vestre delen av parsellen er prega av utmark og jordbruk, medan den austre inneheld dei andre føremåla som er nemnde ovanfor i kombinasjon med jordbruk. Meir utførleg omtale fins i rapporten for alternativsøket til kommuneplanen (Myrmel, 2014).

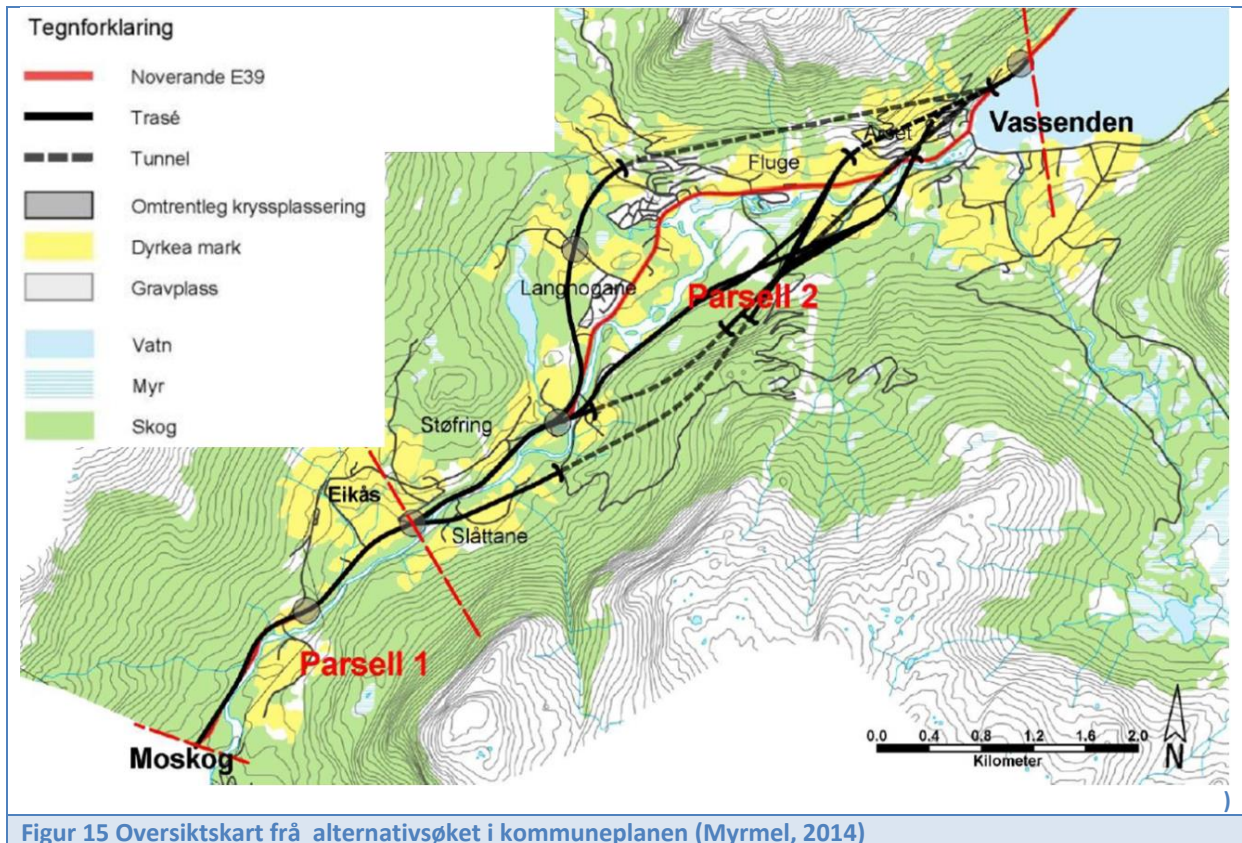
4.2.2 Kommuneplanarbeidet sin historikk

I 2013 engasjerte Statens vegvesen seg i Jølster kommune sitt revideringsarbeid med kommuneplanen sin. Vegvesenet gjorde dette fordi arealdelen i denne planen gjev høve til å sikre tenlege tracear for E39 på strekninga Moskog-Vassenden. Engasjementet omfatta stønad til å gjennomføre alternativsøk med konsekvensvurderingar og kost-nyttevurdering av aktuelle vegalternativ. Men engasjementet omfatta ikkje aktiv medverknad i planarbeidet elles, når ein ser bort frå uttale til dei framlegga som vart presenterte. Resultatet av alternativsøket vart lagt fram i mai 2014 og her vart karakteristiske trekk for planområdet og moglege lokale verknadar av vegalternativa utgreidde.

Arealdelen vart presentert og lagt ut til høyring i august og vart vedteken av kommunestyret i desember 2014. I det alternativet som er valt, er det lagt vesentleg vekt på å unngå inngrep i

busetnad og jordbruks- og anna næringsareal så vel som i vassdrag og natur- og kulturlokalitetar. Resultatet er at der dette alternativet ikkje følgjer dagens veg, ligg det i betydeleg grad i tunnel.

Det nemnde alternativsøket i kommuneplanarbeidet resulterte i alt i 7 alternativ og desse er vist i Figur 15 nedanfor. I [Kap 4.6](#) viser Figur 18 korleis desse alternativa er brukt vidare i denne oppgåva.



4.3 Avgrensingar av case

Når det gjeld vegutforming er case avgrensa til å gjelde kurvatur og tverrprofil for ein del av dei alternativa som er skissert for hovudvegen i kommuneplanarbeidet. Kryssutforming er skissert for eit kryssområde. Behov for sekundærvegar er så vidt kommentert men løysing er ikkje vist. Konsekvensar er avgrensa til å gjelde ei enkel nyttekostnadsanalyse.

4.4 Prosjektering og datagrunnlag

Som tidlegare nemnt er linjeføringa og vegmodellane konstruert på nytt med støtte i kommuneplanen sinealternativ. Kartdata er henta frå Statens vegvesen sine databasar.

4.4.1 Prosjekteringsomfang og detaljeringsgrad

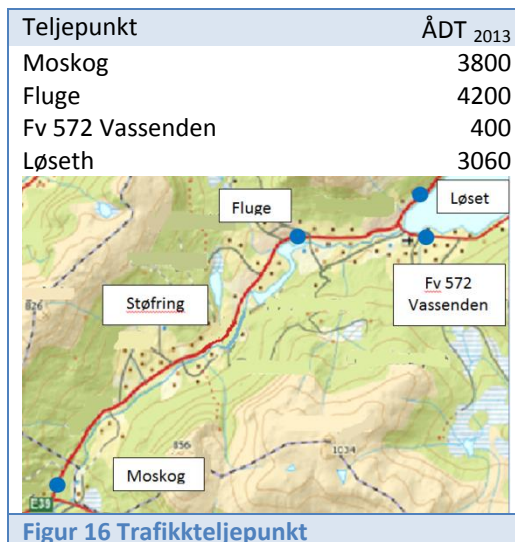
Detaljeringsgraden er som for ein kommunedelplan, noko som betyr at linjeføring og tverrprofil er prosjektert i form av senterlinjer og vegmodellar. Meir detaljert utforming som til dømes plassering og utstrekning av rekkverk eller grøfteutforming ved høge fjellskjæringar er ikkje teke med. Heller ikkje endeavslutning med svingradiar av sideveg i kryss, eller terrengtilpassa utforming av vegen sitt sideareal utover det som gjeld omsyn til stabilitet ved normale grunnforhold. Bru og tunnel er plassert ut frå visuell vurdering av terreng i lengdeprofil og kart og med støtte i tema geologi i kommuneplanen sin rapport om alternativsøk. Meir nøyaktig plassering skjer i seinare planfaser med

grunnlag i nærare vurderingar av mellom anna flaum, grunnforhold / bergtype og –formasjon. Då må også ekstra grøftebreidde for mottak av nedfall vurderast der det er høge skjæringar.

Oversikts-, plan- og profildeikningar fins i vedlegg 3.

4.4.2 Trafikkmengder

Registreringar i 2013 i planområdet er vist i Figur 16. Det er gjort ei fordeling av trafikk på eksisterande og nytt vegnett som vist i Tabell 39, Tabell 40 og Figur 25 under Nytte- Kostnadsanalysen lenger ute i dette kapitlet. Utrekningane er gjort i excel. Valt prognose for trafikktutvikling i perioden 2014 – 2045 er i samsvar med standard prognose i EFFEKT. Her vert det ikkje rekna nyskapt trafikk grunna ferjefri E39. Sidan det er avgrensa trafikkvekst, vert ÅDT₂₀₁₃ nytta for startåret.



4.4.3 Trafikkulukker og fartsgrenser

Data for personskadeulukker frå vegdatabanken (Statens vegvesen, 2014e) er importerte til EFFEKT. Fartsgrense er 50 km/t frå Vassenden til Støfring og 70 km/t vidare mot Førde. Frå Vassenden mot Skei er fartsgrensa 80 km/t.

4.5 Føringar i vegnormalane og i overordna planverk

I flg. handbok N100, kap. A.1 (2014a) er det ei målsetting ved fastsetting av dimensjoneringsklasse «at standarden langs en strekning er lesbar og ensartet og ikkje skifter for ofte». Men standarden skal i flg. Kap. A.4 også vær tilpassa lokale forhold. Det tilseier at valet av standard må avklarast på overordna nivå gjennom rutevise planer eller nettvurderingar. I flg. Kap. A.2 vert standard og utforming til vegen i stor grad bestemt av transportfunksjon og transportformer saman med fartsgrenser, trafikkmengder og omgjevnadar.

Ferjefri E39 sin hovudrapport i desember 2012 (Statens vegvesen, 2012) gav mellom anna ein del føringar for val av vegstandard. «Ein føresetnad for målet om reistidsinnkorting på 9 timar mellom endepunkta Kristiansand og Trondheim på E39, er ferjefrie fjordkryssingar og ein høg og framtidretta standard på romkurvaturen der det vert bygt ny veg. Dette betyr at vegstandarden må hevast frå 60-70 km/t køyrefart i dag til fartsgrense 90-100 km/t.» . Desse føresetnadane er no tekne inn i arbeidet med Nasjonal transportplan (NTP) for 2018 – 27 og sikrar dermed at desse føresetnadane ligg fast (Statens vegvesen, 2015b).

4.6 Parsellinndeling, tracear og alternativ

I kommuneplanen til Jølster er parsellen E39 Moskog – Vassenden delt inn i to delparsellar. Som nemnt tidlegare, konkluderte søket i kommuneplanarbeidet med fleire alternativ. Topografien i området gir også høve til å velje andre alternativ med stiv linjeføring, men for avgrensinga si skuld er det valt å halde seg til desse i denne oppgåva.

På delparsell 1 Moskog – Eikås / Slåtten følgjer alle alternativa i hovudsak eksisterande veg, medan alle alternativa unnateke alternativ 0 ligg utanfor dagens veg på delparsell 2 Eikås / Slåtten – Vassenden. Minimumskurvaturen er i samsvar med gjeldande krav i handbok N100 og kurvaturen til dei ulike alternativa toler ulik for fartsgrense mellom 80 og 120 km/t.

4.6.1 Tracear og kryssplasseringar

Som nemnt er parsellen delt inn i to delparsellar, sjå Figur 18. På del 1 (Moskog – Eikås / Slåtten) følgjer alle traceane i hovudsak eksisterande veg, medan alle traceane unnateke trace 0 ligg utanfor dagens veg på delparsell 2 (Eikås / Slåtten – Vassenden). Traceane er nummererte 0, 1, 2, 3 og 4 som vist på Figur 18.

Trace 0 går langs eksisterande veg.

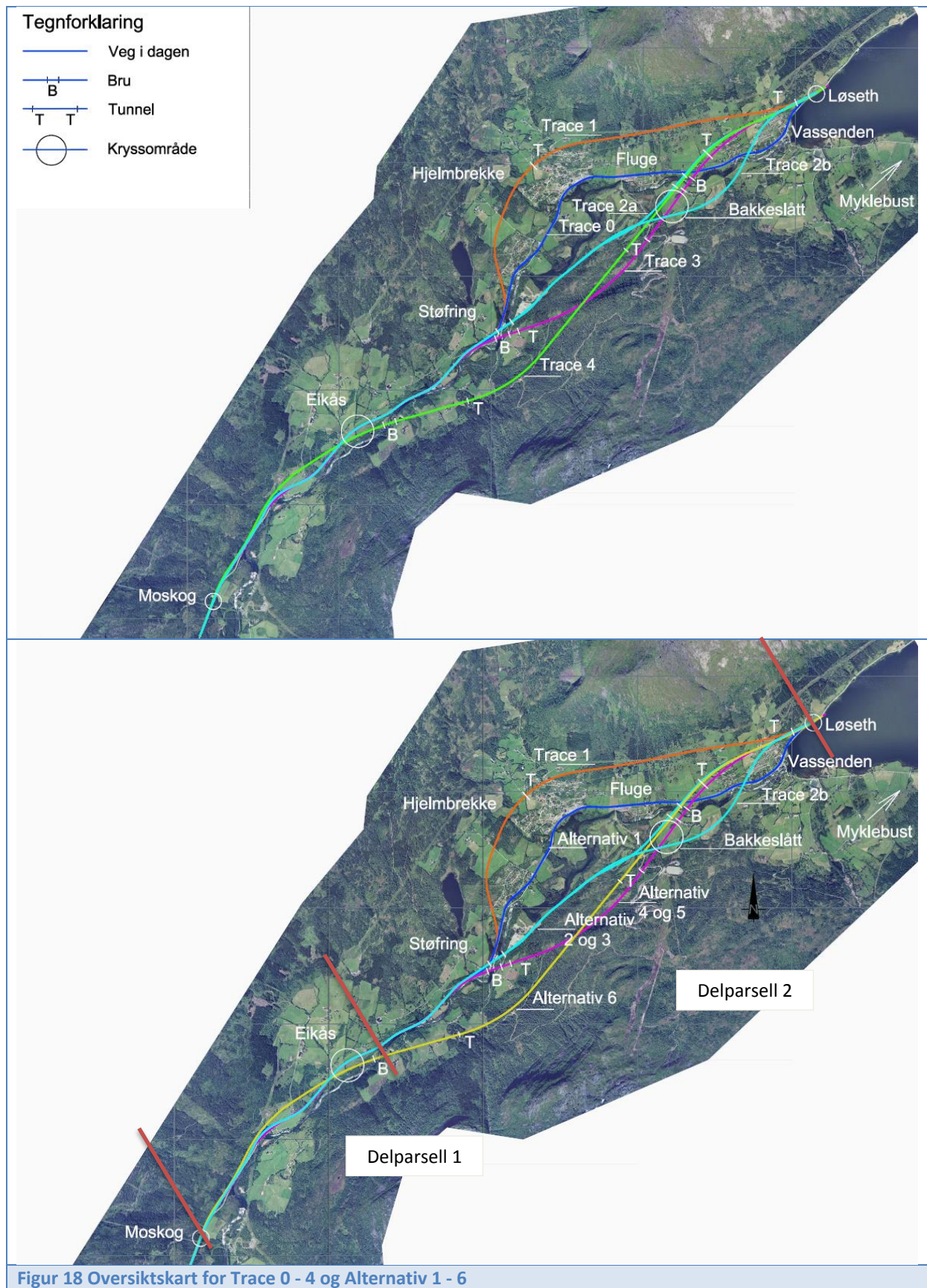
Trace 1 ligg nord for eksisterande veg mellom Støfring og Vassenden og har lang veg og tunnallengde.

Trace 2 er mest rettlinja med kortast lengde og kortast tunnel og ligg sør for eksisterande veg. Trace 2 har ei underopdeling a og b, der b også kan nyttast både for trace 3 og 4.

Trace 3 går i tunnel i kurve sør for ein del av trace 2 og har litt større lengde enn trace 2.

Trace 4 går for det meste utanom eksisterande veg, har lengs tunnallengde og går lengst sør av alle.

I denne oppgåva er det plassert kryss på Eikås og på Bakkeslått. Det er ikkje vist løysingar for Eikås, men på Bakkeslått som ligg nærmast Vassenden er det vist løysingar både for eit T-kryss og for eit planskild ruterkryss. Dette er gjort for å kunne samanlikne arealinngrep og mengder ved bygging. Dei to løysingane er vist for Trace 2a (Alternativ 2 og 3, sjå Figur 39 på side 62).



4.6.2 Alternativa

Begrepet «Alternativ» slik det vert brukt vidare utover i denne oppgåva er definert i Kap 3.2. Som nemnt der kan det vere nærliggande å gjere samanlikningar av alternativ etter ei inndeling som

følgjer trinvis stigande fartsgrense, fordi temaet gjeld føresetnadar for og konsekvensar av høge fartsgrenser for vegutforminga. Val av alternativa vert grunngjeve her. Meir detaljert om krav til vegstandard som gjeld, går fram av Kap 4.7.

Med grunnlag i føringane for minimum vegstandard på E39 er det valt å gjere samanlikninga ut frå dimensjoneringsklasse H5. H5 vert nytta for dei traceane som held fartsgrense mellom 90 og 100 km/t.

I tillegg er ei full oppgradering av eksisterande veg til dimensjoneringsklasse H4 interessant for å vise kva lågare vegstandard medfører.

H5 og 1-løps tunnel avgrensar fartsgrensa til 80 km/t. Ved H5 og 2-løpstunnel kan fartsgrense 90 km/t nyttast. Ved høgare fartsgrenser enn 90 må standarden aukast og dermed kjem H8 inn på dei traceane som held mellom 100 og 120 km/t. Avgrensinga som er gjort i EFFEKT, gjer likevel at samanlikninga her stoppar ved fartsgrense 110 km/t.

7 ulike tracear og 3 ulike dimensjoneringsklasser vert i alt 21 alternativ å samanlikne mot kvarandre. Denne mengda er for stor å samanlikne her og det er heller ikkje alle som har reell interesse. I alt 6 ulike kombinasjonar er valt ut som vegalternativ som skal samanliknast.

Trace 1 har ein lang tunnel og større total lengde enn eksisterande trace. Trace 1 går dermed ut som alternativ.

Trace 2b er ein variant av 2a med ein sjølvstendig trace på delparsell 2 nærast Vassenden. Traceen har kortare tunnellengde men også trongare kryssområde enn 2a. Difor er 2b interessant i eit reelt alternativsøk. For å avgrense talet er trace 2b likevel ikkje teke med i denne oppgåva.

Tabellen nedanfor viser alternativa som er vurderte, sortert etter trace og fartsgrense. Deretter er dei ulike alternativa forklart nærmare.

Alternativ	0	1	-	2	3	-	4	5	6
Trace	0		1 ¹⁾	2a		2b ²⁾	3		4
Fartsgrense [km/t]	80 og 60		90	90*. 80 i tunnel	90*	90*	100*	100*	110**
Dimensjoneringsklasse	Eksist veg	H4		H5-1 løp tunnel	H5-2 løp tunnel		H5-2 løp tunnel	H8	H8
Veglengde [m]									
Veg i dagen	8987	8870	6420	7060		7705	5425		5090
Bru	20	30	20	350		350	320		300
Tunnel	-	-	2750	1050		475	2750		3180
Total veglengde [m]	9007	8900	9190	8460		8530	8495		8570
¹⁾ Går ut pga stor veg- og tunnellengde			²⁾ Variant av trace 2a						
* R _H på delparsell 1 er avgjerande				** R _{Vh} på delparsell 2 er avgjerande					

Tabell 35 Samanhengen mellom alternativ og tracear

Alternativ 0: Eksisterande veg skal vere samanlikningsgrunnlaget for dei andre alternativa, i flg handbok V712. Dette alternativet kjem dermed i tillegg til dei 6 andre.

Alternativ 1: Ei full oppgradering av trace 0 til dimensjoneringsklasse H4 er interessant for å vise kva ei utbygging av eksisterande veg til ein god standard medfører om ein ser bort frå føringane for minimum vegstandard på E39.

Alternativ 2: Trace 2a har minste total lengde, kort tunnel og har linjeføring for høg fartsgrense. I kombinasjon med H5 og 1-løps tunnel vert fartsgrensa 80 km/t.

Alternativ 3: Som Alternativ 2 men med 2-løpstunnel, vert fartsgrensa 90 km/t.

Alternativ 4: Trace 3 har samla like lang tunnel som trace 1, men har akseptabel total lengde og har linjeføring for høg fartsgrense. I kombinasjon med H5 og 2-løps tunnel vert fartsgrensa 90 km/t.

Alternativ 5: Som Alternativ 4 men med H8 vert fartsgrensa 100 km/t.

Alternativ 6: Trace 4 har lengst tunnellengde, akseptabel total lengde og den stivaste linjeføringa av alle.

4.7 Vegstandard

I denne oppgåva er standard avgrensa til å gjelde kurvatur og tverrprofil. Dessutan i noko grad sideterreng og kryss. I Kap 3.2 er det gjort greie for korleis det er valt å samanlikne ulike standard og alternativa er definert i Kap 4.6.2.

Inngangsparameterane for dimensjoneringsklasser i handbok N100 er fartsgrense og ÅDT. Dei registrerte trafikkmengdene ligg godt unna kapasitetsgrensene for dei dimensjoneringsklassene som er valt. Alle desse klassene gjeld avkøyrselfri veg. H4 held for fartsgrense 80 km/t, men ved fartsgrense 90 km/t stiller handbok N100 krav om møtefri veg som minst betyr H5-standard. For trafikkmengder under ÅDT 10.000, set handbok N500 krav om minimum 1-løps tunnel og 80 km/t. Dersom gjennomgåande fartsgrense skal være høgare, må H5 utstyrast med 2-løps tunnel. Kravet til trafikk avtek noko med aukande tunnellengde, utan at det får verknad for tunnelalternativa på Moskog - Vassenden. For høgare fartsgrense enn 90 km/t stiller handbok N100 krav om motorvegstandard, det vil seie minst H8-standard. Dette kravet gjeld i fgl handbok N100 for trafikkmengder frå ÅDT 12.000 og fartsgrense 100 km/t.

Ved årsskiftet 2014 – 15 er det stilt nye krav for H8 i NA- rundskriva 2015/2 og -3 (Statens vegvesen, 2015a, Statens vegvesen, 2015c). Desse krava vert ikkje teke med som dimensjoneringsgrunnlag her, men vert kommentert i Kap 6.4.

4.7.1 Kurvatur

Krava til minimumskurvatur for dei tre dimensjoneringsklassene H4, 5 og 8 er gjennomgått i [Kap 2](#), der det også er utrekna verdiar for fartsgrense 110 og 120 km/t. Nokre av desse krava og verdiane er attgjeve nedanfor. Oversikt over gjeldande minimumskrav til linjeføringsparameterar fins i tabell C2 i handbok N100.

Senterlinjene for kvart alternativ er konstruert i samsvar med prosjekteringstabellane i handbok N100 og med bruk av «NovaPoint, Linjekonstruksjon».

Dim.klasse			H4	H5	H8	Utrekna i teorikap		
Fartsgrense		[km/t]	80	90	100	110	120	
Parameter	R _H	[m]	300	450	700	860	1050	
	A _{min}	[m]	140	180	245	280	320	
	R _V høgbrekk	[m]	4400	6400	13600	22445	33165	
	L _S	[m]	145	180	255	330	400	For stigning= 0
	s _{max}	[%]	6	6	6	Brukar H8-krav		
	res.fall _{min}	[%]	2	2	2	Brukar H8-krav		

Tabell 36 Minimumskrav til sentrale linjeføringsparametarar

4.7.2 Forbikøyring

H5 vert i praksis mindre fleksibel når det gjeld forbikøyring enn andre klasser, fordi handbok N100 sitt minimumskrav er ei strekning på 1 km lengde pr 10 km veg så lenge trafikkmengda ligg under ÅDT 8.000. Ei slik strekning kan plasserast som 3-felts veg på delparsell 1 med ei forbikøyringsretning før og etter kryssplasseringa på Eikås.

4.7.3 Bru og tunnel

Plassering og lengder vert vurdert ut frå kart og vegprofil i tillegg til opplysningar om geologi og flaumstorleikar i kommuneplangrunnlaget. Profila som vert nytta er vist i Kap 4.7.4.

4.7.4 Tverrprofil

Tabellen nedanfor viser korleis tverrprofilane for H4, H5 og H8 er nytta på dei ulike alternativa. Dette er også så vidt nemnt i Kap 4.6.2.

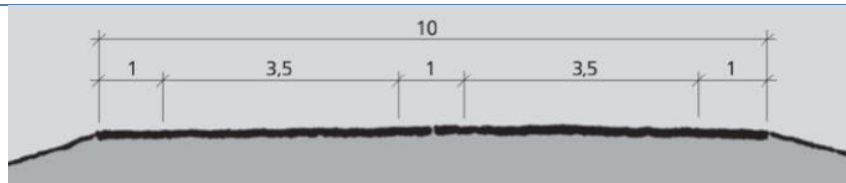
Alternativ	0	1	2	3	4	5	6
Trace	0		2a		3		4
Tverrprofil	-	H4	H5	H8	H5	H8	H8
Tunnelprofil	-	-	T10,5	2xT9,5	T10,5	2xT9,5	2xT9,5

Tabell 37 Valt tverrprofil for kvart Alternativ

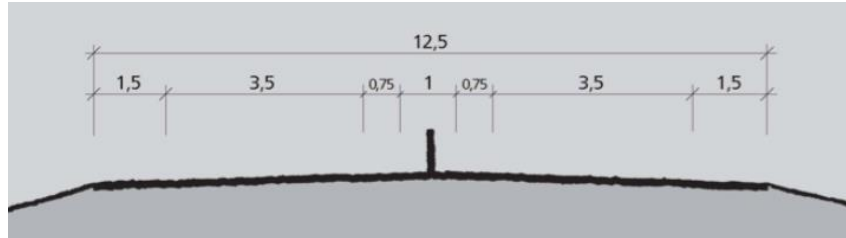
Utforminga vist som prinsippiskisser i handbok N100 er framstilt nedanfor. Her er også H5 med forbikøyringsfelt vist. Likeeins er det vist prinsippiskisser frå handbok N400 for bru og frå N500 for tunnel.

Vegbreidda som er avstanden mellom ytre skulderkant på kvar side, endrar seg ikkje frå veg på terreng til veg på bru. Men vegbreidda endrar seg derimot ved overgang til tunnel og utformingskrava fins i N101, kap 3.5 og i N500, kap.4. Her går det også fram kva for utformingskrav som gjeld spesielt for endane på tunnelportalane.

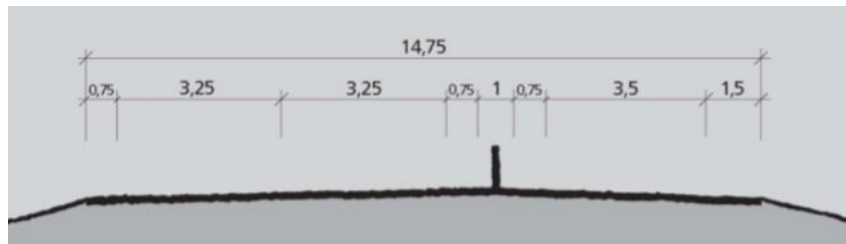
Tverrprofiltabellane for kvar vegmodell i «NovaPoint, Vips» er sett opp i samsvar med desse krava og innanfor planen sitt detaljeringsnivå.



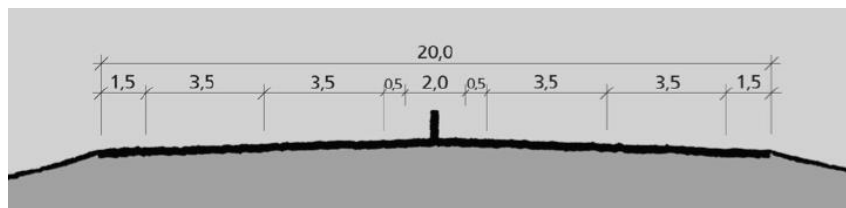
Tverrprofil H4



Tverrprofil H5

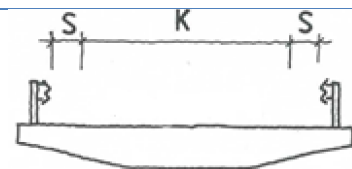


Tverrprofil H5 med forbikøringsfelt



Tverrprofil H8

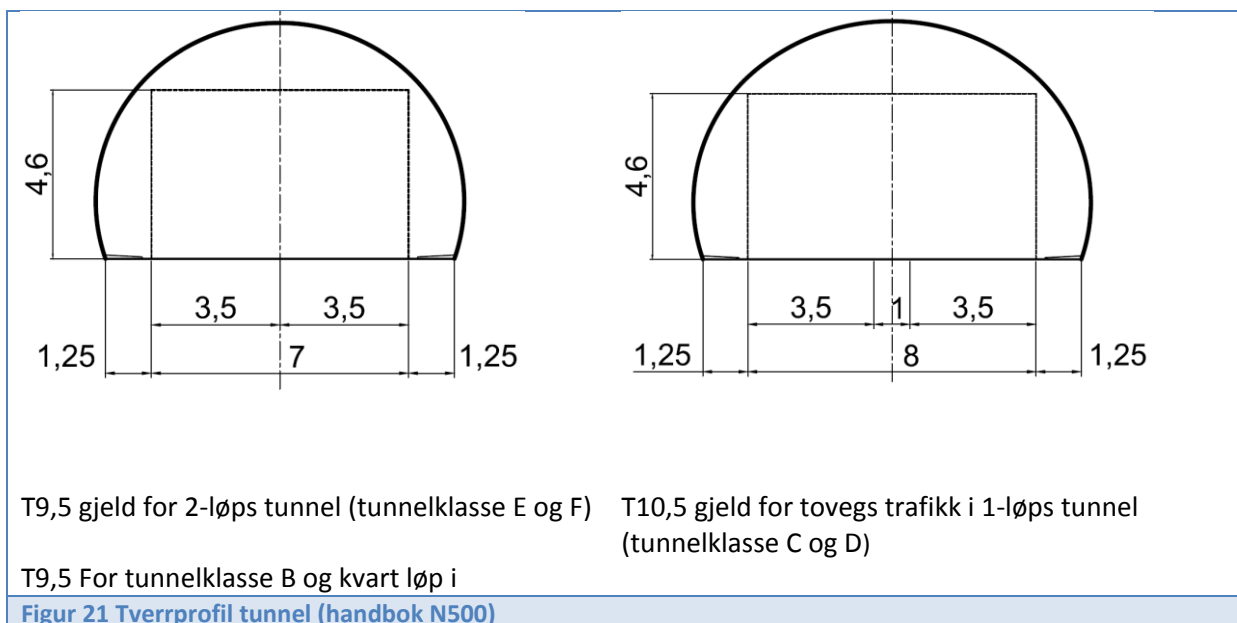
Figur 19 Tverrprofil veg på terreng (handbok N100)



K = Bredder av køyrebane
S = Bredder av skulder

Dette tverrprofilet viser prinsippet svært enkelt framstilt for H4, 5 og 8. Forma på sjølve brutverrsnittet vil vere avhengig av mellom anna spennlegder og type konstruksjon.

Figur 20 Tverrprofil bru



4.7.5 Utforming av sideterreng

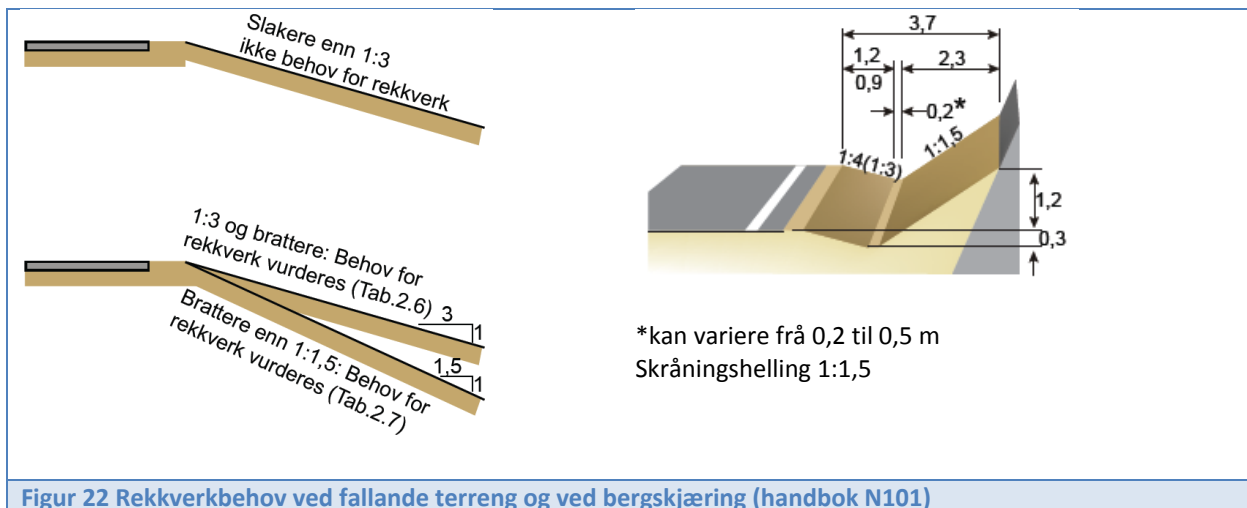
Vestlandsterrengtet gjev gjerne sidebratte tracear og det gjeld også til dels her. Sidebratt terreng betyr ofte meir skråningsutslag og arealinngrep, større grunn- og terrengstabilisering og meir sikring mot utforkøyring. Nærast køyrearealet dominerer difor rekkverk og grøfteutforming og lenger ut påverkar stabiliseringstiltaka gjerne form og utstrekning på inngrepet. Ved høge fjellskjæringar trengs det dessutan ekstra grøftebreidde for å ta mot stein- og isnedfall. Utanom det som er nemnt i teorikapittelet, vert prosjekteringsgrunnlaget for stabiliseringstiltak i handbok N200 ikkje vidare omtalt her.

Med unntak av krava som fins i handbok N100 om nødvendige siktsoner utanfor vegen i kryss og kurver, er det krava i handbok N101 om at terrenget skal vere «tilgjevande» ved utforkøyring som styrer utforminga av tverrprofilen utanfor vegskudra.

Sikkerheitsavstand og sikkerheitssone er definert i handbok N101 og er omtalt i teorikapittelet. Nokre aktuelle krav til sikkerheitsavstandar og skråningshøgde utan rekkverk er vist i tabell nedanfor. I tillegg er det vist nokre prinsippsskisser for utforming av vegskråning og for grøft i bergskjæring. Samla oversikt fins i kap 2 i handbok N101.

ÅDT [kjt/døgn]	Sikkerheitsavstand [m]		Skråningshøgde [m]			
	Fartsgrense [km/t]		(70 og) 80		90 og høgare	
	80	90 og høgare	1:1,5	1:3	1:1,5	1:3
0-1500 (0-4000 for skråning)	5	6	2	6	1,5	4
1500-4000	6	7				
4000-12000	7	8	2	4	1	3
>12000	8	10	1,5	3	1	2

Tabell 38 Sikkerheitsavstandar (handbok N101)

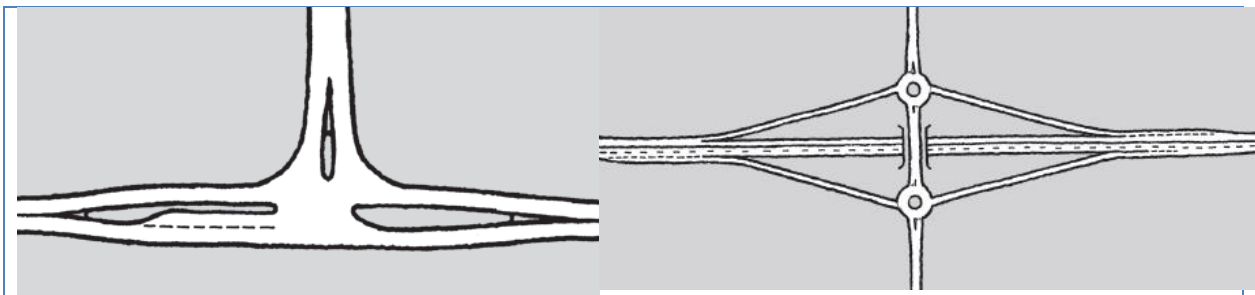


Figur 22 Rekkverkbehov ved fallande terreng og ved bergskjæring (handbok N101)

Rekkverk krev ekstra plass og aller mest endeavslutningar i form av utsvinging og forankring i terreng. Rekkverkprosjekteringa ventar ofte til reguleringsfasen og det same gjeld overvasshandtering og grunnstabilitet. Slike element er eksempel på vesentlege føremål som krev at det vert sett av areal nok i ein kommunedelplan til at detaljeringa kan gjerast i neste planfase. Arealbehovet kan ofte med fordel dokumenterast i kommunedelplanen med ein gjennomgang av føresetnadar og behov for arealkrevjande tiltak.

4.7.6 Vegkryss

Som nemnt krev dei aktuelle dimensjoneringsklassene avkøyrsløse veg. Krav om krysstyp og -avstandar inndelt etter dimensjoneringsklassene fins i handbok N100, tab C.2. H4 kan ha T-kryss og likeeins H5 inntil ÅDT8.000, medan høgare klasser skal ha planskilte kryss. Utformingskrava fins i N100, kap. E.1. Formlar og dimensjoneringsverktøy fins i handbok V121.

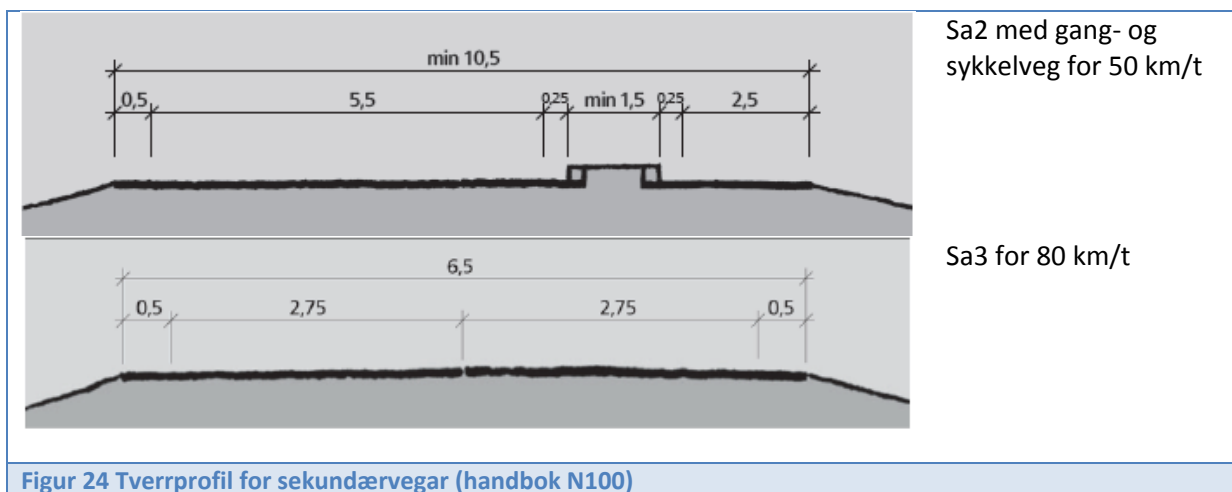


Figur 23 Prinsipp T-kryss og Ruter-kryss (handbok V121)

Terrenget må byggast opp ved planskilte kryss. Dette må gjerast med tydeleg vekt på ei terrengforming som gjer krysset til ein naturleg del av det landskapet som det ligg i.

4.7.7 Sekundærvegar

I flg handbok N100 tab C.2 er det aktuelt å bruke dimensjoneringsklasse Sa2 med gang- og sykkelveg for 50 km/t og Sa3 for 80 km/t.



Figur 24 Tverrprofil for sekundærvegar (handbok N100)

4.8 Nyttekostnadsanalyse

I denne oppgåva vert det gjort ei enkel nyttekostnadsanalyse for å rangere dei alternativa som er valde ut.

Analysemetoden med inndeling av tema er det gjort greie for i Kap 3.3.2. Framgangsmåten er som nemnt å måle konsekvensar som endring i forhold til Alternativ 0. Analysen er gjort vha dataverktøyet EFFEKT og presentasjon av resultatdata i Kap 5.6 er identisk med inndelinga for prissette konsekvensar i Figur 12 på side 36.

Dei ikkje prissette konsekvensane er utelatne i analysen i denne oppgåva, men det er vist nokre typar arealbruk som kan indikere konsekvens for natur- og nærmiljø.

4.8.1 Levetid, rente og prisar

I flg handbok V712 varierer levetida for infrastrukturtiltak avhengig av anleggstype, men vert normalt sett til 40 år rekna frå opningsåret. Ut frå ei heilheitsvurdering vert analyseperioden for veganlegg også sett lik 40 år, dersom ikkje spesielle forhold tilseier noko anna.

Kalkulasjonsrenta er fastsett til 4 %.

Einingsprisar for tid, ulykker og miljø er fastsett som nasjonale gjennomsnitt, i flg handbok V712. Det same gjeld einingsprisar for drift og vedlikehaldsoppgåver, medan einingsprisar for bygging må bestemmast. Her er det valt å nytte Statens vegvesen, Region vest sine normale einingsprisar for arbeidet med NTP 2018 – 27 (Svangstu, 2015). Prisane som fins i Tabell 50 i vedlegg 2, gjeld for veg, bru og tunnel utan at det er korrigert for lokale forhold. Utbyggingskostnader for Alternativ 1 – 6 er utrekna i Excel utan bruk av Anslag og det er sett opp utbyggingsplan for kvart alternativ i EFFEKT.

4.8.2 Prosjektdata

I EFFEKT kan det definerast fleire prosjekt der kvart prosjekt kan innehalde fleire alternativ. I prosjekt 1 her er både Alternativ 0 og 1 definert. I prosjekt 2 er resten av Alternativa 2 – 6 samla. I Kap 3.3.3 er det nemnt at alle alternativa som regel kan definerast i eit prosjekt i EFFEKT. Dette medfører å definere to eller fleire kjøreruter via ulike lenker mellom to knutepunkt, noko som ikkje er gjort her. Å dele opp i fleire prosjekt kan gje litt betre oversikt undervegs i vegnettoppbygginga. Ei ulempe er at det vert ekstra arbeid med å sette saman utrekningane av differansen mellom Alternativ 0 og kvart av dei andre alternativa. Her er dette er gjort i Excel.

Samanhengen mellom Alternativ og vegnett er vist i Tabell 51 i vedlegg 2. Knutepunkta i eit vegnett er kryss som her er definerte som reine punkt. Knutepunkta er bundne saman med lenker og med unntak for Alternativ 0, er kurvaturen til lenkene definerte ved hjelp av linjedata frå NovaPoint og vegstandarden med fartsgrenser er lagt inn manuelt. For Alternativ 0 vert kurvatur og vegbreidde henta frå NVDB.

Alternativa 1 – 6 har fått definert kvar sin utbyggingsplan. Opningsår er sett til år 2020, prisnivå er år 2016 og anleggsperiode er 2 år. Dette er likt for alle alternativ. Prisen er medrekna 22 % mva.

Relevante trafikkdata omfattar trafikksamansetning, -straumar og nyskapt trafikk. Her vert det ikkje rekna med nyskapt trafikk, det vil seie at auka trafikk på grunn av ferjefritt samband ikkje er teke med. Resultata kan dermed kallast konservative.

Vegnett for Alternativ 0 - 6 er vist som skisse i Figur 25 med inndeling i knutepunkt og lenker. Trafikk i kvar retning er fordelt lenkevis før og etter utbygging og framstilt i tabellane nedanfor.

EFFEKT sine standard verdiar er valt for trafikkutvikling. Ut frå ei skjønsmessig vurdering av trafikksamansetninga på denne delen av E39, vert det nytta ein fjerntrafikkandelen på 50%.

For Alternativ 2-6 er det overført ÅDT 300 frå hovudvegen og til lokalvegnettet mellom Eikås-Støfring og Hjelmbrække-Myklebust.

ÅDT-T (lange køyretøy) er sett til 15% for hovudvegen og 5% for alle sidevegar.

Tal lange reiser er sett til 50%.

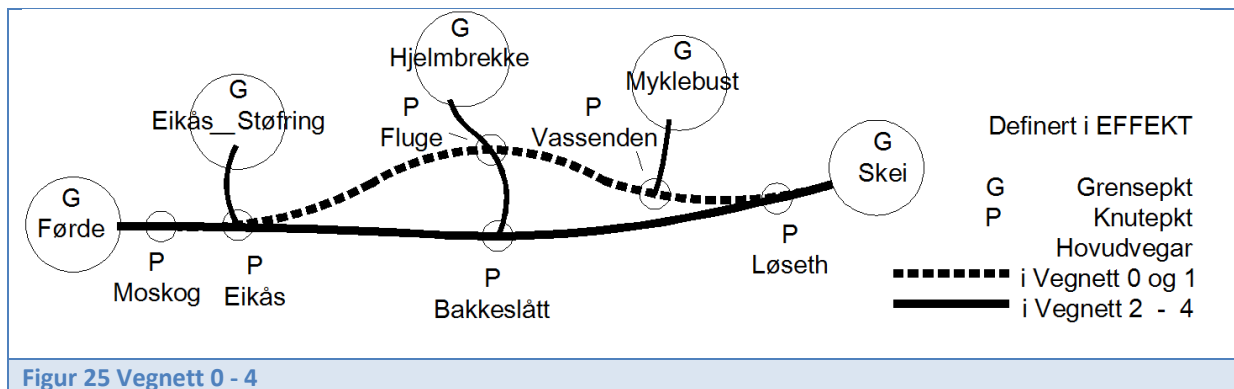
	Førde	Eikås-Støfring	Hjelmbrække	Mykle bust	Skei	Sum
Førde	0	50	270	150	1430	1900
Eikås-Støfring	50	0	300	0	0	350
Hjelmbrække	270	300	0	0	50	620
Myklebust	150	0	0	0	50	200
Skei	1430	0	50	50	0	1530
Sum	1900	350	620	200	1530	

Tabell 39 Trafikkfordeling Vegnett 0 og 1

Utrekninga av trafikkfordeling legg til grunn at det går like mykje trafikk i kvar retning. Tabellane og figuren her forklarar ikkje denne utrekninga. Då må det i tilfelle brukast skisser som viser straumane i kvart kryss.

	Førde	Eikås-Støfring	Hjelmbrække-Mykle bust	Skei	Sum
Førde	0	50	420	1430	1900
Eikås - Støfring	50	0	0	50	350
Hjelmbrække - Myklebust	420	0	0	50	570
Skei	1430	50	50	0	1530
Sum	1900	100	470	1530	

Tabell 40 Trafikkfordeling Vegnett 2 - 4



Figur 25 Vegnett 0 - 4

4.8.3 Vegnettdata

Data for kvart vegnett er strukturert etter lenkeinndelinga og omfattar vegstandard, vedlikehald, kurvatur, ulykker, støy og luftureining. Kurvatur for Alternativ 0 er henta frå NVDB. For dei andre alternativa er kurvatur henta frå NovaPoint-filer som er genererte i prosjekteringsarbeidet.

Stigningsforhold verkar saman med andel forbikøringsikt på kapasitetsutrekninga for ei veglenke og vert gradert etter ein grovt inndelt skala i EFFEKT. Andel forbikøringsikt gjeld for 1- og 2-felts veg og gjeld dermed for H4- og H5-standard her. Andelen kan vere komplisert å vurdere og her er det gjort eit enkelt skjønsmessig anslag.

Ulukkesdata er importert frå NVDB som grunnlag for utrekning for kvart alternativ.

Luftureininga frå trafikk omfattar svevestøv og avgassar. Trafikkstøy er avhengig av fart, trafikkmengde og trafikksamansetning og avstand frå og skjerming mot veg. Det er ikkje gjort utrekning av grunnlag for trafikkstøy eller luftureining i VLUFT og VSTØY. Utrekning av avgassar frå trafikken skjer automatisk i EFFEKT basert på Norsk Elektrisitetsmik og omfattar mengder CO₂, CH₄ og NO_x. Eit anslag av støyskjermingsomfang for kvart alternativ basert på eit skjøn er vist med grøn linje i C-teikningane og er lagt inn i vedlikehaldsdata i EFFEKT. Mengder avgass vert ikkje vist her.

I vedlegg 2 er det gitt lengder på veglenker, opplysningar om vegstandard og om mengder for vedlikehald.

4.9 Oppsummert

Gjennomgangen ovanfor viser omfanget og innhaldet i dette caset. I tillegg er grunnlaget for prosjekteringa og for nyttekostnadsanalysen gjennomgått.

5 Resultat

Dette kapitlet presenterer først dei resultata i caset som gjeld kurvatur og inngrep for kvart alternativ og deretter resultata frå nyttekostnadanalysen. Arealbeslag og veglengder for dei to kryssløysingane T- og Ruter-kryss som er prosjektert på Bakkeslått er omtalt og arealbruk for fem av vegalternativa er vist. Skilnaden i behov for sekundæveggar er så vidt kommentert, men det er ikkje prosjektert løysingar for sekundæveggar.

5.1 Kurvatur og inngrep for kvart alternativ

Kurvatur og inngrep går fram av C-teikningane i vedlegg 3. Vertikalkurvaturen for alle alternativane på teikning B002 er vist i Figur 26. Horisontalkurvaturen er vist for Alternativ 1, 2, 4 og 6 og dessutan for Trace 1 og 2b. Sidan Alternativ 2 og 3 har same kurvatur og det same gjeld for Alternativ 4 og 5, vert 4 og 5 ikkje vist her. Nedanfor er det gjort ein gjennomgang av desse teikningane for å vise kritiske punkt for kurvatur og inngrep.

I samsvar med føresetnadane til kommuneplanen er Alternativane 1 til og med 5 variantar av same linje med nokså lik kurvatur på delparsell 1 medan Alternativ 6 for det meste har ei meir sjølvstendig linjeføring.

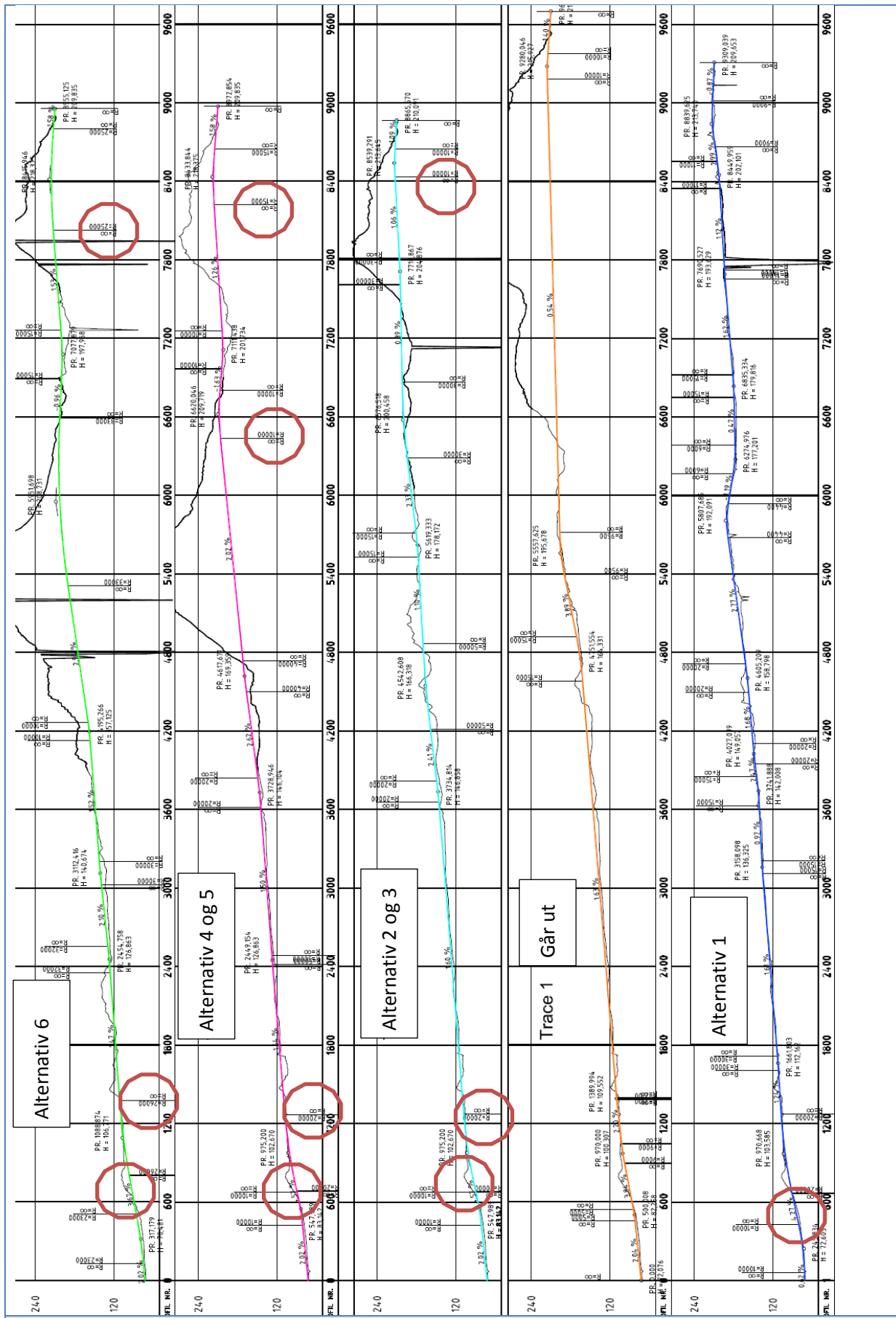
Opptreande minste kurvatur for kvart alternativ, målt på sentrale parameterar er vist i Tabell 41 etter denne gjennomgangen. Ei oppsummering av inngrep i busetnad, jordbruk og vassdra for kvart alternativ er også framstilt der i Tabell 42.

Krav til dimensjoneringsklasse for kvart alternativ er vist i Tabell 35 og Tabell 36 på side 44 og 46. Kap 4 inneheld også omtale av prosjekteringsomfanget og detaljeringsgraden.

Bruplasseringane og lengdene er vurdert ut frå kart og vegprofil. Veggen vil ligge så høgt ved elvekryssingane at det bør være kapasitet for dimensjonerande flaumstorleik. Dette må kontrollerast i neste planfase saman med veghøgde over flaumnivå for nærføring til elva elles.

Tunnelplasseringane og lengdene er vurdert på same måte. Her er også omtalen av geologi i alternativsøket for kommuneplanen er brukt. Det er rekna med normal mektigheit (lagtjukne) av lausmasser som vesentleg består av morene.

Bru- og tunnelplasseringane er vist i plan og profil på C-teikningane. Bru vert ikkje karakterisert som inngrep i vassdrag her fordi bru ikkje medfører inngrep i eller omlegging av elveløpa. Tunnelane ligg i stigning med høbrekk innanfor og nær ein av portalane for å unngå at overvatn trenger inn. Retninga i tunnelendane kan til enkelte tider gje blindingproblem ved lav sol. Dette kan i mindre grad justerast i etterføljande planfaser. Tilpasningar i profil mellom tunnel og veg i dagen følger krav i N500, Kap 4.3. Kurvatur for portalområde, sjå krava i N500, Kap 4.2.2 er mellom det som må justerast i ei etterføljande planfase. Det same gjeld linjeføringa ved overgangen frå tunnel til veg i dagen.



Figur 26 Vertikalvatur Alternativ 1 – 6 og Trace 1

For Alternativ 2 – 6 er det lengre rettlinjler mellom nabo lav- og høgbrekk. For Alternativ 2 – 5 gjeld dette frå ca profil 1200, medan det gjeld for heile Alternativ 6. Dette gjev høve til å auke vertikalkurveradiane ved høgbrekk, noko som kan gje høve til høgare fartsgrense. Største stigning og minste høgbrekkradiar er markert med sirkel på Figur 26 ovanfor.

5.1.1 Alternativ 1

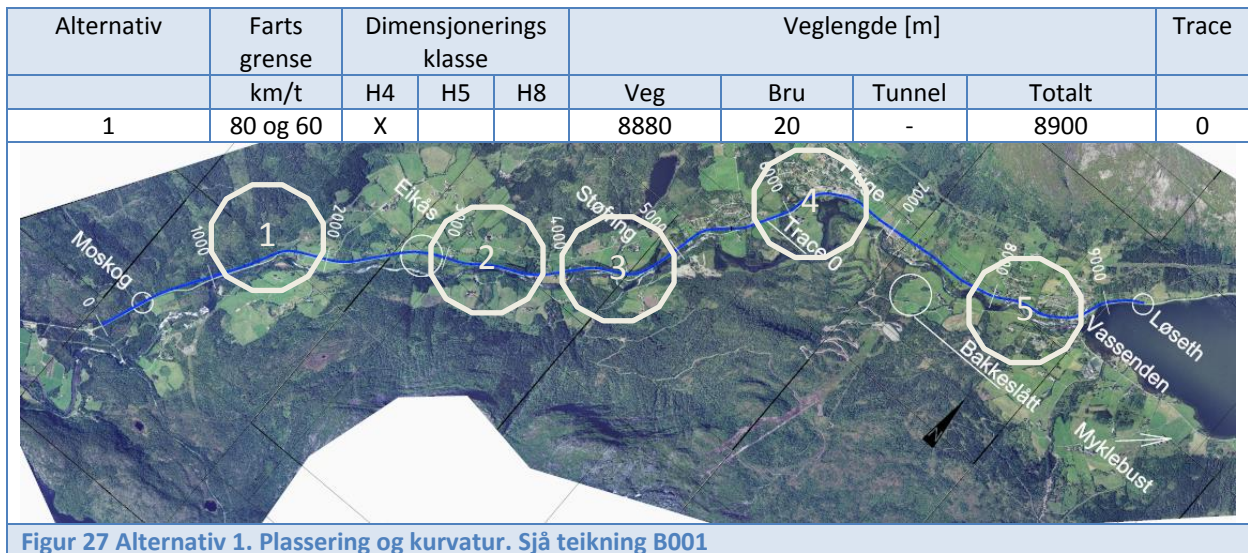
Alternativ 1 følger eksisterande trace, men kurvatur og vegutforming skal halde krav til dimensjonenringklasse H4. Aktuelle teikningar er B001, 002, 010 og C001- 005.

R_{Hmin} for fartsgrense 80 km/t opptrer i pkt 1 – 5. Ingen R_{Vmin} Høgbrekk.

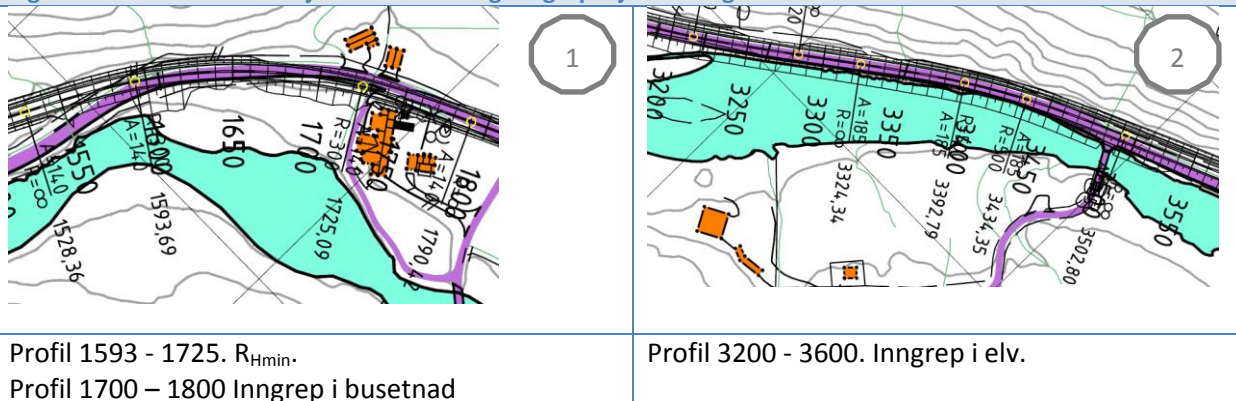
Stigning over 3 % opptrer på to korte strekningar ved profila 600 og 6000.

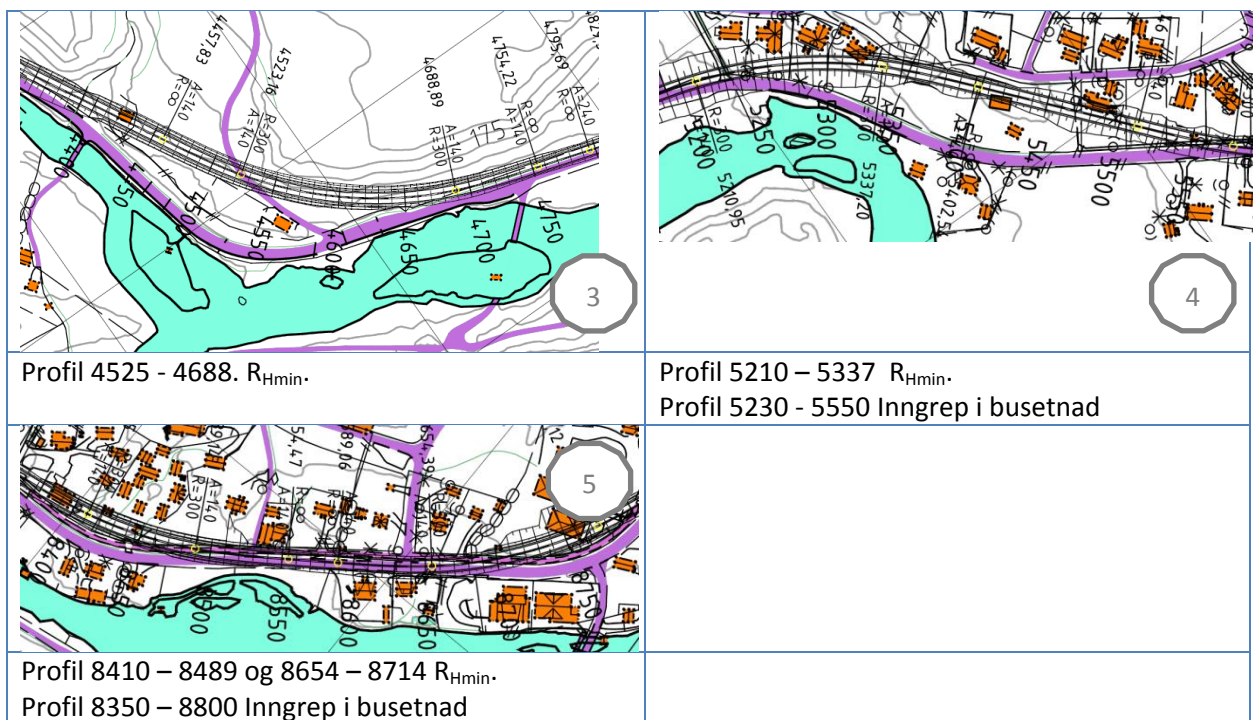
Forbikjøringsikt (450 m) fins på strekningane profil 500-1550, 3850 – 4450, 4750 – 5150 og 6650 – 7650.

Inngrep i busetnad, jordbruk og / eller vassdrag skjer i pkt 1, 2, 4 og 5.



Figur 28 Alternativ 1. Detaljar av kurvatur og inngrep. Sjå teikning C001-005





5.1.2 Alternativ 2 og 3

Alternativ 2 og 3 følger same trace og skilnaden er 1- og 2-løps tunnel. Kurvatur og inngrep vert dermed lik unnateke i portalområda til tunnelen. Her vert ulikskapane i kurvatur så små at dei ikkje gir skilnad i farten. Ulikskapen i inngrep for tunnel er for liten til å slå ut for busetnad. Difor vert berre alternativ 2 vist her. Aktuelle teikningar er B001, 002, 012a, C021 – 025.

R_{Hmin} for fartsgrense 90 km/t opptre i pkt 1. R_{Vmin} Høgbrekk ved profil 1200 og 8400.

Stigning over 3% opptre på ei kort strekning ved profil 600.

H5 har midtrekkverk. Forbikøyringsfelt kan plasserast fritt utanom kryss og tunnelar.

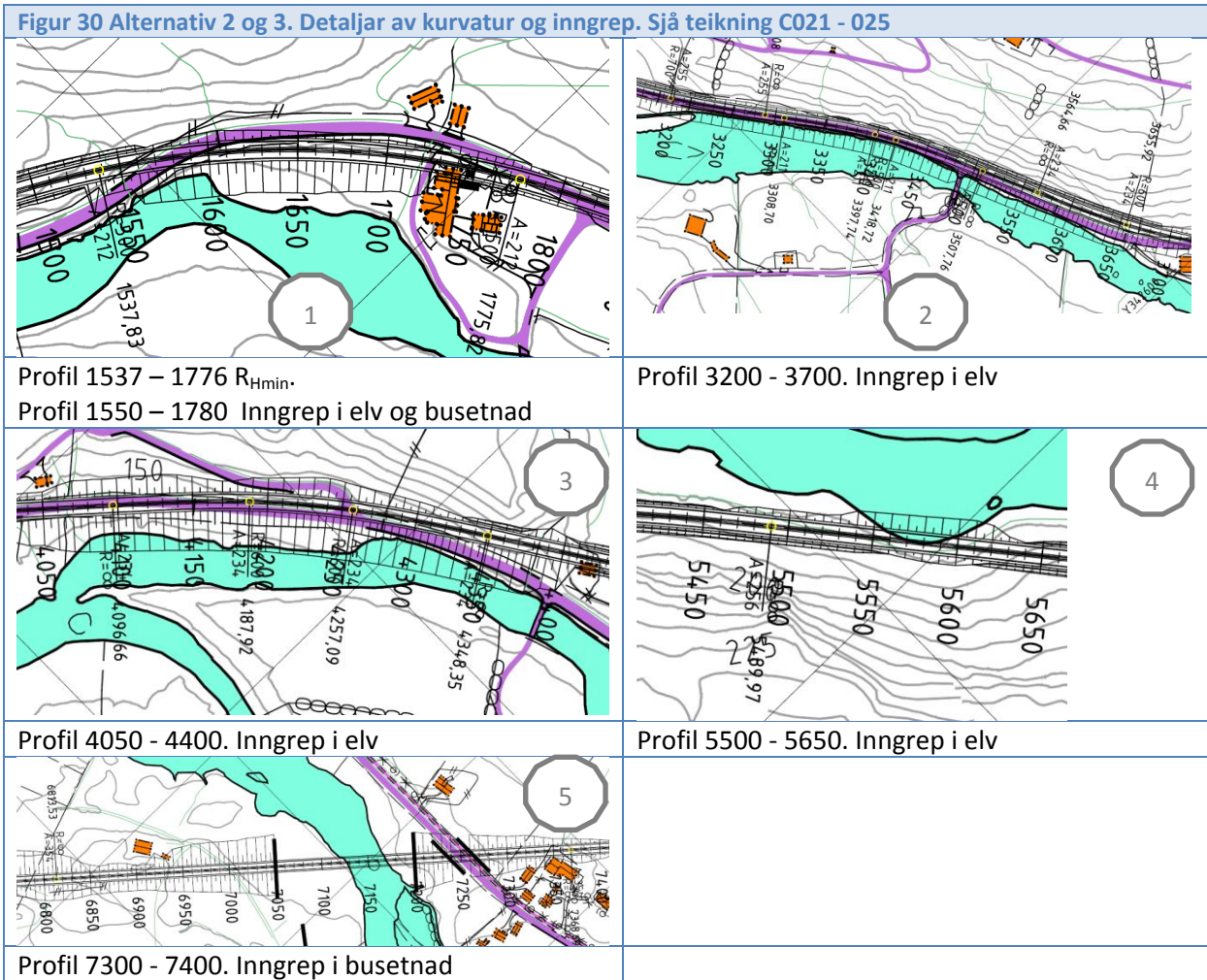
Inngrep i busetnad, jordbruk og / eller vassdrag skjer i pkt 1 - 5.

Alternativ	Fartsgrense km/t	Dimensjonerings klasse			Veglengde [m]				Trace
		H4	H5	H8	Veg	Bru	Tunnel	Totalt	
2 og 3	90 pga R_{Hmin}		X		7060	350	1050	8460	2a



Figur 29 Alternativ 2 og 3. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001

Figur 30 Alternativ 2 og 3. Detaljar av kurvatur og inngrep. Sjå teikning C021 - 025



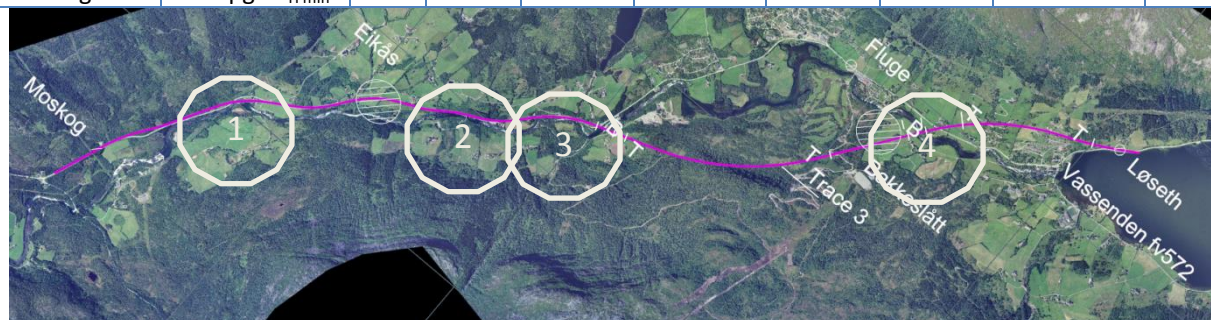
5.1.3 Alternativ 4 og 5

Alternativ 4 følger trace 3 og har H5 og 2-løps tunnel. Alternativ 4 og 5 følger same trace. Skilnaden er at Alternativ 4 har H5 og 2-løps tunnel medan Alternativ 5 har H8. Kurvaturen vert dermed lik, medan inngrepa for Alternativ 5 vert litt større pga H8 har større vegbreidde enn H5. Tal og plassering til inngrepa er likt og difor vert berre alternativ 4 vist her. Aktuelle teikningar er B001, 002, 013 og C031 – 035.

R_H er større enn R_{Hmin} for fartsgrense 100 km/t over alt. R_{Vmin} Høgbrekk ved profil 1200, 6500 og 8300. Stigning over 3% opptrer på ei kort strekning ved profil 600. Forbikjøringsfelt kan plasserast fritt utanom kryss og tunnelar.

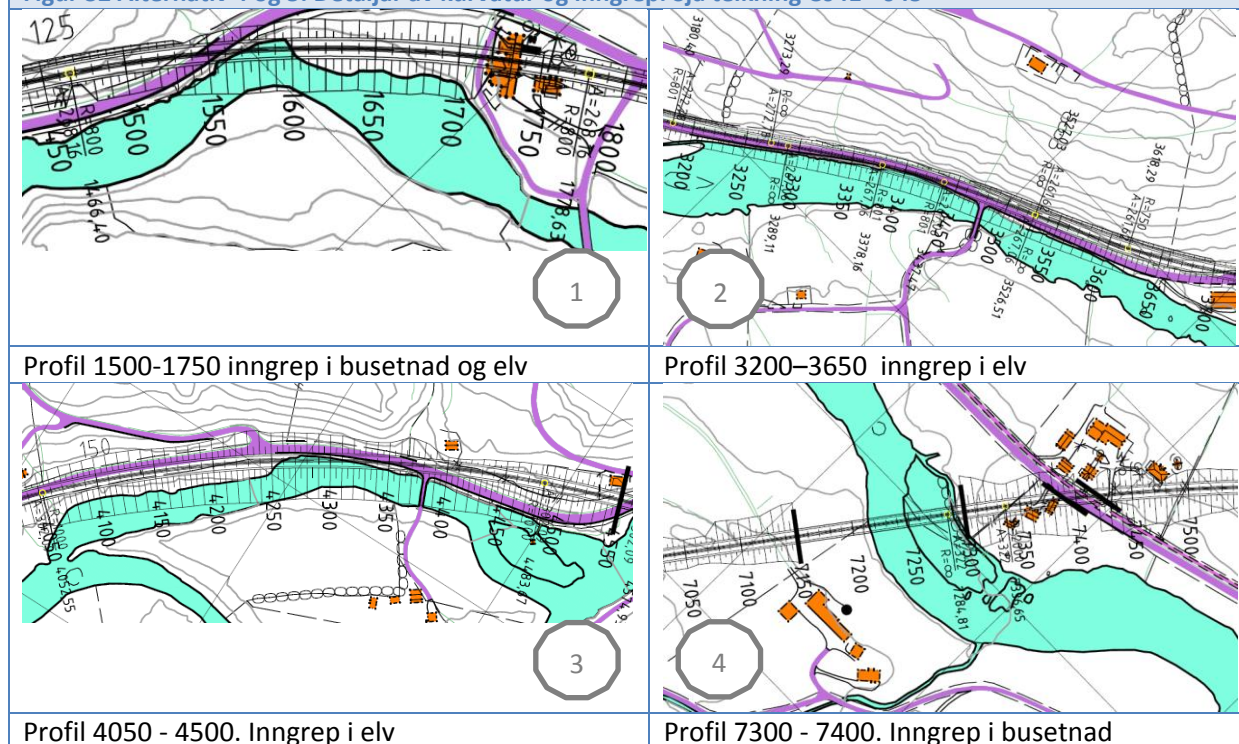
Inngrep i busetnad, jordbruk og / eller vassdrag skjer i pkt 1, 2, 4 og 5.

Alternativ	Fartsgrense km/t	Dimensjoneringsklasse			Veglengde [m]				Trace
		H4	H5	H8	Veg	Bru	Tunnel	Totalt	
4 og 5	100 pga R_{Hmin}		Alt 4	Alt 5	5425	320	2750	8495	3



Figur 31 Alternativ 4 og 5. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001

Figur 32 Alternativ 4 og 5. Detaljar av kurvatur og inngrep. Sjå teikning C041 - 045



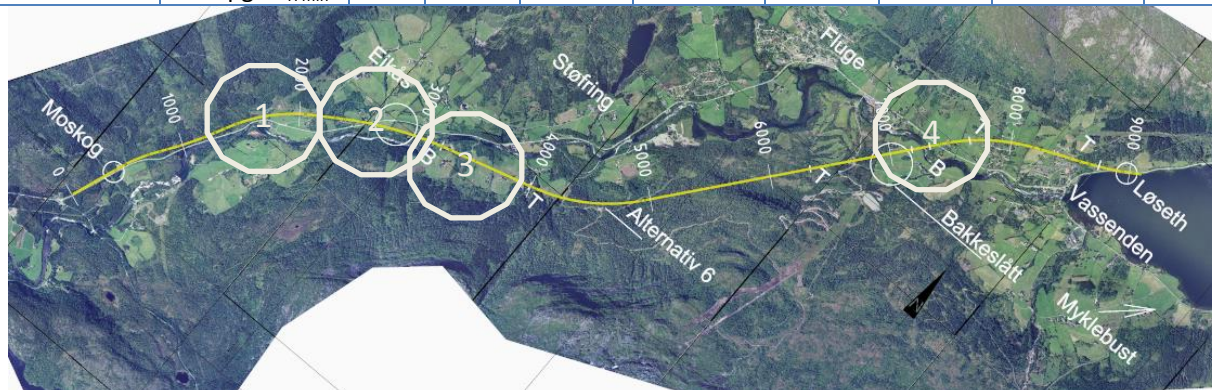
5.1.4 Alternativ 6

Alternativ 6 går for det meste utanom eksisterande veg. Samla større inngrep i busetnad og jordbruk enn Alternativ 4 og 5 (profil 1700-3995 og 6330 – 7680). Eit inngrep mindre i vassdrag. Aktuelle teikningar er B001, 002, 014 og C041 – 045.

R_{Hmin} for fartsgrense 110 km/t opptrer i pkt 1. R_{Vmin} Høgbrekk ved profil 1100 og 8400. Stigning over 3% opptrer på ei kort strekning ved profil 600.

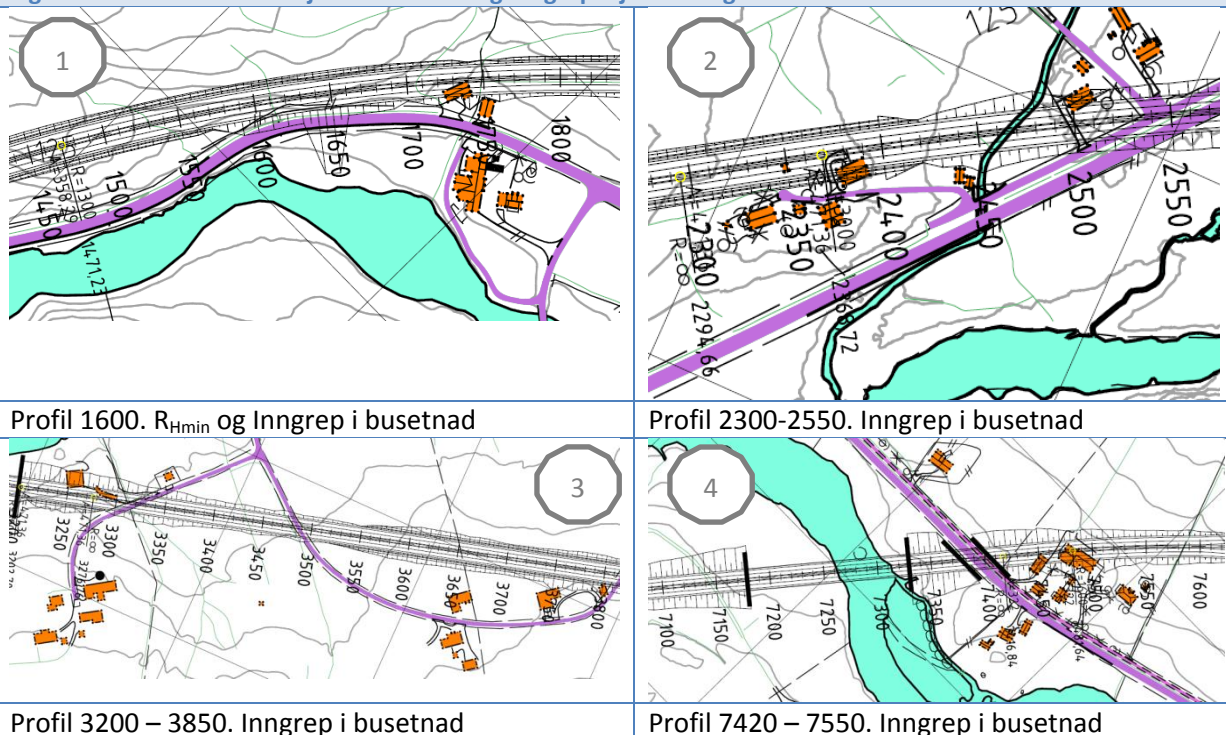
Inngrep i busetnad og jordbruk skjer i pkt 1 – 4. Alternativet har ikkje inngrep i vassdrag.

Alternativ	Fartsgrense km/t	Dimensjoneringsklasse			Veglengde [m]				Trace
		H4	H5	H8	Veg	Bru	Tunnel	Totalt	
6	110 pga $R_{H\min}$			X	5090	300	3180	8570	4



Figur 33 Alternativ 6. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001

Figur 34 Alternativ 6. Detaljar av kurvatur og inngrep. Sjå teikning C061 – 065



Profil 1600. $R_{H\min}$ og Inngrep i busetnad

Profil 2300-2550. Inngrep i busetnad

Profil 3200 – 3850. Inngrep i busetnad

Profil 7420 – 7550. Inngrep i busetnad

5.2 Forkasta tracear

Som nemnt i Kap 4.6.2 er trace 1 forkasta grunna både lang total lengde og lang tunnelengde. Trace 2b er ikkje teken med for å avgrense alternativa, sjølv om 2b er interessant å sjå nærare på mellom Bakkeslått og Vassenden. For oversikta sin del vert dei likevel vist nedanfor. Aktuelle teikningar er B001, 002, 011 og C011 – 015 (Trace 1) B001, 002, 012b og C121 – 125 (trace 2b).

5.2.1 Trace 1

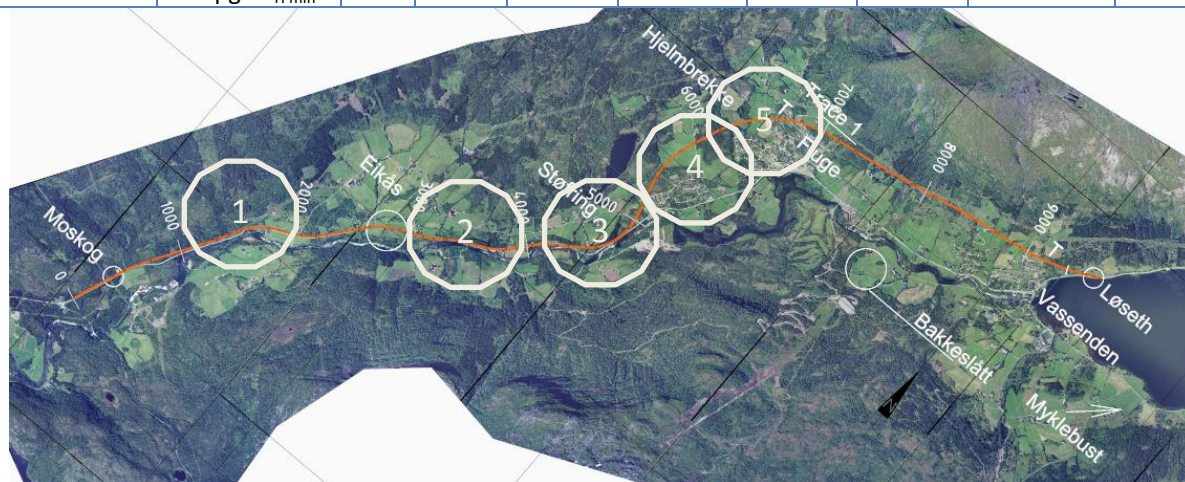
Trace 1 og Alternativ 1 sin kurvatur er i hovudsak lik fram til profil 4800.

Stigning over 3% opptre på to korte strekningar ved profil 600 og 5000.

Forbikøringsikt som for Alternativ 1 fram til profil 4800 og vidare mot Vassenden frå ca profil 5600.

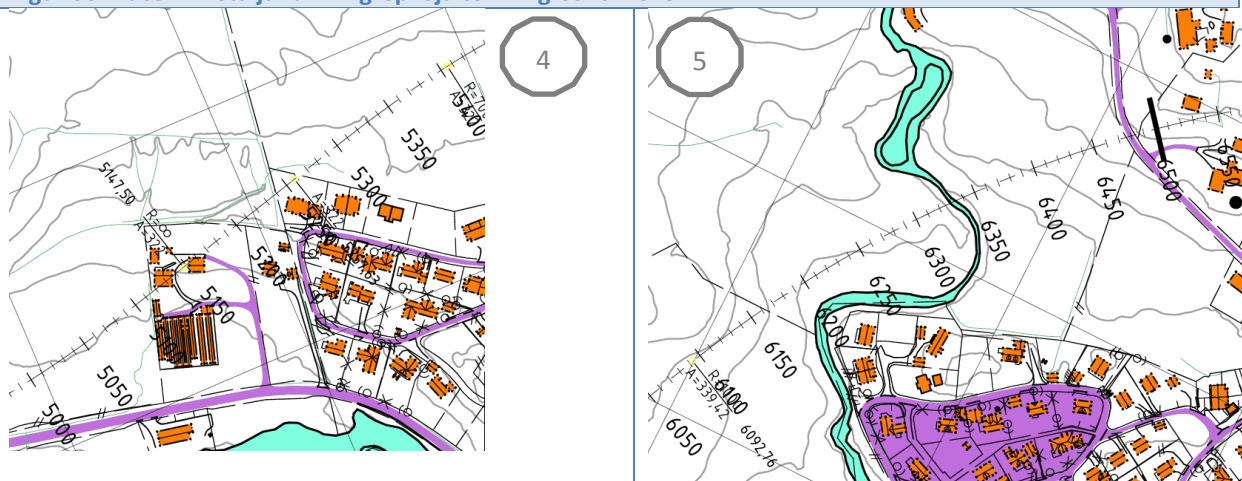
Inngrep i busetnad skjer i pkt 4 og 5. For pkt 1 – 3, sjå Alternativ 1.

Alternativ	Fartsgrense km/t	Dimensjoneringsklasse			Veglengde [m]				Trace
		H4	H5	H8	Veg	Bru	Tunnel	Totalt	
-	90 pga $R_{H \min}$				6420	20	2750	9190	1



Figur 35 Trace 1. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001

Figur 36 Trace 1. Detaljar av inngrep. Sjå teikning C010 – 015



Profil 6140 – 5300. Inngrep i busetnad

Profil 6150 – 6550. Inngrep i busetnad

5.2.2 Trace 2b

Trace 2b sin kurvatur er identisk med Alternativ 2 og 3 fram til ca profil 6200 ved Bakkeslått. Trace 2b har trongare kryssplassering på Bakkeslått og kortare tunnallengde enn Alternativ 2.

Inngrep i busetnad i pkt 5 er vist. For pkt 1 – 4, sjå Alternativ 2.

Alternativ	Fartsgrense km/t	Dimensjoneringsklasse			Veglengde [m]				Trace
		H4	H5	H8	Veg	Bru	Tunnel	Totalt	
-	90 pga $R_{H\min}$				7705	350	475	8530	2b



Figur 37 Trace 2b. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B001

Figur 38 Trace 2b. Detaljar av inngrep. Sjå teikning C121 – 125



Profil 7950 – 8200. Inngrep i busetnad

5.2.3 Oppsummering av kurvatur

Minimum horisontalradius vert nytta ein del langs Alternativ 1. Alternativa 2 – 6 ligg ned mot $R_{H\min}$ langs delparsell 1, dei fleste med den knappaste kurva ved profil 1600. Alternativ 1 har dessutan $R_{H\min}$ i ei kurve på delparsell 2 ved profil 4500.

Sidan lågaste horisontalkurveradius her er 300 m, er det i flg handbok N100 ikkje krav til øvre grense for nabokurveradiar. Når det gjeld siktkrav kan horisontalkurver gje ekstra grøftebreidde i skjæringar.

Ingen av alternativa overstig kravet til maks stigning og større deler av kvart alternativ har stigning under 2 %. På desse delene må det kontrollerast at resulterande fall held minimumskravet på 2 % for kvar horisontalkurve. Løysinga kan vere «vandrande møne» som vist i handbok 120, kap 4.1.

Minimum vertikalradius $R_{V\min}$ for H4 er nytta ein gong Alternativ 1. Alternativa 2 – 5 held for H5 og Alternativ 6 held for H8 og 110 km/t.

Under føresetnad av at eignelege tverrprofil vert nytta, toler kurvaturen forbikøyring på store deler av Alternativ 2 - 6. Alternativ 1 har heller avgrensa mogelegheiter for forbikøyring.

Opptreande minste kurvatur for kvart alternativ målt på sentrale parameterar frå gjennomgangen, går fram av følgjande tabell. Resultata er kort kommentert i tabellen.

Alternativ			1	-	2 og 3	4 og 5	6	Kommentarar
Trace			0	1	2a	3	4	
Parameter, Profilnr, Veglengde	R _{H min}	[m]	300	450	450	700	1300	R _{H min} er fordelt langs heile Alternativ 1. Elles fins R _{H min} på delparsell 1
	Profilnr, ca Veglengde, ca *	[m]	I alt 13 kurver	I alt 4 kurver	1650 220	-	1480 1550	
	R _{V min} høgbrekk	[m]	4400	6400	6400	13600	25000	Alternativ 2 - 5 kan justerast til R _{V min} 110 km/t
	Profilnr *	[m]	5807	-	1200, 8400	1200, 6500, 8300	1100, 8400	
	Største stigning	[%]	4,27	3,89	4,57	4,57	3,67	Fins på korte veglengder (<400 m)
	Profilnr, ca *	[m]	600	600	600	600	600	
s < 2 % Samla del av parsellengda*	[%]	61	76	63	51	61	Behov for «vandrande møne»	
			*Manuell gjennomgang i teikning B002 og i C-teikningane					

Tabell 41 Opptreande minste kurvatur for kvart Alternativ og for Trace 1

5.2.4 Oppsummering av inngrep

Anslått sum av inngrep i busetnad, jordbruk og vassdrag i kvart Alternativ er vist nedanfor etter gjennomgangen av C-teikningane. Bygningane er talde opp og er vist avkryssa i C-teikningane i vedlegg 3. Areala er målt digitalt med grunnlag i utteikna vegmodell.

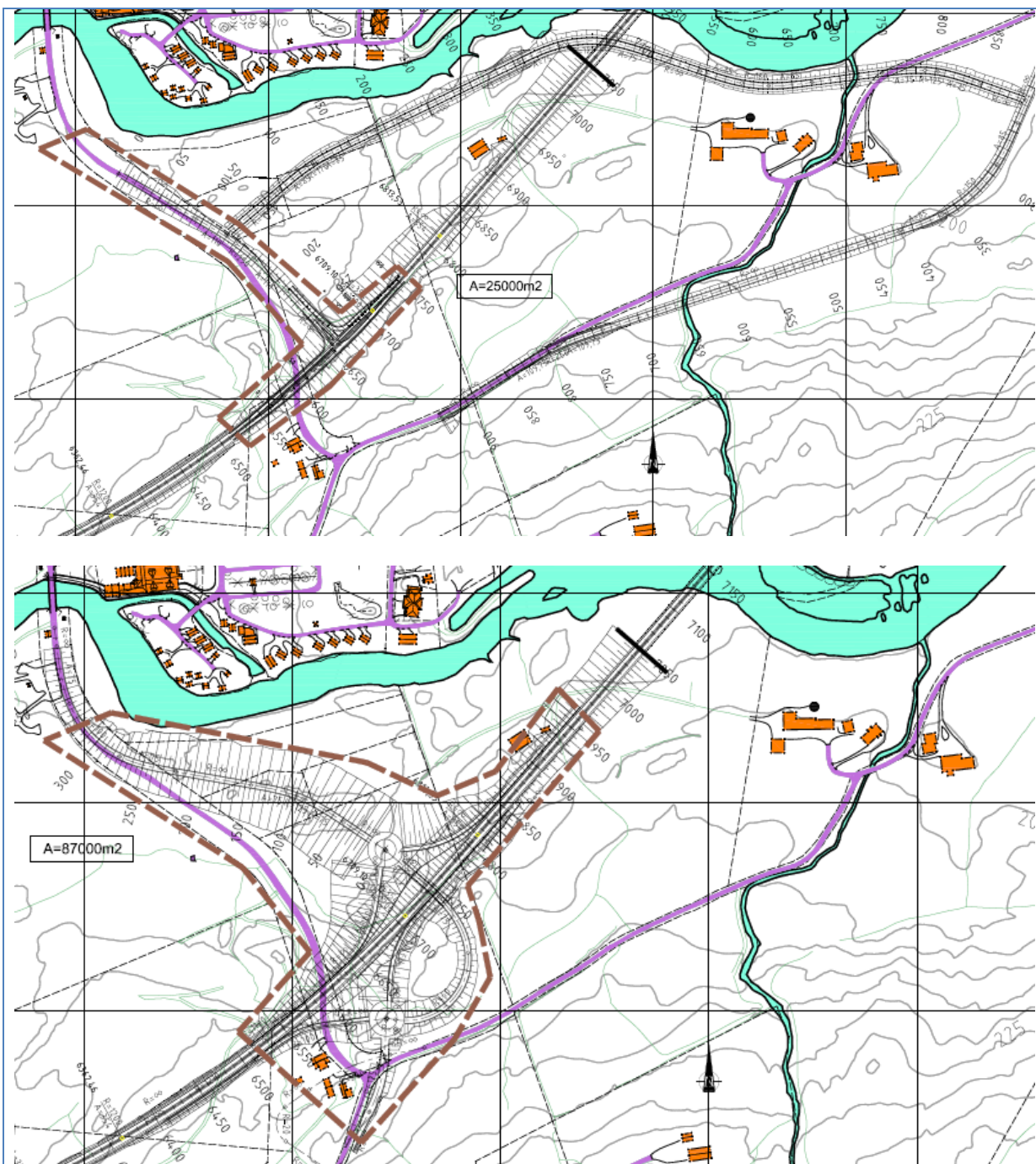
Alternativ	Inngrep i		
	Busetnad	Jordbruk	Vassdrag
	[stk] bygningar	[m] veg	
1	5(B) 1 (N)	-	400
2 og 3	3(B) 1 (N)	1100	550
4 og 5	2(B) 1 (N)	1250	1100
6	7(B) 2 (N)	3650	-

Tabell 42 Inngrep pr Alternativ

(B) Bustad (N) Næring

5.3 Plassering og utforming av kryss

I dette caset er det plassert kryss på Eikås og på Bakkeslått. I plasseringa på Bakkeslått som ligg nærmast Vassenden, er det vist løysingar både for eit T-kryss og for eit planskild ruterkryss. Dette er gjort for å kunne samanlikne arealinngrepa og kor omfattande bygginga vert. Begge løysingane er plassert på trace 2a (som svarer til Alternativ 2 og 3) i området ved profil 6.500 på Bakkeslått. Løysingane er vist på teikning E001 – 004 i vedlegg 3 og i Figur 39 nedanfor.



Figur 39 T-kryss og ruterkryss på Bakkeslått. Plassering og kurvatur

Skisseringa inneheld ikkje detaljeringar som til dømes feltavslutningar mot tilgrensande egelement. Skisseringa held derimot krava til kurvatur, feltlengder og tverrprofil og er konstruert for å illustrere arealinngrep og veglengder ved dei to kryssprinsippa.

Samla arealinngrep og lengder for veg og bru frå teikning E001 og -3 er vist i tabellen nedanfor.

	Areal [m ²]	Veglengde [m]	Brulengde [m]	Tilknytning til eksisterande vegnett [m]
T-kryss	25.000	300	0	ca 2.000
Ruter-kryss	87.000	750	30	Ca 400

Tabell 43 Kryssløysingar Bakkeslått. Arealinngrep og veglengder

5.4 Behov for sekundærvegar

Som vist ovanfor, vil val av kryssløysing bestemme lengda på sekundærvegar i sjølve kryssområdet.

I tillegg til at kryss må knytast til eksisterande vegnett, må det også etablerast nye sekundærvegar medrekna gang- og sykkelvegar, over alt der primærvegen vert liggande i dagens trace. Eksisterande veg fungerer i stor grad både som hovudveg, samleveg og til dels som lokalveg. Ei enkel vurdering utan talfesting vert dermed at omfanget av sekundærvegar utanfor kryssområda er sterkt avhengig av kor mykje kvart enkelt alternativ følgjer eksisterande veg.

Alternativ 1 følgjer eksisterande veg og får dermed det største behovet for nye sekundærvegar. Alternativ 2 – 5 ligg godt utanfor eksisterande veg på ca halve strekninga og får dermed eit mindre behov for nye sekundærvegar. Alternativ 6 følgjer eksisterande veg i vesentleg mindre grad enn dei andre, og krev difor minst omfang av nye sekundærvegar.

5.5 Nokre konsekvensar for arealbruk

Ei samla oversikt over konsekvensar etter systematikken i handbok V712 er vist i Figur 12 på side 36. Noko av arealbruken kan kommenterast forenkla ut frå vegmodellane og kartgrunnlaget. Dette er gjort for nokre alternativ utan å ta med sidevegar og kryss og er vist i Tabell 44 nedanfor.

5.5.1 Massebalanse og behov for massedeponi

Tilgang til massedeponi og sidetak er ein prosjektføresetnad medan omfanget av deponi vert ein konsekvens av valt Alternativ. Generelt aukar deponibehovet i takt med tunnallengda. På den andre sida vil to-planskryss kunne ta unna deler av eit overskot.

Massebalansen for veg i dagen er generert frå vegmodellane, medan tunnelmassene er rekna ut manuelt. Resultatet gir eit teoretisk volum for varig deponering av overskotsmasser, eller for sidetak i tilfelle underskot.

5.5.2 Arealinngrep til vegføremål

Arealutrekning her gjeld berre netto vegføremål rekna til ytterkantane av skråningar / grøfter. Arealet på eksisterande veg på delparsell 1 er trekt frå i utrekningane og arealet på Alternativ 0 (eksisterande veg) er ikkje målt.

Vegmodellane vert teikna av prosjekteringsverktøyet. Ytterkantane i skråningsutslaga avgrensar projeksjonen av netto vegareal. Storleiken på nettoarealet i denne oppstillinga er henta frå mengdesamandraget i utrekningar for kvar vegmodell i NovaPoint. Samanstillinga er gjort i Excel.

Alternativ	Vegstandard	Vegareal [m ²]	Massebalanse [m ³]	Areal ved 4 m deponihøgde [m ²]	4 m gjennomsnittshøgde er ikkje unormalt og vert dermed brukt for å illustrere skilnaden i arealbehov for deponi her
2	H5 1 løp tunnel	311.000	10.000	2.500	
3	H5 2 løp tunnel	311.000	70.000	17.000	
4	H5 2 løp tunnel	250.000	255.000	64.000	
5	H8	361.000	207.000	52.000	
6	H8	324.000	950.000	238.000	

Tabell 44 Massebalanse og arealinngrep

5.6 Nyttekostnad

Nyttekostnad for kvart Alternativ vert målt som endring i forhold til Alternativ 0. Resultatet av utrekningane for Nyttekostnad i EFJEKT er vist i to tabellar nedanfor. Resultat for fart, ulukker og miljø kan leverast som eigne rapportar. Samandrag av desse resultatane er vist for seg i ein den første tabellen nedanfor saman med anslegne mengder for støyskjermar. Deretter er ei samla oppstilling av nyttekostnad vist. Begge tabellane er inndelt etter vegalternativ og etter tema som omtalt i Kap 3.3.2. Eksempel på samanstilling i Excel av resultatane frå EFJEKT fins i vedlegg 2.

Alternativ		0	1	2	3	4	5	6
Trace			0	2a	2a	3	3	4
Tema	Eining	Resultat						
Trafikantar og transportbrukarar								
Gjennomsnittsfart								
Lette køyretøy	[km/t]	60,9	70,2	88,0	90,5	90,5	102,6	102,6
Tunge køyretøy		59,2	67,7	81,3	83,1	82,9	86,5	86,5
Samfunnet for øvrig								
Personskadeulukker i analyseperioden	[stk/40 år]	98,0	42,7	38,0	37,0	37,0	21,0	22,0
Avgassar								
CO ₂ , CH ₄ og NO _x som CO ₂ -ekvivalentar, Globalt	[tonn/år]	4800	4300	5000	5200	5500	6600	6500
NO _x , Regionalt	[tonn/år]	8	7	9	9	9	10	10
Støyskjermar, Anslege	[m]	-	3300	1450	1450	1450	1450	1450

Tabell 45 Resultat for fart, ulukker og miljø frå EFJEKT

Alternativ		1	2	3	4	5	6
Trace		0	2	2	3	3	4
Anleggskostnad diskontert (eks mva)	[1.000 kr]	659	918	1077	1481	1864	1948
ENDRA KOSTNAD I FORHOLD TIL ALTERNATIV 0 [1.000 kr]							
Trafikantar og transportbrukarar		314	1015	1041	1 010	1120	1110
Operatørar		0	0	0	0	0	0
Det offentlege		-652	-943	-1105	-1516	-2026	-2115
Samfunnet for øvrig		-34	6	-7	-96	-192	-209
SUM		-372	78	-70	-601	-1098	-1214
Netto nytte, NN		-372	78	-70	-601	-1098	-1214
Budsjettkostnad		-652	-943	-1105	-1516	-2026	-2115
Netto nytte pr budsjettkrone, NNB		-0,57	0,08	-0,06	-0,40	-0,54	-0,57

Tabell 46 Hovudtal for resultat frå utrekning av nyttekostnad i EFJEKT

5.6.1 Samanstilling av vegstandard, inngrep og arealbruk

Med unntak av data frå Tabell 35 på side 44, er alle data i denne samanstillinga henta frå Tabell 41 på side 62, Tabell 42 på side 62, Tabell 52 i vedlegg 2 og Tabell 44 på side 64.

Alternativ		0	1	2	3	4	5	6
Trace			0	2a	2a	3	3	4
Fartsgrense		80 og 60	80 og 60	90*	90*	100*	100*	120**
Dim klasse			H4	H5	H5 2 løp tunn	H5 2 løp tunn	H8	H8
Veglengde								
Veg i dagen	[m]			7060	7060	5425	5425	5090
Bru				350	350	320	320	300
Tunnel				1050	1050	2750	2750	3180
Totalt		9007	8900	8460	8460	8495	8495	8570
Kurvatur								
R _{H min}	[stk]		13	1	1	-	-	2
R _{Vh min}	[stk]		1	2	2	3	3	2
maks s***	[%]		4,27	4,57	4,57	4,57	4,57	3,67
Inngrep								
Bygningar	B [stk]		5	3	3	2	2	7
	N [stk]		1	1	1	1	1	2
Jordbruk	[m]		-	1100	1100	1250	1250	3650
Vassdrag	[m]		400	550	550	1100	1100	-
Støyskjerm	[m]		3300	1450	1450	1450	1450	1450
Areal								
Vegareal	[m ²]			311000	311000	250000	361000	324000
Massebalanse	[m ³]			10000	70000	255000	207000	950000
Deponiareal	[m ²]			2500	17000	64000	52000	238000
				* R _H på delparsell 1				
				** 110 km/t dersom utrekna R _{Vh} skal gjelde				
				*** maks s fins kun på ei kort strekning				
				(B) Bustad (N) Næring				
Tabell 47 Samanstilling av vegstandard, inngrep og arealbruk								

Resultata slik dei er oppsummert i Tabell 45, Tabell 46 og Tabell 47 viser at Alternativ 1 kjem svakt ut mellom anna på fart, ulukker og støytiltak og har lågast Netto Nytt pr Budsjettkrone (NNB). Alternativ 2 har best NNB av alle. Mellom anna tal ulukker, avgassmengder og støytiltak kjem greitt ut og likeeins vegareal og masseballanse. Alternativa 3 – 6 har fallande NNB i takt med stigande kostnader med bygging, drift og vedlikehald. Sidan tunnel har høge kostnader er det tunnelomfanget som i vesentleg grad bestemmer dette utfallet. For dei trafikkmengdene som fins her, ser dermed Alternativ 2 mest lovande ut når det gjeld NNB, men Alternativ 3 kan også være interessant. Horisontalkurvaturen gjev likevel avgrensingar i forbetningsmogelegheiter for begge to. I Kap 6 vert desse resultata drøfta nærare.

6 Drøfting av resultat

Innanfor eit planområde kan det finnast fleire vegalternativ som oppfyller gjeldande funksjonskrav. Framgangsmåten for å velje ut og vurdere alternativ er omtalt i Kap 3. Sidan nytten er avhengig av trafikkmengda og byggekostnadane i stor grad bestemmer samla kostnadar, vert utgangspunktet at eit meir kostbart alternativ automatisk krev større trafikkmengde for å gje positiv nytte.

I utveljinga av alternativ er det vesentleg å fokusere på at veg er eit eksempel på tung infrastruktur med høge kostnadar og at det er tiltak som skal byggast for lang levetid. For at føremålet skal være tilfredstilt må tiltaket difor innehalde mogelheitene til å imøtekome dei krava som vil kunne gjeld for transportfunksjonen i heile denne levetida. Sidan transport over lengre avstandar er ein stadig meir sentral nødvendighetsfaktor for all samfunnsaktivitet, vert det dermed vesentleg å legge vekt på at alternativa som skal vurderast kan gje høve til høgare fartsgrenser enn det som gjeld ved tidspunktet for bygging. Minimumkurvatur bør dermed alltid unngåast ved traceval og det bør sikrast ekstra breidde til framtidig utviding. I slutten av Kap. 5 er det kommentert at tunnel er eit særleg kostbart element, ikkje minst ved dimensjonering for høge fartsgrenser. Konsekvensen vert dermed at tunnel bør nyttast i minst mogleg grad og av same grunn gjeld det også for bru.

Grunnlaget for caset i Kap 4 er vegalternativ og trafikkmengder frå eit reelt planprosjekt som nyleg er gjennomført. Gjeldande normalkrav til vegstandard er lagd til grunn og ut frå desse føresetnadane er det så funne fram til ein del alternativ.

Det er først gjort ei grovsortering av alternativa vurdert etter lengde, nærføring til og inngrep i busetnad, næring og andre arealinteresser i tillegg til omfanget av særleg kostnadskevande element som bru og tunnel. Deretter er det gjort ei vurderinga av ein del konsekvensar gjennom ei enkel kostnytteanalyse for å påvise dei prissette konsekvensane for kvart enkelt alternativ. Ein del resultat som gjeld veggeometri, prissette konsekvensar og arealbruk for alternativa i caset er vist i Kap 5.

Dette kapitlet inneheld tolking og diskusjon av desse resultatata med bakgrunn i funna teorien i Kap 2. Til slutt vert moglege usikkerheiter og feilkjelder diskutert.

6.1 Vegutforminga sin verknad på fart

6.1.1 Linjeføringa

I kap 2 er det gjort greie for korleis fart verkar på linjeføringsparameterane med vekt på minimumkurvatur. Det kan tenkast at nokre av desse parameterane viser seg å ha ei større betydning for jamn fart og nedanfor er det trekt fram nokre moment som talar for det.

Fartsprofilen som er omtalt i kap 2.5 framstiller samanhengen mellom horisontalradius og fart. Samanhengen mellom stigande fart og stivare kurvatur vert forklart med at lenger siktavstandar og høgare kurveradiar medverkar til å gje trafikken eit høgare fartsnivå. Når det gjeld status i regelverket i handbok N100 (2014a), er fartsprofilen avgrensa til å vere avhengig av horisontalkurvaturen. Nabokurver som er omtalt i kap 2.8.4 har ei liknande hensikt, men her vert omsynet til trafiksikkerheita brukt meir direkte som ei grunngeving for å stille krav. For dei dimensjoneringsklassene som er nytta i dette caset, er det ikkje krav til øvre nabokurveradius i handbok N100 sine prosjekteringstabellar. Likevel kan regelen illustrere det faktumet at jamn kurvatur gir høve til jamn fart.

Ei god visuell linjeføring ligg utanfor innhaldet i kap 2, men i kap 2.8.1 er det peika på at rettlinja gir både dårleg avstandsdøming og fare for blanding frå lysa til møtande trafikk. Utan å gå noko meir inn på dette begrepet, ligg det elles i dette at visuell linjeføring er ein kurvatur som skal gje god informasjon om vegen sitt forløp vidare framover.

I kap 2.10.3 er verknadane av stigning og omtala når det gjeld fartsdifferanse mellom tunge og lette køyretøy. I lengre stigningar utløyser fartsdifferansen eit behov for forbikøyringsfelt og dette behovet er elles til stades der standarden er smal møtefri veg, dvs H5-klassen som nemnt ovanfor.

I kap 2.10.5 er høgbrekk og lågbrekk omtala. Lengdeprofila for alternativa viser moderat og nokså jamn stigning og eignar seg difor i mindre grad for ei inngåande drøfting av vertikalradius. Derimot viser alternativa at jamn vertikalkurvatur medverkar til jamn fart.

Oppsummert vil dermed horisontalkurveradius, nabokurve, rettlinje, stigning og mogelegheiter for forbikøyring kunne telje noko meir for fartsnivået enn dei andre linjeføringsparameterane i vurderinga av resultatata frå dette caset.

6.1.2 Tverrprofilen

Dei aktuelle tverrprofila er vist i kap 4.7.4. Dei reelle trafikkmengdene og kurvaturen langs eksisterande veg kan tillate H4- profilen. Men som nemnt gjeld H5-profilen ut frå føringane i overordna regelverk og planer i dette caset.

Kravet til tverrprofilutforming innanfor vegskulder er det same for bru som for veg i dagen elles, men for tunnel gjeld det krav om 2-løps tunnel ved fartsgrense over 80 km/t.

Tunnel stiller dermed dei strengaste krava til tverrprofilutforminga når det gjeld fart. På parsellen Moskog – Vassenden slår dette minst ut for Alternativ 2 og 3 med sine korte tunnallengder. For Alternativ 2 med 1-løps tunnel vert redusert fartsgrense nokså kort og Alternativ 3 får den lågaste kostnaden med å halde gjennomgåande like høg fartsgrense i ein 2-løps tunnel. Ei enkel kostnytteberekning for Alternativ 3 med 2+1-felts veg samanlikna med tilsvarande standard for Alternativ 4 ville kunne vise om dette stemmer.

6.1.3 Alternativa si eignelegheit

Resultata frå utrekningane i EFFEKT viser at berre Alternativ 2 får positiv netto nytte. At Alternativ 3 – 6 har negative resultat skuldast at trafikkmengda vert for liten til å gjere trafikantnyttan tilstrekkeleg stor. Avstanden mellom resultatata viser likevel greitt kor mykje nytten endrar seg ved å velje høgare eller lågare standard.

Som nemnt i Kap 4.6.2 byr både Alternativ 1 og 6 på ulemper som gjer dei mindre eller ikkje eigna.

Tabell 45 og Tabell 46 (NK) viser at Alternativ 1 får låg nyttekostnad. Dette skuldast fartsgrenser, kurvatur og at vegen ikkje er møtefri, dvs ikkje har midtrekkverk. I tillegg vil eksisterande trace bety omfattande utbygging av sekundervegar og noko inngrep i busetnad og jordbruk. Låg fartsgrense kjem av nærføring til eksisterande busetnad, noko som i tillegg gjev omfattande tiltak for å avgrense støy. Alternativet har dessutan

For Alternativ 6 vert det høg kostnad med lang tunnel i høve til nytten for dei trafikkmengdene som er til stades.

Alternativ 2 – 5 står dermed att for nærare vurdering der alternativa er definert ut frå ulike aktuelle standardar. Samanlikninga bekreftar at Alternativ 2, 3 og 4 med dimensjoneringsklasse H5 kjem best ut ved eksisterande trafikkmengde. Av desse tre er det Alternativ 2 med 2-felts veg og 1 løps tunnel som gjev best nyttekostnad pr. budsjettkrone (NNB). Ulikskapen mellom Alternativ 2 og 3 er 2-løps tunnel for sistnemnde, noko som trass gjennomgåande fartsgrense 90 km/t, gjev litt redusert NNB og dessutan auka massedeponi. Skilnaden mellom Alternativ 3 og 4 er lenger tunnallengde for nr 4. Dette slær tydeleg ut i både redusert NNB og auke i massedeponi. Alternativ 4 og 5 har same trace, men sistnemnde har dimensjoneringsklasse H8 og får NNB, deponiareal og vegareal deretter.

Alternativ 2 – 5 kan strekkast ut til kurvatur for høgare fart på den delen av parsellen der dei følger nokolunde same linje. Alternativ 2 og 3 er mest rettlinja på resten av parsellen og har kortast tunnallengde.

6.1.4 Mogelege forbetringar for alternativa

Resultata for kurvatur og inngrep for kvart alternativ er vist i Kap 5.1. Alternativ 2 - 5 har minimum horisontalradius ($R_{H\ min}$) ved profil 1550-1700 og ved profil 4050 – 4500. Alternativ 4 har i tillegg $R_{H\ min}$ ved profil 3200 – 3650. På desse stadane har desse alternativa i tillegg inngrep i busetnad og / eller elv.

For å oppnå ein jamnare og rettare horisontalkurvatur og unngå $R_{H\ min}$ på strekninga fram til profil 4500, kan det veljast ei linje som følger Alternativ 4 med utretting mellom profil 2600 og 3800. Dersom fartsgrensa skal hevast ytterlegare, må horisontalkurvaturen gjerast enno stivare i dette området. Då kan det veljast ei linje som følger Alternativ 6 fram til ca profil 2300 og som følger Alternativ 4 vidare som beskrive ovanfor. Ei slik linje vil fjerne seg noko frå føringane i kommuneplanen om å halde seg til eksisterande veg på denne strekninga og det vil føre med seg meir omfattande inngrep i busetnad. Men løysinga vil tilfredstille funksjonskrav for høg fartsgrense og gje jamn fart.

På resten av parsellen, frå profil 4500 og vidar mot Vassenden har Alternativa 2 – 6 ein rettare horisontalkurvatur, noko som skuldast at dei her er kobla frå eksisterande veg. Det er berre mindre ulikheiter når det gjeld lengder og kurvatur.

Oppsummeringa så langt når det gjeld kurvatur og høg fartsgrense, er at eit utretta Alternativ 4 (som nemnt ovanfor) fram til ca profil 4000 og deretter Alternativ 3 gjev ei god utteljing når det gjeld vegfunksjonen. Ei ytterlegare kurvaturforbetring kan gjerast med å følge Alternativ 6 fram til ca profil 2600 før Alternativ 4 overtek. Ulempa vert i tilfelle noko større inngrep i busetnad i starten av parsellen. Det er også ei ulempe at nyttekostnaden vert redusert grunna bygge- og driftskostnadane med 2-løpstunnel. Denne linja er vist nedanfor i Figur 41 og skissert i teikningsheftet som Trace 5 med dimensjoneringsklasse H5.

Av dette kan ein sjå at føringa for kommuneplanarbeidet om å følge eksisterande veg på den første delen av parsellen gjev redusert friheit til å finne ei god linjeføring på denne delen av strekninga.

Alternativ	Fartsgrense km/t	Dimensjoneringsklasse			Veglengde [m]				Trace
		H4	H5	H8	Veg	Bru	Tunnel	Totalt	
-					6930	350	1050	8330	5

Figur 40 Trace 5. Plassering og kurvatur. Sjå teikning B015

6.1.5 Forbikøringstrekningar

Plassering av forbikøringstrekningar pr alternativ er nemnt i Kap 5.1. Ved minimum forbikøringmulegheiter og 1-løps tunnel for dimensjoneringsklasse H5, kan det tenkast at tunnelen vert nytta til forbikøring noko som er trafiksikkerheitsmessig uheldig. Men kurvaturen på kombinasjonen av Alternativ 3 og 4 gjev høve til forbikøring overalt under føresetnad av at det vert brukt 2-løps tunnel. Avgrensingane for forbikøring ligg dermed i trafiksikkerheitsmessige krav elles som slår ut ved tunnel og kryss.

Som nemnt i Kap 2.15.4 har det svenske 2+1-tverrprofilet eit krav om veksling mellom 1 og 2 køyrefelt pr. retning, noko som indikerer at moglegheita til forbikøring vert vektlagt noko meir enn i Norge der kravet vert minimum 1 km forbikøring pr 10 km vegstrekning. Dette caset er likevel ikkje eigna til å vise verknadar av 2+1-tverrprofilet sidan liten stigning for alle alternativa gir tilfredstillande gjennomsnittsfart for alle køyretøytyper som vist i Tabell 45.

6.1.6 Kryssutforminga

I handbok N100 er det krav om planskilde kryss ved ÅDT 8000 og vidare at det skal vurderast å senke fartsgrensa ved plankryss når den er 80 og 90 km/t. Planskilde kryss har ikkje kryssande køyreretningar på primærvegen og dette medfører betre kapasitet til trafikkavviklinga og større sikkerheit mot trafikkulukker enn det som er tilfelle for kryss i planet. Eit krav om planskilde kryss slår dermed ikkje inn for H5 her, sidan trafikkmengdene vert for små. Men ved god kurvatur slik det er her, vert som nemnt farten høgare og trafiksikkerheit kan dermed vere ein grunn til å vurdere planskild kryss nærmare i eit vidare planarbeid.

6.2 Vegutforminga sin verknad på arealinngrep

6.2.1 Arealbehov for kryss

I caset er det føreslege kryssplasseringar på Eikås og på Bakkeslått. I plasseringa på Bakkeslått som ligg nærmast Vassenden, er det vist løysingar både for eit T-kryss og for eit planskild Ruterkryss.

Ruterkryss er ei planskild løysing som er rekna for å nytte arealet godt og Tabell 43 viser at det krev moderat areal og veglengder slik det er plassert her. T-krysset krev i dette tilfelle vesentleg større veglengde for å knyte seg til eksisterande vegnett. Kostnad og nytte er ikkje rekna ut for desse to alternativa, men Tabell 43 viser at både arealbruk og veglengde for T-krysset er ca 40 % av det som

Ruterkrysset krev. I tillegg vert behovet for tilknytingsveg størst for T-krysset. Når skilnaden mellom dei to krysstypene ikkje er større, bør begge krysstypene vurderast i eit vidare planarbeid. Sjølv om omfanget av vegtilknytninga for T-krysset kan reduserast, vil det kunne påverke valet av kryssløysinga her.

Bakkeslått er sentralt plassert i høve til busetnad og andre funksjonar på Vassendenområdet, men inneheld også tydelege jordbruksinteresser og andre næringsinteresser. Dette kan vere grunnen til at kommuneplanen i staden for denne plasseringa har valt eit kryssområde heilt ved den austre enden av planområdet i eit nokså trangt terreng heilt inntil Jølstravatnet. Derimot er kryssplasseringa på Eikås felles for kommuneplanen og denne oppgåva.

6.2.2 Inngrep i busetnad, vassdrag og i landareal

Arealbeslag til vegføremål er avhengig av kor stor del av strekninga som ligg i dagen, medan deponiarealet i hovudsak aukar i takt med aukande andel tunnel. Dessutan aukar begge deler med stigande vegstandard sidan dette påverkar tverrprofilen. Og det er som regel behov for arealbruk til ulike andre føremål og dette må vurderast før inngrepsgrensene vert plasserte.

Tabell 44 viser arealbeslag til veg medrekna nødvendig sideareal slik det er sett opp i vegmodellane. I tillegg viser tabellen nødvendig deponiareal ved 4 m gjennomsnitteleg deponihøgde. Tabellen gjeld for Alternativ 2 og 4 – 6. Alternativ 4 og 5 viser at vegareal for H5-standard og 2-løps tunnel vert om lag 70 % av det H8-standard treng. Massedeponiet vert derimot 20 % større for H5 enn for H8. Dette skuldast at det går minst masser til å bygge H5, sidan den har halve breidda til H8.

Inngrep i busetnad, vassdrag og jordbruk er vist for kvart Alternativ i Tabell 47. Tabellen viser at ingen av alternativa krev store bygningsmessige inngrep, noko som naturlegvis skuldast at alternativa ligg i spreiddbygde og til dels ubebygde områder.

Stigande fartsgrense medfører som nemnt stivare linjeføring og minkande terrengtilpassing. Sidan Alternativ 6 har stivast linjeføring, har dette alternativet minst evne til å følge eksisterande veg og kryssar dermed mest jordbruksareal. I tillegg fjernar det seg frå eksisterande veg tidlegare enn Alternativ 2 – 5 gjer det.

Når ein ser bort frå bruene, har Alternativ 6 ikkje inngrep i vassdrag, medan Alternativ 2 – 5 har noko inngrep. Desse inngrepa kan reduserast med å rette ut horisontalkurvaturen mellom profil 1550 og 1700 og mellom profil 2600 og 4500.

6.2.3 Andre verknadar

Verknadar elles som er nemnt i caset gjeld ulukker, avgass, og støy.

Tabell 45 viser utrekna tal personskadeulukker. Som nemnt har alle alternativa møtefri veg unnateke Alternativ 1. Dette resulterer i vesentleg høgare tal personskadeulukker for Alternativ 1 enn for nokon av dei andre. Tal køyrefelt pr. retning og 2-løps tunnel bidreg til ytterlegare nedgang i desse tala når det gjeld dei andre alternativa (Statens vegvesen 2008b).

Alle alternativa har liten stigning. Stigninga bidreg difor i liten grad til skilnad i fart mellom lette og tunge køyretøy. Signinga skapar dermed ikkje særleg behov for forbikøyring og bidreg i mindre grad til høgt drivstoff-forbruk og høg avgassproduksjon.

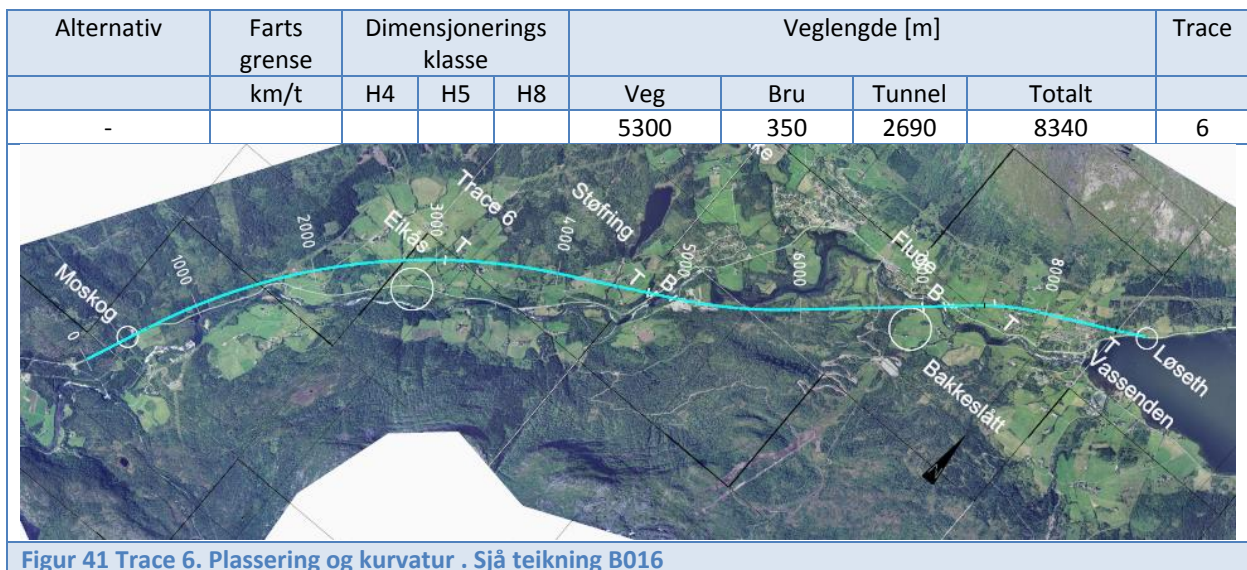
Fartsgrenser påverkar derimot opptreande fart. Høge fartsgrenser slår difor ut både på fartsskilnaden mellom tunge og lette køyretøy og på forbruk av drivstoff og dermed avgassproduksjonen. Tabell 45 viser at gjennomsnittsfarten og dermed fartsdifferansen stig kontinuerleg frå Alternativ 1 til Alternativ 6.

Trafikkstøy er mellom anna avhengig av avstand frå støykjelda i flg Retningslinje T-1442 (Miljøverndepartementet, 2012). Støy er ikkje utrekna her, men det er som nemnt gjort eit overslag på mengde støyskjermer for bygg som ligg nær inntil vegen. Tabell 45 viser at Alternativ 1 har vesentleg større anslegen mengde støyskjermer enn dei andre alternativa.

6.3 Variantar av alternativa

I Kap 4 og 5 er Trace 2b nemnd som ein variant av 2a, der fordelene er kortare tunnel og ulempa er litt trongare kryssplassering på Bakkeslått i tillegg til meir inngrep i busetnad. Men traceen har tilfredstillande kurvatur og kortare tunnel og kan dermed optimalisere ytterlegare den forbetringa som er nemnd tidlegare i dette kapittelet.

Frå og med nord for Alternativ 6 på Eikås og vidare mot Vassenden fins det moglegheiter for eit alternativ som i alt ikkje har lenger tunnallengde enn Alternativ 4 og 5. Dette alternativet følger i liten grad eksisterande veg og har ei nokså stiv linjeføring, men greier likevel å følge terrenget i rimeleg grad. Når alternativet fjernar seg så langt frå kommuneplanen sine avgrensingar, er det ikkje undersøkt nærare i dette caset, men denne linja er vist nedanfor i Figur 41 og skissert i teikningsheftet som Trace 6 med dimensjoneringsklasse H5.



Utanom dette og i tillegg til dei alternativa som er undersøkte, fins det minst to andre interessante moment som ikkje er definert som eigne alternativ eller undersøkt nærare her.

Avgrensa forbikjøringsmoglegheiter for H5-lassen gjer at det ville vore interessant å sjå på eit gjennomgåande 2+1 – tverrprofil der innerfeltet vekslar nokolunde jamt mellom kjøreretningane. Som nemnt i kap 2 nyttar Sverige denne løysinga med normalt mellom 15 og 40 % forbikjøringsmoglegheit pr retning.

Det andre er at når levetida er sett til 40 år er det usikkert om det er nok å berre rekne med reine vedlikehaldskostnadar for Alternativ 0. I dette tilfelle er sjølve vegstandarden så dårleg, at det til dels kan være aktuelt å samanlikne mot Alternativ 1 eller mot eit alternativ med utbetringstandard i staden for Alternativ 0. Dessutan gjeld at dersom vegen sin transportfunksjon skal ivareta kast over tid, må den truleg gjerast avkjørslefri. Det løyser i sin tur ut behovet for nye kryss og eit betydeleg omfang av sekundervegar.

6.4 Sikkerheitsnivået i dimensjoneringsgrunnlaget

Som vist i teorikapittelet, er fastsettinga av minimumkurvatur mellom anna avhengig av fart og friksjon. Dersom sikkerheitsnivået i form av fartstillegg og / eller sikkerheitsfaktor for friksjon vert redusert, vil som tidlegare nemnt kurvaturkrava for ei gitt fartsgrense også gå ned, så lenge valet bygger på reine køyredynamiske vurderingar. Dersom slike justeringar skjer, kan eit alternativ som er kvalifisert for 100 km/t «rykke opp», til dømes til 110 km/t.

NA-rundskriv 2015/2 og 3 (Statens vegvesen, 2015a) og (Statens vegvesen, 2015c) som kom i januar-februar 2015, inneheld nye prosjekteringstabellar for dimensjoneringsklasse H8- og H9 der fartsgrensa vart heva frå 100 til 110 km/t. Desse verdiane er ikkje drøfta eller brukt i denne oppgåva. Det spesielle her er at verdiane for sikt og vertikalcurveradius er konstante for alle horisontalkurveradiar, noko som let seg gjere dersom ein reknar med lågare sikkerheitsfaktor for friksjon enn det gjeldande utgåve av handbok V120 oppgjev. Desse endringane indikerer dermed at komande revisjonar av handbok N100 og V120 kan tenkast å innehalde justeringar for andre dimensjoneringsklasser dersom det ligg føre påliteleg grunnlag for å redusere sikkerheitsfaktoren for friksjon. I tillegg til god sikkerheit for riktige materiale eigenskapar på vegdekke, føreset ein slik reduksjon at det også er god sikkerheit for at riktige drift- og vedlikehaldsrutiner på vegnettet vert haldne.

Når det gjeld fartstillegget kan ein førestille seg at intelligente transportstyringsystem (ITS) som er i sterk utvikling, kan påverke på lenger sikt. I dag fins det system tilknytt vegen både for overvaking, informasjon og styring av trafikken, som til dømes automatisk trafikkontroll, fartsmålingstavler, reisetidsinformasjon, kjørefeltsignal og variable fartsgrenser. For køyretøy fins det avansert førarstøttesystem som basert på sensortechnologi kan varsle føraren og medverke til å unngå ei uønska hending. Eksempel er bremsekontroll, antiskrens, adaptiv fartskontroll og intelligent fartstilpassing.

6.5 Feil og usikkerheiter

Det kan finnast usikkerheiter i både teori og metode og det kan finnast både usikkerheiter og feil i så vel verktøy som i datagrunnlag og ferdige planer.

Avgrensingar må ofte gjerast i både omfang og kompleksitet for at ei problemstilling eller eit saksområde for at det skal være forståeleg og handterbar. Teori er her avgrensa til geometrisk vegutforming og omfattar ikkje til dømes køyretøyet si utrusting eller førar og andre trafikkantar sine reaksjonsmønster. Føresetnadane elles er personbil i dagslys på køfri veg med våt og isfri køyrebane.

Metode for konsekvensvurdering som er brukt, er avgrensa til ein enkel nyttekostnadsanalyse og der dei ikkje prissette verknadane og lokale og regionale ringverknadar er utelatne.

Metodikken med som er nytta for å finne fram til reelle alternativ og velje mellom dei, er ei «trappesteg» samanlikning. Ei svakheit ved ei slik samanlikning kan være at kvar trace ikkje vert samanlikna mot eit felles referansenivå, til dømes dimensjoneringsklasse H5.

Verktøya for prosjektering og for utrekning av nyttekostnad er akseptert som standard verktøy for slike oppgåver. Alle verktøy har avgrensingar i funksjon og nøyaktigheit, men det er ikkje forsøkt å etterprøve resultatata med tanke på å avdekke slike avgrensingar her.

Det fins usikkerheiter i både kart, vegmodellar, trafikkmengder prisar og prosjektomfang. For caset gjeld det at:

- Planen er i ein tidleg fase og mengdeanslaga er dermed hefta med vesentleg usikkerheit.
- Mengder for sekundærvegar og kryss er ikkje med.
- Prisane for bygging er dei som gjeld for Region vest generelt og tek ikkje høgde for lokale forhold.

6.5.1 Feil i kartgrunnlaget

Nøyaktigheita for terrenghøgder kan variere og dermed påverke nøyaktigheita i prosjekteringsresultatet, medan høgdefeil i kartgrunnlaget kan gje feil til dømes i mengdeutrekningane i prosjekteringa. Slike feil kan prosjekteringsverktøyet framstille som «hol» i terrenghøgdemodellen, gjerne i form av godt synlege «hakk» i utteikna lengdeprofil. Typisk gir dei feil i vegmodellen ved utteikninga av flater som vert avgrensa mot terreng, t d vegggrøft og vegskråning, eller utrekninga av masser frå skjæringar og til fyllingar. Slike feil er vanskelege å finne og er ikkje retta her. Store feil i teikningane er retta manuelt. Masseutrekningane er delt inn i mindre strekningar, slik at «hola» i terrenghøgdemodellen ikkje vert teke med. På denne måten får desse feila ikkje verkand for dei resultatata som ligg føre.

6.5.2 Usikkerheiter i mengder

I dei ulike alternativa som er vurderte, er berre primærvegen teke med medan kryss og sidevegar er utelatne. Det samla omfanget av kvart alternativ vil dermed bli større enn det som er framstilt her. Som nemnt i Kap. 5.4 er omfanget av nye sidevegar avhengig av kor stor del av det eksisterande vegnettet som må vike plass for det alternativet som vert valt.

I vegmodellane er berre netto veg teke med og utover dette må det alltid gjerast betydeleg tilpassing av terrenget mellom vegen og vegen sitt nabo område. Slike omsyn er eksempel på at mengdeutrekningane i vegmodellane på dette stadiet må betraktast som grove anslag der masseoverskotet gjerne kan vise seg å vere for høgt og vegarealet for lågt. Til slutt må det reknast svinn av masser under sjølve byggeprosessen. Usikkerheita i mengder vil dermed vere til stades i minkande grad heilt fram til utbygginga er ferdig gjennomført.

I alt er det dermed mest truleg at mengder for utbygging vil vise seg å stige uansett val av alternativ og at omfanget av kryss og sidevegar vil påverke denne mengdeauken vesentleg.

Utanom mengder for vegbygging fins det usikkerheiter til dømes i trafikkprognose for lengre tidshorisonter og i verdiar for drivstoff-forbruk. Begge deler gir utslag i transportbrukarnytten og drivstoff-forbruket verkar i tillegg på luftforureining. Grunnlaget for trafikkprognosane er rekna for å være rimeleg sikkert. Når det gjeld drivstofforbruk, viser kontinuerlege målingar på utvalde vegstrekningar med sterk stigning i kombinasjon med knapp horisontalkurvatur interessant høgt

forbruk samanlikna med tilsvarende målingar på rette nabostrekningar med liten stigning (Levin, 2014). Det kan dermed tenkast å være ein del usikkerheit knytt til verknaden av drivstoff-forbruket for tunge køyretøy på kortare strekningar når det gjeld einingsprisane for både transportbrukarnytte og avgassproduksjon i nyttekostandsanalysen.

6.5.3 Usikkerheiter i prisar

Det heiter i handbok V712 (2014i) at det vil finnast usikkerheit i både einingsprisar, trafikkutvikling og i verknaden av alle tiltak. Einingsprisar for tid, ulykker og miljø er fastsett som eit nasjonalt gjennomsnitt og skal ikkje varierast i nytte-kostnadsanalysen. Usikkerheita i drivstoff-forbruk skal dermed utelatast.

Usikkerheita i nyttekostnad av byggekostnadar og trafikkprognoser kan derimot undersøkast ved hjelp av ein følsamheitsanalyse i EFFEKT. Her er gjennomsnittsprisar frå Statens vegvesen, Region vest sitt NTP-arbeid brukt direkte når det gjeld utbygging. Desse prisane tek ikkje høgde for lokale forhold som til dømes marknad, topografi eller kompleksitet i prosjektet. Dersom Anslagmetoden, handbok R764 (2014f) hadde vore nytta for dette kostnadsoverslaget, ville slike usikkerheiter i prisar vist att ved ei øvre og ei nedre grense i tillegg til den forventa verdien for kostnadane. Desse verdiane kunne deretter vore nytta i følsamheitsanalysen for å finne usikkerheita i nyttekostnad. Nøyaktigheitskravet i Anslag som samsvarar med øvre og nedre grense er 40 % for dette planstadiet. Verknadane av usikkerheita i trafikkprognoser kan undersøkast på same måte.

6.5.4 Andre faktorar

Vestlandet varierer i landskapstypar og det er ikkje gjort noko vurdering her av i kor stor grad parsellen Moskog – Vassenden kan være representativ for større deler av E39. Den direkte overføringsverdien av dei resultatata som ligg føre til andre område, er dermed usikker.

7 Oppsummering og konklusjon

Fokus for denne masteroppgåva er i kva grad veg med høge fartsgrenser er mogeleg i terrenget på Vestlandet. I dette ligg også å finne ein del verknadar av slike vegtiltak. Fartsgrenser sin verknad på vegutforminga er undersøkt og det er brukt ei strekning av E39 som case for å analysere i kva grad slik utforming er gjennomførleg og kva verknadane vert, vesentleg innanfor nytte og kostnad når det gjeld prissette tema.

Gjennomgangen i Kap. 2 omfattar geometrisk utforming og gjeld linjeføring, tverrprofil og ein del sideareal. Gjennomgangen viser at med unntak for minste resulterande fall, påverkar fart alle linjeføringsparameterane direkte gjennom formelverket for geometrisk utforming. Gjennomgangen viser også empirisk påviste verknadar for tverrprofil og sideterreng.

Samanlikninga med utanlandsk regelverk omfattar Sverige, Danmark og Storbritannia og gjeld for veg med god standard og høg fartsgrense. Samanlikninga viser at sikkerheitsnivået i dei norske krava til linjeføringsparameterar for slik veg gjennomgåande ikkje ligg under dei det er samanlikna med. Eit unntak gjeld likevel forbikøyringssikt og forbikøyringsmogelegheiter, der dei norske krava er mellom dei lågaste i samanlikninga.

Minimumsverdiar for linjeføringsparameterar er utrekna for høgare fartsgrenser enn det som vert bruk i gjeldande utgåve av handbok N100. Desse verdiane er vist i tabellen nedanfor og dei gjeld for det same sikkerheitsnivået som vert lagt til grunn i handbok N100. Tabellen viser også gjeldande verdiar frå og med 80 km/t og omfattar dei dimensjoneringsklassene som er aktuelle i Kap. 4.

Dimensjoneringsklasse			H4	H5	H8	Utrekna i Kap. 2		
Fartsgrense		[km/t]	80	90	100	110	120	
Parameter	R_H	[m]	300	450	700	860	1050	
	A_{min}	[m]	140	180	245	280	320	
	R_V høgbrekk	[m]	4400	6400	13600	22445	33165	
	L_S	[m]	145	180	255	330	400	For stigning= 0

Tabell 48 Minimumskrav til sentrale linjeføringsparameterar

Når det gjeld tverrprofilet, er det berre Sverige som har midtrekkverk på veg med mindre enn 4 køyrefelt. Svensk regelverk legg her vekt på gode mogelegheiter for forbikøyring ved å anbefale gjennomgåande løysing med 2+1-felt.

Metodikken som er greidd ut i Kap. 3 for utveljing av vegalternativ som held krav til høg fartsgrense innanfor ei gitt strekning, omfattar bruken av nyttekostnadsanalyse. I metodikken er det lagt vekt på at byggekostnaden påverkar netto nytte i vesentleg grad og at første trinn i utveljinga kan være å finne dette omfanget, føresett at det gjeld alternativ med lik nytte. Omfanget av særleg kostnadskrevjande element som bru og tunnel vert dermed avgjerande. Metodikken gjeld ikkje analyse av ikkje prissette tema, men det er gitt nokre eksempel på å bruke omfanget av arealbeslag og inngrep som enkle indikatorar for nokre tema her.

Caset som er presentert i Kap. 4 omfattar parsellen Moskog – Vassenden på E39 i Sogn og Fjordane. Føresetnadane om vegstandard i dette caset er henta frå føringar for ferjefri E39 der det vert fokusert på ein god og framtidsretta kurvatur. På denne parsellen med ca. 9 km lengde kan landskapet tillate at ein veg som er dimensjonert for høgare fartsgrenser enn det som vert brukt i dag, i vesentleg grad får gå utanom bru og tunnel. I caset er det vurdert fleire alternativ med ulike

mogelegheter for høge fartsgrenser. Når det gjeld trafikkgrunnlaget er det ikkje teke med nyskapt trafikk grunna ferjefritt vegsamband og trafikkprognosen som er brukt her er difor noko konservativ.

Resultata i Kap. 5 viser at det fins fleire alternativ som held krav til høg fartsgrense og som likevel for det meste ligg i dagen.

Føresetnadane om kva for deler av området som skal kunne undersøkast er henta frå ein vedteken kommuneplan. Det er ikkje diskutert i kva grad desse føresetnadane avgrensar mogeleghetene for å finne gode alternativ, men det er skissert to alternativ for høg fartsgrense som går utanom denne planen sine råmer. Dette viser at gjeldande plan avgrensar talet mogeleg alternativ.

Vegstandarden som er valt føreset midtrekkverk og avkjørslefrie løysingar. Caset inneheld ikkje større vurderingar av sidevegar og kryss, men det er gjort ei enkel samanlikning av arealbehov og veglengder for eit Ruterkryss og eit T-kryss i den same plasseringa. Samanlikninga stadfester at Ruterkrysset er eit planskild kryss som utnyttar arealet godt. Når det gjeld sidevegar, kan eksisterande hovudvegtrace truleg fungere som framtidig sideveg, så lenge ny hovudveg vert lagt i ein annan trace.

Strekninga har beskjeden stigning. Caset eignar seg difor ikkje til å sjå på behov for forbikøyring grunna stigning, men det viser at fartsskilnaden mellom tunge og lette køyretøy er tydeleg ved høg fartsgrense, også utanom sterk stigning. Drivstoff-forbruk og dermed avgassproduksjon som funksjon av fart er illustrert i dette caset og det viser også at ulukkesfrekvens er avhengig av om vegen er møtefri eller ikkje.

Mengder og prisar har ei stor grad av usikkerheit i ein slik tidleg fase av ei vegplanlegging, men dei ulike alternativa som er samanlikna her, bør likevel ha så stor innbyrdes skilnad at resultata

Dei 6 ulike alternativa som er vurdert i denne analysen er attgjevne med ein del nøkkeltal nedanfor og deretter kort oppsummert. Alternativ 0, dvs. eksisterande veg er også vist i tabellen.

Alternativ	0	1	2	3	4	5	6
Fartsgrense [km/t]	80 og 60		90*. 80 i tunnel	90*	100*	100*	110**
Dimensjoneringsklasse	Eksist. veg	H4	H5-1 løp tunnel	H5-2 løp tunnel	H5-2 løp tunnel	H8	H8
Lengde veg i dagen [m]	8987	8870	7060		5425		5090
Bru-lengde [m]	20	30	350		320		300
Tunnel-lengde [m]	-	-	1050		2750		3180
Total veglengde [m]	9007	8900	8460		8495		8570
NNB	-0,57	0,08	-0,06	-0,40	-0,54	-0,57	-0,57
* R _H på delparsell 1 er avgjerande			** R _{Vh} på delparsell 2 er avgjerande				

Tabell 49 Nøkkeltal for Alternativ 0 - 6

Alternativ 1 har H4-standard. Alternativet er teke med for å vise verknaden av å la ny veg følge eksisterande vegtrace. Alternativ 1 gjev ein svak netto nytte i høve til kostnad (NNB), oppfyller ikkje nokon fartsgrensekrav og gjev vesentlege tilleggskostnadar med å etablere nytt lokalvegnett.

Alternativ 2 – 5 følger eksisterande veg langs første halvdel av strekninga. Alternativ 2 har H5-standard og ein kort 1-løps tunnel som etter gjeldande vegnormalkrav gjev fartsgrense 80 km/t. Isolert for

denne strekninga gjev dette alternativet best NNB, men over lenger strekningar med større tunnelomfang vert 1-løps tunnel problematisk i høve til kravet om høgare fartsgrenser.

Alternativ 3 følger same veglinje og har same standard som Alternativ 2. Med 2-løpstunnel gjev dette 90 km/t, men tunnelomfanget dreg samtidig NNB noko ned med dei trafikkmengdene som er nytta her. Alternativ 3 kjem likevel ikkje vesentleg svakare ut enn Alternativ 2.

Alternativ 4 har gjennomgåande same standard som Alternativ 3 men har meir enn det doble av Alternativ 3 si tunnallengde. NNB for Alternativ 4 vert dermed tilsvarande svakare samanlikna med dei føregåande alternativa.

Alternativ 5 og 6 har H8-standard og 100 km/t. H8 skal i flg. handbok N100 veljast ved vesentleg høgare trafikkmengder enn det som er nytta her og resultatata for NNB bekreftar for så vidt dette.

Alternativ 5 følger same veglinje som Alternativ 4 medan Alternativ 6 for det meste frigjer seg frå eksisterande vegtrace og har samtidig størst tunnallengde av alle alternativa. Med elles nokså like føresetnadar må resultatet i nesten lik NNB mellom Alternativ 5 og 6 skuldast at Alternativ 6 har den beste kurvaturen av dei to.

Føljande samanfatning kan karakterisere analysen av alternativa i dette caset og diskusjonen i Kap. 5.

- Kurvaturen til alternativa er vesentleg bestemt av i kva grad dei ulike alternativa følger eksisterande veg, medan behovet for nytt lokalvegnett er sterkt avhengig av kor mykje eksisterande veg får bli værande urørt.
- Å gå utanom eksisterande veg kan samtidig gje færre negative miljøverknadar for busetnaden.
- Når det gjeld kostnadane er dei i vesentleg grad bestemt av byggekostnadane medan nytten er bestemt av trafikkmengda.
- Tunnelomfanget styrer i stor grad omfanget av samla inngrep og påverkar samtidig i byggekostnaden sterkt.
- Dei aktuelle vegstandardane her er avkjørslefrie og kryssløysingane er vesentlege for både trafiksikkerheit og trafikkavvikling. Eit eksempel på løysing i denne analysen viser at det kan være interessant å nytte planfritt Ruter-kryss også der planføresetnadane elles gjev høve til kryss i planet. Dette fordi det kan være mogeleg å konkurrere med T-kryss i samla sekundærveglengde og samla arealpåverking.
- Når det gjeld mogelegheiter til forbikøyring er H5 med 2 felt og midtrekkverk spesiell. Dei norske minimumskrava om 1 km forbikjøringsmogelegheit pr. 10 km vegstrekning er forsiktige, til dømes samanlikna med tilsvarande svensk gjennomgåande 2+1-tverrprofil. H5 med minimal forbikøyring kombinert med 1-løps tunnel kan slik tenkast å gje større ulukkesrisiko ved at tunnelen kan bli brukt som ei ekstra mogelegheit til forbikøyring.

Av dette følger nokre hovudpunkt for vurdering og val av alternativ for veg med høgare fartsgrenser.

- Kurvaturen bør alltid ligge godt over minimum slik at det sikrar framtidig oppgradering av vegstandardden.
- Traceane bør alltid ha tilstrekkeleg breidde til å sikre framtidig oppgradering.

- Traceane bør mest mogeleg gå utanom eksisterande vegnett for å minimere behovet for nytt lokalvegnett som følge av ny hovudveg.
- Det bør sikrast god avstand mellom veg og busetnad for å minimere negative miljøverknadar for innbyggjarane.
- Omfanget av bru og tunnel bør alltid minimerast sidan dei er særleg kostnadskrevjande element.
- Planskilde kryss gjev høg trafikkavvikling og trafikksikkerheit og bør kunne føretrekkast også dersom dimensjoneringsføresetnadane elles gjev høve til kryss i planet.
- Tilstrekkeleg forbikøyring bør vurderast nøye der dimensjoneringsføresetnadane gjev høve til å velje 2-felts møtefri veg, dvs. H5.
- 2-løps løysing bør vurderast nøye ved H5 og særleg tunnelomfang, sidan 1-løps tunnel gjev både auka reisetid og redusert trafikksikkerheit.

Målet for denne masteroppgåva er å påvise mogelegheiter for og verknadar av veg med høge fartsgrenser på Vestlandet. Høgare fartsgrenser er ein føresetnad for effektiv vegtransport over lengre avstandar og utgreiingsarbeidet om ferjefri E39 er eit eksempel som viser at vesentlege oppgradering av vegstandard vil kunne gi store innkortingar i reisetid. I oppgåva er det fokusert på i kva grad det fins ulike alternativ for veg med høg fartsgrense på ei av strekningane av E39 der det allereie er planlagt ei oppgradering som skal tilfredstille vedtekne krav.

Farten sin verknad på linjeføring og tverrprofil er undersøkt og minimumskrava til elementa i linjeføringa er rekna ut og samanlikna for høge fartsgrenser. Deretter er det gjort ei samanlikning av gjeldande regelverk for geometrisk vegutforming for Norge, Sverige, Danmark og Storbritannia. Samanlikninga viser at sikkerheitsnivået i norske krav ligg på høgde med desse andre landa sine tilsvarende krav.

Analysen i caset viser at når gjeldande norske krav vert lagt til grunn, fins det fleire alternativ på den strekninga som er undersøkt som held krav for veg med høge fartsgrenser. Det fins også slike alternativ som i det vesentlege ligg i dagen og som i avgrensa grad gjer inngrep i busetnad og natur.

Samanlikninga av alternativa som er nytta i analysen her, viser at ein god og framtidretta kurvatur saman med tilstrekkeleg tracebredde for framtidig oppgradering av vegstandard er grunnleggande kriteria for val av alternativ. Samanlikninga viser også kva for vesentlege kostnadsverknadar bru og tunnel har. Dessutan indikerer samanlikninga i noko grad kva verknadar tracevalet har for både kryssplassering og for omfanget av nytt lokalvegnett. Tracevalet sine inngrep i natur og likeeins kva miljøverknadar det har for busetnad er enkelt illustrert.

Omfanget av mogeleg alternativ er ikkje undersøkt i uttømmende grad og vurderinga av konsekvensar er avgrensa til ei enkel analyse av nyttekostnad. Undersøkinga inneheld ikkje ei meir generell vurdering av i kva grad terrenget på denne strekninga er representativt for større deler av Vestlandet. Men undersøkinga peikar likevel mot nokre problemstillingar som kan være verd å sjå nærare på, for å avklare kva for generell betyding dei kan ha utover det som er indikert i denne analysen. Dette kan gjelde kva for nivå over minimum ein bør legge kurvaturen på og kva for tracebreidde som trengs for å sikre god og framtidretta vegstandard for høgare fartsgrenser, også med tanke på nødvendige oppgraderingar i vegen si levetid. Av problemstillingar som er meir avhengig av trafikkmengde og som dessutan ligg i det nedre området for høgare fartsgrenser, kan

nemnast omfanget av forbikøringsmogelegheiter og omfanget av 1-løps tunnel ved dimensjoneringsklasse H5. Det same gjeld friheita til å nytte planskilte kryssløysingar for denne dimensjoneringsklassen.

Litteraturliste

- AMUNDSEN, F. H., ENGBRETSSEN (2008) Trafikkulykker i vegtunneler 2. Statens vegvesen.
- HIGHWAYS AGENCY (1997) Traffic Flow Ranges for use in the Assessment of New Rural Roads. London, Highways Agency.
- HIGHWAYS AGENCY (2002) Highway Link Design. London, Highways Agency.
- HIGHWAYS AGENCY (2005) Cross-section and Headrooms. London, Highways Agency.
- HIGHWAYS AGENCY (2008) Introduction to the Design Manual for Roads and Bridges. London, Highways Agency.
- HIGHWAYS AGENCY (2012) Design of Wide Single 2+1 Roads. London, Highways Agency.
- HIGHWAYS AGENCY (2015a) <http://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/dmrb/index.htm>. Highways Agency.
- HIGHWAYS AGENCY (2015b) <https://www.gov.uk/government/organisations/highways-agency>. Highways Agency.
- HOVD, A. (2012a) Formelle forhold og prosjekteringsgrunnlag. Trondheim, NTNU.
- HOVD, A. (2012b) Horisontalgeometri. Trondheim, NTNU.
- HOVD, A. (2012c) Siktforhold. Trondheim, NTNU.
- HOVD, A. (2012d) Tverrprofilen. Trondheim, NTNU.
- HOVD, A. (2012e) Vertikalgeometri. Trondheim, NTNU.
- HØYE A, E. R., SØRENSEN M W J, VAA T (2012) Trafikksikkerhetshåndboken. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- KARTVERKET (2015) norgeskart.no.
- LEVIN, T. (2014) Energiforbruk / CO2 langs E39. Trondheim, Sintef.
- MILJØVERNDEPARTEMENTET (2012) Retningslinje for behandling av støy i arealplanleggingen. Oslo, Miljøverndepartementet.
- MYRMEL, J. (2014) E39 Moskog-Vassenden. Alternativsøk. Utkast ed. Førde, Norconsult AS.
- ODECK, J. (2012) Forelesning 2. Kurs BA6051 NTNU. Trondheim.
- SAKSHAUG, K., ENGEN, T, LERVÅG, L-E, LINDLAND, T, YTREHUS, I (2007) Vegens sideområde: Betydning for ulykkesfrekvens og skadekostnad. Trondheim, SINTEF.
- SAKSHAUG, K., LERVÅG, L-E, GIÆVER, T (2004) Skulder- og kjørebanebreddens betydning for trafikksikkerheten. Trondheim, SINTEF.
- STATENS VEGVESEN (1992) 017 Veg- og gateutforming. Oslo, Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2008a) Brukerveiledning EFFEKT 6. Oslo, Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2008b) Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6. Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2011) Kriterier for fastsettelse av fartsgrensene 60, 70, 80, 90 og 100 km/t Oslo, Vegdirektoratet.
- STATENS VEGVESEN (2012) Ferjefri E39. Hovedrapport. Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2014a) N100 Veg- og gateutforming. Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2014b) N101 Rekkverk og vegens sideområder. Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2014c) N400 Bruprosjektering. Oslo, Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2014d) N500 Vegtunneler. Oslo, Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2014e) NVDB. Statens vegvesen.
- STATENS VEGVESEN (2014f) R764 Anslagsmetode. Oslo, Statens vegvesen.

STATENS VEGVESEN (2014g) V120 Premisser for geometrisk utforming av vegar. Oslo, Statens vegvesen.

STATENS VEGVESEN (2014h) V121 Geometrisk utforming av veg- og gatekryss. Oslo, Statens vegvesen.

STATENS VEGVESEN (2014i) V712 Konsekvensanalyser. Oslo, Statens vegvesen.

STATENS VEGVESEN (2015a) Ny dimensjoneringsklasse for motorveg med fartsgrense 110 km/t. Oslo, Statens vegvesen.

STATENS VEGVESEN (2015b) Riksvegutgreiinga 2015 Rute 4a. Oslo, Statens vegvesen.

STATENS VEGVESEN (2015c) Stoppsikt i tunnel med fartsgrense 110 km/t. Oslo. Statens vegvesen.

SVANGSTU, O. (2015) e-post Statens vegvesen Region vest. Einingsprisar for byggekostnader, NTP 2018 - 27.

TRANSPORT- OG KOMMUNIKASJONSKOMITEEN, STORTINGET (2012) Innstilling fra transport- og kommunikasjonskomiteen om Nasjonal transportplan 2014–2023. Trondheim, Stortinget

T GIÆVER, A. R., T M STENE, F SAGBERG OG R WAHL (2007) Evaluering av Nullvisjonsprosjektet på Lillehammer. Delrapport 1: Samlet evaluering av alle vegtiltakene. Trondheim, Sintef.

TRAFIKVERKET (2012a) 179 Krav för vägars och gators utformning. Borlänge, Sverige, Trafikverket.

TRAFIKVERKET (2012b) 199 Vägars och gators utformning Begrepp och grundvarden. Borlänge, Sverige, Trafikverket.

TRAFIKVERKET (2015a) <http://www.trafikverket.se/Privat/Resan-och-trafiken/Hastighetsgranser-pa-vag/>. Trafikverket.

TRAFIKVERKET (2015b) <http://www.trafikverket.se/>. Trafikverket.

TRAFIKVERKET (2015c) <http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Utformning-av-vagar-och-gator/vgu/>. Trafikverket.

VEJDIREKTORATET (2012a) Grundlag for udformning af trafikarealer. København, Vejdirektoratet.

VEJDIREKTORATET (2012b) Planlægning af veje og stier i åbent land. København, Vejdirektoratet.

VEJDIREKTORATET (2012c) Tracéring i åbent land. København, Vejdirektoratet.

VEJDIREKTORATET (2013) Tværprofiler i åbent land. København, Vejdirektoratet.

VEJDIREKTORATET (2015a) <http://vejregler.lovportaler.dk/showdoc.aspx?schultzlink=lov19760287#k5>. Vejdirektoratet.

VEJDIREKTORATET (2015b) <http://www.vejdirektoratet.dk/da/Sider/Default.aspx>. Vejdirektoratet.

VEJDIREKTORATET (2015c) <http://vejregler.lovportaler.dk/searchresult.aspx?t=%2fV1%2fNavigation%2fTillidsmandssystemer%2fVejregler%2fAnlaegsplanlaegning%2f>. Vejdirektoratet.

Vedleggsliste

- Vedlegg 1 Oppgåvetekst
- Vedlegg 2 Inngangsdata og resultat i EFFEKT

- Vedlegg 3 Teikningar fins som eige hefte

Vedlegg 1. Oppgåvetekst

MASTEROPPGAVE

(BA6904 Masteroppgave i studieretning veg)

VÅREN 2015
for
Ragnar Seime

Verknad av høge fartsgrenser på E39

BAKGRUNN

The ferry-free E-39 project in Western Norway aims to improve the efficiency of the route from Kristiansand in southern Norway to Trondheim in mid-Norway by removing ferry crossings and upgrading road design standards. The E-39 project aims to improve trade and industry in Western Norway by improving the level of mobility along the corridor in order to encourage and maintain economic growth. This must be done while considering safety, environmental effects and livability. One design factor which impacts both efficiency and safety is speed limit. Higher speeds result in shorter travel times if the speeds and resulting design elements are appropriate for terrain and environment in which they are placed, but also may have adverse impacts on safety if improperly implemented. Thus in order to understand the implication of increased speed limits further study is needed. The magnitude of the E-39 project and the topography of the region provide a unique opportunity to study this aspect of roadway design.

OPPGAVE

Denne oppgaven skal fokusere på i hva grad høye fartsgrenser kan være relevant i en typisk norsk vestkysten terreng. Strekninger på E39 gjennom Sogn og Fjordane vil bli brukt som "case study." Kandidaten skal:

- Examine Norwegian road design parameters to determine which are impacted by speed and in which way, and compare Norwegian design parameters and standards to those in several other countries. Road design parameters to be investigated include cross-sections, side terrain, bridges and tunnels, in addition to horizontal and vertical alignments.
- Develop alternative alignments for a section of the E39 in Sogn og Fjordane which consider different speed limits (and thus different design classes).
- Perform an alternative analysis to select a preferred alternative.
- Provide conclusions about the impact and feasibility of increased speed limits along the E39.

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 bearbeidingen 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/master/grad/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 ekskursjoner, 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: Ingar Hals og Olav Svangstu, Statens Vegvesen

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 10.09.2014, (evt revidert: 08.05.2015)

Underskrift



Faglærer

Vedlegg 2. Inndata og resultat i EFFEKT

Tiltak	Låg	Kostnadspenn [1.000 kr/m]	
		Normal	Høg
H4-veg	70	90	250
H5-veg/to felt	90	110	300
H5-veg/tre felt	105	130	350
H8-veg	110	140	350
T9,5-tunnel	125	160	400
T10,5-tunnel	170	210	400
2xT9,5-tunnel	190	230	450
H4-bru (11,0) m	410	515	800
H5-bru/to felt	540	680	1 100
H5-bru/tre felt	595	750	1 200
H8-bru	1 010	1 265	2 000

Tabell 50 Statens vegvesen, Region vest sine einingsprisar for arbeidet med NTP 2018 – 27

Alternativ	0	1	-	2 og 3	-	4 og 5	6
Trace			1	2a	2b	3	4
Lenkenr	Lenkelengder						
1	2400	2400		2400	2400	2400	2400
2	4250	4100		3800	3800	3800	3800
3	1820	1870		2260	2300	2295	2370
4	540	530		-	-	-	-
Sum	9050	8900	9200	8460	8500	8495	8570

Tabell 51 Lengder på veglenker

Lenkenr	Vegstandard			Vedlikehald		
	Kryss	Forbikj.sikt	Stigning	Veglys eks tunn.	GS-veg	Støyskjerm
	[stk]	[%]	Flatt-Bratt	[m]	[m]	[m]
	Alternativ 0 - Trace 0					
1	-	10	Fl/Kupert	-	-	-
2	2	10	Fl/Kupert	1680	1680	-
3	2	10	Flatt	1500	1500	-
4	-	10	Flatt	-	-	-
	Alternativ 1 - Trace 0					
1	1	10	Fl/Kupert	-	-	-
2	2	10	Fl/Kupert	1700	1700	650
3	2	10	Flatt	1800	1800	1450
4	-	10	Flatt	300	300	1200
	Alternativ 2 og 3 - Trace 2a					
1	1	50 for H5	Fl/Kupert	2400	-	650
2	1	-	Flatt	3800	-	-
3	-	-	Flatt	1310	-	800
	Alternativ 4 og 5 - Trace 3					
1	1	50 for H5	Fl/Kupert	2400	-	650
2	1	-	Flatt	2050	-	-
3	-	-	Flatt	1300	-	800
	Alternativ 6 - Trace 4					
1	1	-	Fl/Kupert	2400	-	650
2	1	-	Flatt	1450	-	-
3	-	-	Flatt	1300	-	800
	Mengdene er anslått ved gjennomgang av C-teikningane Standardverdiar i EFFEKT er nytta for skjæring/fylling og for andel fjell og rekkverk					
Tabell 52 Opplysningar om vegstandard og om mengder for vedlikehald						

EFFEKT	6.54	Trafikkresultater	Side :		1		
Sogn og Fjordane		ÅDT, alle lenker	Dato :		24.04.2015		
Prosjekt :		1 E39 Moskog Vassenden_Vegnett 0 og 1					
Vegnett :		0 Alternativ 0_Eksisterande trace (0) og eksisterande standard					
	LENKE		ÅDT EN RETNING				
	Fra Navn	Til Navn	År	Lette	Tunge	Busser	Sum
	1 Førde	6 Moskog	2018	1748	252	13	2013
	1 Førde	6 Moskog	2020	1769	261	14	2044
	1 Førde	6 Moskog	2025	1822	290	15	2128
	1 Førde	6 Moskog	2030	1878	322	17	2216
	1 Førde	6 Moskog	2035	1925	345	18	2288
	1 Førde	6 Moskog	2040	1974	370	19	2363
	1 Førde	6 Moskog	2045	2034	391	21	2445
	1 Førde	6 Moskog	2050	2095	413	22	2530
	1 Førde	6 Moskog	2055	2159	432	23	2613
	1 Førde	6 Moskog	2057	2185	439	23	2647
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2018	596	31	2	630
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2020	604	33	2	639
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2025	622	36	3	661
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2030	641	40	3	684
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2035	657	43	3	703
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2040	674	46	3	723
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2045	694	49	3	746
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2050	715	51	4	770
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2055	737	54	4	794
	3 Hjelmbrekke	8 Fluge	2057	746	55	4	804
	5 Skei	11 Løset	2018	1347	231	11	1590
	5 Skei	11 Løset	2020	1363	240	11	1615
	5 Skei	11 Løset	2025	1405	267	13	1684
	5 Skei	11 Løset	2030	1447	296	14	1757
	5 Skei	11 Løset	2035	1484	317	15	1816
	5 Skei	11 Løset	2040	1521	340	16	1877
	5 Skei	11 Løset	2045	1568	359	17	1944
	5 Skei	11 Løset	2050	1615	379	18	2012
	5 Skei	11 Løset	2055	1664	397	19	2080
	5 Skei	11 Løset	2057	1684	404	19	2107

Tabell 53 Trafikkutvikling

EFFEKT	6.54	Gjennomsnittsfart			Side :	1		
Sogn og Fjordane					Dato :	24.04.2015		
Prosjekt :		2 E39 Moskog Vassenden_Vegnett 2, 3 og 4						
Vegnett :		1 Alternativ 2_Trace 2, H5 standard, 1-løps tunnel med 80 km/t						
LENKE		FART (km/t)						
Fra	Navn	Til	Navn	År	Periode	Lette	Tunge	Busser
5	Moskog	6	Eikås	2018	1	89,6	79,6	79,6
		6	Eikås	2057	1	89,2	79,6	79,6
6	Eikås	5	Moskog	2018	1	90,9	84,4	84,4
		5	Moskog	2057	1	90,5	84,3	84,3
		7	Bakkeslått	2018	1	90,9	81,9	81,9
		7	Bakkeslått	2057	1	90,5	81,9	81,9
7	Bakkeslått	6	Eikås	2018	1	90,9	84,4	84,4
		6	Eikås	2057	1	90,5	84,3	84,3
		8	Løseth	2018	1	83,4	78,8	78,8
		8	Løseth	2057	1	83,1	78,6	78,6
8	Løseth	7	Bakkeslått	2018	1	83,4	78,8	78,8
		7	Bakkeslått	2057	1	83,1	78,6	78,6
Gjennomsnitt						88,0	81,3	81,3
Tabell 54 Gjennomsnittsfart. Alternativ 2								

EFFEKT	6.54		Ulykker i perioden	Side :		1		
Sogn og Fjordane				Dato :		24.04.2015		
Prosjekt	:		2 E39 Moskog Vassenden_Vegnett 2, 3 og 4					
Kalkulasjonsrente	:	4,0	%	Felles prisnivå:	2014	Analyseperiod:	40	år
Gjennomsnittlig mva	:	22,0	%	Sammenlignin:	2018	Levetid	:	40
UTBYGGINGSPLAN	:	1	Alt 2_Trace 2_H5_90 km/t i dagen_Full utbygging					
RESULTATER FOR PERIODEN								
KONSEKVENSER			Enhet	Planlagt	Alternativ	Endring		
Kostnader								
Drepte			1000 kr	-34 690	-108 813	74 123		
Hardt skadde			1000 kr	-35 348	-81 840	46 492		
Lettere skadde			1000 kr	-22 272	-55 766	33 494		
Personskadeulykker (sum alle skadegrader)			1000 kr	-92 310	-246 419	154 109		
Materiellskadeulykker			1000 kr	-21 957	-21 957	0		
Antall								
Drepte			personer	1,317	4,132	2,814		
Hardt skadde			personer	3,775	8,891	5,116		
Lettere skadde			personer	43,133	107,997	64,864		
Personskadeulykker			antall	38,093	62,597	24,504		
Tabell 55 Ulykker i analyseperioden. Alternativ 2								

EFFEKT	6.54	Prissatte konsekvenser		Side :	1	
Sogn og Fjordane		Totale kostnader		Dato :	24.04.2015	
Prosjekt	:	2 E39 Moskog Vassenden, Vegnett 1 - 7				
Kalkulasjonsrente	:	4,0 %	Felles prisenivå:	2014	Analyseperiode:	
Mva for investering	:	22,0 %	Sammenlignin:	2018	Levetid :	
Mva for drift/vedl.hold	:	22,0 %	Skattefaktor :	1,20		
Andel lange reiser	:	50 %				
UTBYGGINGSPLAN	:	Full utbygging Alternativ 2, Trace 2, H5 standard, 80 km/t i 1-løps tunnel og 90 km/t i dagen				
Vegnett		Anleggskostnad i gitt prisenivå		Åpn-år	Anleggsperiode	
1		1127200	2016	2018	2,0 år	
		Sum, ikke diskontert (inkl mva)			1 074 982	
		Sum, diskontert (inkl mva)			1 118 196	
		Sum, diskontert (ekskl mva)			916 554	
				0		
KOSTNADER I PERIODEN				2018	-	2057 (1000 kr diskontert)
Aktører	Komponenter	Planlagt	Alternativ 0	Endring		
Trafikanter og transportbrukere	Kjøretøykostnader	-991 961	-1 037 446	45 485		
	Direkteutgifter	-17 094	-22 006	4 913		
	Tidskostnader	-1 642 583	-2 607 545	964 962		
	Nytte av nyskapt trafikk	0	0	0		
	Ulempekostnader ferje/vegstengning	0	0	0		
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0		
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0		
	SUM	-2 651 638	-3 666 998	1 015 360		
Operatører	Kostnader	-26 527	-34 150	7 624		
	Inntekter	15 916	20 490	-4 574		
	Overføringer	10 611	13 660	-3 049		
	SUM	0	0	0		
Det offentlige	Investeringer	-916 554		-916 554		
	Drift og vedlikehold	-72 936	-38 317	-34 620		
	Overføringer	-10 611	-13 660	3 049		
	Skatte- og avgiftsinntekter	264 127	258 505	5 622		
	SUM	-735 974	206 528	-942 502		
Samfunnet forøvrig	Ulykker	-114 268	-323 251	208 983		
	Støy og luftforurensning	-99 340	-84 454	-14 886		
	Andre kostnader	0	0	0		
	Restverdi	0		0		
	Skattekostnad	-147 195	41 306	-188 500		
	SUM	-360 803	-366 400	5 597		
SUM		-3 748 415	-3 826 870	78 455		
		Netto nytte	NN =	78 455		
		Budsjettkostnad		-942 502		
		Netto nytte pr budsjett	NNB =	0,08		

Tabell 56 Nyttekostnad. Alternativ 2