



Kunnskap for en bedre verden

Romkurve i vegplanlegging

Hvilke behov finnes det for normalkrav om romkurve i N100?

Marius Seim Brekke, Morten Bergersen Lystad

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg
Innlevert: mai 2018
Veileder: Astrid Stadheim

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk

SAMMENDRAG

Oppgavens tittel:	Dato: 20.05.2019		
Romkurve i vegplanlegging	Antall sider: 58		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Marius Seim Brekke, Morten Bergersen Lystad			
Veileder: Astrid Stadheim			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Arek Zielińkiewicz i Statens vegvesen			

Sammendrag:

I den norske vegnormalen per 2019 finnes det ingen krav om romkurve i vegplanlegging. Selv om dette tidligere var en del av vegnormalen, ble det etter hvert flyttet over i en egen veiledningshåndbok. Hensikten med oppgaven er å finne ut om det er behov for et krav om romkurvatur i den nåværende vegnormalen. Denne bacheloroppgaven bruker en litteraturstudie med strukturerte og ustrukturerte søk for å undersøke tilgjengelig informasjon om romkurvatur. Blant annet blir Tyskland, USA, Danmark og Sveriges vegnormaler sammenlignet med den norske vegnormalen for å kartlegge likheter og ulikheter. Sammenligningen viser at vegnormalene reflekterer mye av den samme lærende informasjonen. Den svenske vegnormalen, i likhet med den norske, er organisert slik at informasjonen om romkurvatur er henvist i egen veiledningshåndbok. Ulykkesrapporter blir brukt for å finne sammenhengen mellom dårlig prosjekterte romkurver og ulykkestall. Til tross for at den norske vegnormalen ikke har et fastsatt krav til romkurvatur, er Norge øverst i Europa på vegsikkerhet. Det konkluderes dermed at det ikke er behov for et krav om romkurvatur, dersom andre trafiksikkerhetstiltak knyttet til romkurvatur blir fulgt opp nøye. Som fremtidig tiltak oppfordres det derimot å fortsette den detaljerte forskningen rundt romkurver i vegplanlegging for å redusere ulykkestall og jage Nullvisjonen.

Stikkord:

Romkurve, linjeføring, horisontalkurvatur,
vertikalkurvatur, overhøyde, optisk føring,
veggeometri

Marius Brekke Morten Lystad (sign.)

Abstract

In the Norwegian road standard, as of 2019, there is no requirement regarding three-dimensional alignment. Although this was a part of previous road standards, it was later put in a handbook consisting of guidelines. The purpose of this study is to evaluate the need for a requirement in terms of three-dimensional alignment in the current road standard. This bachelor thesis utilizes a literature review with structured and unstructured searches to gather available information about three-dimensional alignment. Road standards from Germany, USA, Denmark and Sweden are compared to the Norwegian road standard, for the purpose to map possible similarities and differences. The comparison shows that the road standards reflects much of the same information. The Swedish road standard, just as the Norwegian, are organized so that the information regarding three-dimensional alignment is to be found in its own handbook for guidelines. Reports concerning accidents are used to highlight the coherence between three-dimensional alignment and traffic safety, where the study clarifies the connection between bad geometric design and accident numbers. Although the Norwegian road standard does not have a requirement regarding three-dimensional alignment, Norway is on top concerning traffic safety in Europe. The thesis concludes a non-existing need for a requirement on three-dimensional alignment if other road safety measures linked to the subject are pursued. As a future initiative, continuous detailed research dealing with three-dimensional alignment is encouraged to reduce accident numbers and to pursue Vision Zero.

Forord

Denne bacheloroppgaven er utarbeidet våren 2019 ved NTNU i Gjøvik, og er avsluttende for en 3-årig ingeniørutdanning.

Arbeidet med oppgaven har vært utfordrende, spennende, og har gitt gode kunnskaper om andre lands- og eldre norske vegnormaler om temaet romkurvatur. Med stadig større vekt på sikkerhet i trafikken har det vært givende å arbeide med et tema som ikke er det første man tenker på når det kommer til trafikksikkerhet.

Takk til Statens vegvesen for tilgang til oppgaven og relevant litteratur, og vår veileder fra Statens vegvesen, Arek Zielinkiewicz, for hans kunnskap og inspirasjon. Videre vil vi også takke vår veileder fra NTNU, Astrid Stadheim, for hjelpen under arbeidet og gode konstruktive tilbakemeldinger.

Under arbeidet med oppgaven har gruppen bidratt likt, hvor arbeidet omhandler planlegging, innhenting av data/litteratur og utførelse av oppgaven.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	1
1.1 Oppgavens bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Målsetting og struktur	2
1.4 Samfunnsmessige konsekvenser	2
2 Metode	3
2.1 Valg av metode	3
2.2 Datainnsamling og litteratur	4
2.2.1 Strukturerte søk	4
2.2.2 Ustrukturerte søk	5
2.2.3 Liste over litteratur	5
2.2.4 Begrensning	7
3 Litteratur	8
3.1 Norge	8
3.1.1 Håndbok <i>N100</i>	8
3.1.2 Håndbok <i>V120</i>	9
3.1.3 Romkurvatur i de norske håndbøkene	10
3.1.4 Elementene i en romkurve	11
3.2 Vegnormaler i andre land	14
3.2.1 Tyskland	14
3.2.2 USA	19
3.2.3 Sverige	22
3.2.4 Danmark	23
3.3 Eldre norske håndbøker	26
3.3.1 Nyere og utdaterte håndbøker	26
3.4 Analyser og undersøkelser	30
3.4.1 Prediksjonsmodell	30
3.4.2 Dybdeanalyser	35
3.4.3 Kostnader	41
4 Resultat	42
4.1 Landene sammenlignet	42
4.1.1 Tyskland	43
4.1.2 USA	44
4.1.3 Sverige	44

4.1.4 Danmark	44
4.1.5 Norge	45
5 Diskusjon	46
5.1 Metodekritikk	46
5.2 Konsekvensutredning	47
5.2.1 Positive og negative sider	48
5.3 Betydningen av romkurve i vegplanlegging	49
6 Konklusjon	51
6.1 Forslag til tiltak	52
Litteraturliste	53

Figurliste

Figur 1: Eksempel på jevn romkurve der horisontal- og vertikalkurvene faller sammen (Statens vegvesen, 2014b, s. 33)	10
Figur 2: Kurvekombinasjon som bør unngås, eksempel 1 (Statens vegvesen, 2014b, s. 33)	10
Figur 3: Kurvekombinasjon som bør unngås, eksempel 2 (Statens vegvesen, 2014b, s. 34)	11
Figur 4: Linjeføring som gir sprang i perspektivet (Statens vegvesen, 2014b, s. 34).....	11
Figur 5: Eksempel på sammensetning av ulike element i horisontalkurvaturen (Statens Vegvesen, 2014b, s. 23).....	12
Figur 6: Prinsippskisse for stoppsikt i høybrekk (Statens vegvesen, 2014b, s. 31).....	12
Figur 7: Overhøydeoppbygging som vil kunne gi et skjæmmende inntrykk (Statens vegvesen, 2014b, s. 35).....	13
Figur 8: Høybrekk i overgangen mellom motsatt rettede horisontalkurver bør unngås (Statens vegvesen, 2014b, s. 35).....	14
Figur 9: Typisk linjeføring og perspektivtegning (FGSV, 2008, s. 33).....	16
Figur 10: Tilsynelatende skarpe svinger og lavbrekk bør unngås (FGSV, 2008, s. 34).....	17
Figur 11: Perspektiv av en vegseksjon med en uvanlig horisontalkurvatur med en kort rett strekke som skaper et inntrykk av en flat veg videre, som bør unngås (FGSV, 2008, s. 35).....	18
Figur 12: En vei som ser ut til å flagre i en konstant kurve, som bør unngås (FGSV, 2008, s. 35).....	18
Figur 13: En uønsket kombinasjon av horisontal- og vertikalkurver (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 168).....	20
Figur 14: God kombinerings av horisontal- og vertikalkurver (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 169).....	20
Figur 15: God kombinerings av horisontal- og vertikalkurver, selv om vertikalplanet inneholder flere kurvepunkter (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 169).....	21
Figur 16: En vertikalkurve etter et høybrekk (til venstre) kan få vegen til å virke diskontinuerlig. Videre vises en kombinerings av horisontal- og vertikalkurvatur som gir en god visuell føring (til høyre). (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 170).....	21
Figur 17: Riktig sammensetning av linjeføring og lengdeprofil, med sammenfallende faser og sammenfallende faseskift (Vejdirektoratet, 2018b, s. 55).....	24

Figur 18: Kurve uten og kurve med overgangskurve (Vejdirektoratet, 2018b, s. 33).....	25
Figur 19: Forskjellige forhold mellom R_v og R_h , hvor R_v står for vertikal radius og R_h står for horisontal radius (Vejdirektoratet, 2018b, s. 55).....	25
Figur 20: En liten konveks vertikalradius skjærer veien av. En tilstrekkelig stor vertikalradius gir det korrekte vegbildet (Vejdirektoratet, 2018b, s. 56).....	26
Figur 21: Når horisontal- og vertikalkurvene faller sammen, oppnås en jevn romkurvatur (Statens vegvesen, 1992, s. 129).....	29
Figur 22: Ulykkesraten i forhold til vegbredden. De tre grafene tar for seg linjeføringsklasse 1-3 (Brüde og Nilson, 1976, s. 43).....	34
Figur 23: Oversikt over dødsulykker hvor veg og vegmiljø med flere faktorer er årsak.....	38
Figur 24: Oversikt over andel av dødsulykker fra 2005-2017 som er knyttet til veg og vegmiljø, og linjeføring.....	39

Tabelliste

Tabell 1: Forklaring av begrepene skal, bør og kan (Statens vegvesen, 2019).....	9
Tabell 2: Oppsett av de eldre og nye Norske håndbøkene, organisert i forhold til informasjon om romkurvatur.....	27
Tabell 3: De ulike linjeføringsklassene uttrykt i tabell (Brüde og Nilson, 1976, s. 10).....	32
Tabell 4: Fartsgrensen i områdene hvor dataen i undersøkelsen er hentet fra.....	32
Tabell 5: Tre hovedklasser av type vegbredde brukt i undersøkelsen.....	33
Tabell 6: Oversikt over antall dødsulykker og medvirkende faktorer fordelt på de publiserte årsrapportene, uttrykt ved antall ulykker og prosent av totalt antall ulykker. Tall er hentet fra Statens vegvesens publiserte årsrapporter.....	37
Tabell 7: Oversikt over årsaksgrad for de 118 ulykkene fra 2008-2016 der linjeføring var medvirkende faktor.....	40
Tabell 8: Sammenligning av kravene i Norge, Tyskland, USA, Sverige og Danmark.....	42
Tabell 9: Positive og negative sider ved å ikke ha et krav om romkurve i <i>N100</i>	48

Definisjoner

Axelparkm (oversatt akselparkm): Mål for gitt trafikkarbeid brukt ved ulykkesanalyser i Sverige. Totalt antall aksler i en trafikkstrøm delt på to. Altså vil en personbil uten tilhenger representere et par aksler, mens tunge kjøretøy med og uten tilhenger kan være 1,5-4 akselpar.

Buffersone: Sikkerhetsområde som separerer to områder fra hverandre, designet for å hindre skade

Horisontalkurve: Kurve i vegens horisontalprojeksjon.

Horisontalkurvatur: Veglinjas linjeføring i horisontalplanet.

Horisontalkurveradius: Radius i en sirkelbue i vegens horisontalprojeksjon.

Høybrekk: Konveks vertikalkurve (baketopp). Kjennetegnes ved at vertikalvinkelpunktet ligger over veglinja.

Klotoider: Overgangskurve hvor krumningen tiltar eller avtar lineært med kurvelengden.

Konsekvensanalyse: Konsekvensanalyse er en metode eller teknikk som skal sette oss i stand til å beskrive forventede konsekvenser ved å foreta bestemte beslutninger og tiltak.

Lavbrekk: Konkav overgang i linjeføringen i vertikalplanet (bunnen av en bakke).

Kjennetegnes ved at vertikalvinkelpunktet ligger under veglinja.

Linjeføring: Veglinjas kurvatur i horisontal- og vertikalplanet.

Møtesikt: Sikt fram til et kjøretøy med nærmere angitt høyde som kjører i motsatt retning i samme kjørefelt. Sikten skal være lang nok til at begge kjøretøyene rekker å stanse.

Normalkrav: Krav satt i normaler.

Optisk føring: Vegutforming som gir trafikanten visuell informasjon om det videre vegforløpet.

Overhøyde: Kjørebanelens tverrfall i forbindelse med en kurve.

Romkurve: En sammensetning av rette linjestykker, overgangskurver, samt vertikale og horisontale sirkelkurver. *“Vegen utgjør en romkurve, og det er sammensetningen av enkeltelementene som bestemmer romkurven.”* (Statens vegvesen, 2019, s. 31).

Standardkrav: Krav satt i standarder.

Stoppesikt: Nødvendig siktlengde fram til et objekt for at bilføreren skal kunne oppdage objektet, reagere, vurdere om han skal bremse og bremse kjøretøyet til stopp.

Tverrfall: Kjørebansens helning på tvers av vegens lengdeakse.

Vertikalkurve: Kurve som brukes i vegens vertikalprojeksjon.

Vertikalkurvatur: Veglinjens geometriske elementer i vertikalplanet.

Vertikalkurveradius: Radius i en sirkelkurve i vegens vertikalprojeksjon.

ÅDT, årsdøgntrafikk: Det totale antall kjøretøy som passerer et snitt på en veg i løpet av ett år, dividert med 365.

1 Innledning

1.1 Oppgavens bakgrunn

Når det bygges og restaureres veger i Norge er sikkerhet høyt prioritert. “*Norge har en visjon (nullvisjonen) om et transportsystem uten ulykker med drepte eller hardt skadde.*” (Statens vegvesen, 2019, s. 9). Dette kan oppnås ved å holde vegnormalene oppdaterte med relevant informasjon slik at transportsystemet alltid er tilrettelagt best mulig for trafikantene.

Vegnormalene inneholder normalkrav som må følges når det skal prosjekteres veg, både når det skal bygges ny veg og når gammel veg skal restaureres.

I forbindelse med vegnormaler er *N100 - Veg- og gateutforming* (videre omtalt *N100*) den mest sentrale håndboken når det kommer til prosjektering av veg. Innholdet varierer fra motorveger med fartsgrense 110 km/t til gang- og sykkelveger, og innenfor de forskjellige fagområdene er det krav som må oppfylles. For å opprettholde trafikksikkerheten må vegnormalene oppdateres ettersom nye fagområder krever nye krav og bedre utredning. Til tross for dette, har ikke innholdet eller krav til romkurvatur i *N100* endret seg vesentlig de siste tiårene. Romkurvatur er et viktig tema innenfor veggeometrien ettersom vegen vil føles behagelig samtidig som andre krav, om blant annet sikt og avrenning, tilfredsstilles dersom vegen er riktig prosjektert. Videre vil trafikantene bli fortalt vegens videre forløp gjennom den optiske føringen med en korrekt prosjektert romkurve. En forutsigbar veg som samtidig bidrar til en aktiv kjørestil vil gagne trafikantene ved at fokus er på vegen, og at kurvene er tydeliggjort slik at unødig bremsing og gassing ikke oppstår. Med det sagt virker det som en selvfølge at det må utarbeides nye og forbedrede krav innenfor veggeometrien. Men, Norge er et utfordrende land å bygge veg i. Det er store fjellområder, lang kystlinje med utallige øyer og fjorder som danner stupbratte daler. I tillegg har man utfordringer med tele, is og snø i vinterhalvåret.

Ved å undersøke Tyskland, USA, Sverige og Danmark sine vegnormaler, samt eldre norske vegnormaler skal det vurderes om det bør innføres mer fullstendige krav omhandlende romkurver i *N100*. I tillegg skal ulykkesdata fra Norge bidra til å komme frem til en konklusjon. Oppgaven er en del av Statens vegvesen sitt FoU-prosjekt Vegutforming.

1.2 Problemstilling

Hvilke behov finnes det for normalkrav om romkurve i *N100*?

1.3 Målsetting og struktur

Målsetningen for prosjektet er å undersøke om det på nytt bør innføres normalkrav om romkurve i *N100*. Litteraturkapittelet er todelt for å skape bredere informasjonsgrunnlag for å kunne besvare problemstillingen på en hensiktsmessig måte. Først undersøkes og sammenlignes innhold fra Tyskland, USA, Danmark og Sverige sine vegnormaler med Norge sin vegnormal med tanke på romkurvatur. Andre del vil studere eldre norske håndbøker sitt innhold om romkurvatur og sammenligne håndbøkene med dagens håndbøker. Besvarelsen inneholder også tidligere forskning som fremstiller ulykkesdata fra Statens vegvesen og Brüde og Nilson. Det er derfor hensiktsmessig å gjennomføre en analyse av konsekvensene rundt det manglende kravet om romkurve i *N100*. Konklusjonen vil generere fremtidige tiltak for å opprettholde trafikksikkerheten i fremtidige vegnormaler.

1.4 Samfunnsmessige konsekvenser

Høye *et al.* (2012) viser til at det per 2012 ikke fantes dokumenterte undersøkelser som tok for seg virkningen på miljøforhold ved å endre vegers linjeføring og siktforhold, men nevner derimot at *“På en annen side kan utbedring av linjeføringen redusere fartsvariasjoner og dermed drivstofforbruket.”* (Høye *et al.*, 2012, s. 154).

Ved tiltak på vegnettet er det gitt overordnede forutsetninger til blant annet trafikksikkerhet, miljø og fremkommelighet, hvor spesifiserte krav i vegnormalen skal bidra til at disse forutsetningene blir ivaretatt (Statens vegvesen, 2019). Dersom det viser seg at det er et manglende krav i den norske vegnormalen kan dette føre til samfunnsmessige konsekvenser i form av ulykker og materialskader. På grunnlag av dette skal derfor oppgaven vurdere den norske vegnormalen for å se om det er behov for endringer.

2 Metode

2.1 Valg av metode

For å finne svar på problemstillingen, vil litteraturstudie være passende da informasjonen er innhentet i faglig litteratur. Den innsamlede informasjonen gjør det naturlig å gjennomføre studien med en kvalitativ metode siden informasjonen ikke kan tallfestes. Datainnsamlingen tar for seg tolkning og sammenligning av landenes vegnormaler. Andersen (2019) viser til at kvalitative metode ofte går i dybden på et smalt felt, og at datamateriale ofte består av analyserte dokumenter.

En mulig fallgrube ved litteraturstudie kan være begrenset antall publikasjoner omhandlende romkurvatur. Det kan derfor være avgjørende å være kritisk til informasjonen som finnes. Publikasjoner kan være utgitt av ikke-statlige organer med veldokumentert informasjon og et godt rykte. Om inndata i publikasjonene fra enkeltpersoner er hentet fra statlige organer som for eksempel Statens vegvesen vil dette være et sikkert grunnlag for undersøkelsen og selve undersøkelsen kan derfor vurderes i seg selv. Ved studie av vegnormaler utgitt i andre land og dermed andre språk enn norsk, vil en korrekt oversettelse være kritisk for å unngå misforståelser. Oppstår det en språklig feilforståelse av informasjonen, vil også oversettelsen bære preg av dette videre. For å kunne sikre en god forståelse av fremmedspråket vil en nøye lesning og gjennomgang av informasjonen kreves.

Validitet beskriver *“i hvilken grad man ut fra resultatene av et forsøk eller en studie kan trekke gyldige slutninger om det man har satt seg som formål å undersøke.”* (Dahlum, 2018), mens reliabiliteten beskriver stabiliteten i målingene eller undersøkelsen (Svartdal, 2018). Generelt ved litteraturstudie skal kildekritikk bidra til en god validitet da det tar for seg informasjon skrevet av andre. Med tanke på at besvarelsen baserer seg på publikasjoner utgitt av store organisasjoner med flere kompetanserike forfattere som arbeider sammen, antydes besvarelsen som valid i henhold til oppgavens midler. En god reliabilitet sikres dersom det viser seg at vegnormalene i undersøkelsen har en samsvarende oppfatning av temaet, som videre kan brukes til å vurdere endringsbehov i *N100*.

2.2 Datainnsamling og litteratur

I startfasen av datainnsamlingen ble noen av de norske og de utenlandske vegnormalene skaffet av Statens vegvesen, og dannet grunnlaget for hvilke vegnormaler som videre ble undersøkt. Tyskland og USA sine vegnormaler ble gitt tilgang til ved å scanne sider fra det aktuelle tema i de respektive vegnormalene. Det samme gjelder *Håndbok 017* (1992) av Statens vegvesen. Alle norske vegnormaler benyttet i oppgaven er tilgjengelig i Statens vegvesens åpne vitenarkiv på Internett (Unit). Siden flere norske vegnormaler er med i sammenligningen ble det tidlig bestemt at behovet for tilgang på et større antall vegnormaler var til stede. Dette resulterte i en bedre og dypere forståelse av utviklingen rundt romkurvatur gjennom flere tiår.

Statens vegvesen publiserer årlig ulykkesrapporter av dødsulykker med utredning av hendelsesforløpet slik at kartleggingen av årsaker kan bestemmes. Dødsulykker har en mer nøyaktig utredning gjennomført av egne grupper som har kompetanse på området, og er derfor prioritert fremfor ulykker uten dødsfall (Statens vegvesen, 2018a).

Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) har også utredet en rapport som er hensiktsmessig for problemstillingen. Brüde og Nilson (1976) sin rapport, *Prediktionsmodell för trafikolyckor för kvalitetsbestämning av vägers säkerhet*, tar for seg ulykkestall sett opp imot sammenhengen mellom linjeføring og vegbredder. *Trafikksikkerhetshåndboken* av Transportøkonomisk institutt (TØI) benytter seg av denne rapporten i sin utredning om vegers linjeføring og siktforhold og hva som må utbedres på dette området.

2.2.1 Strukturerte søk

Søkeord i oppgaven ble valgt ut ifra problemstillingen, og relevante ord er brukt for å begrense antall uønskede og øke ønskede treff omhandlende det valgte temaet. Søkeord ble brukt alene og som kombinasjon av ulike relevante søkeord, i form av en «og»-forbindelse. Dette gir muligheten for å få treff på to søkeord og dermed begrense antall treff, og i tillegg vil treffene være mer relevant. Søkeord som ble brukt i Unit var: Romkurve, linjeføring, overhøyde, ulykkesdata, trafikksikkerhet, veggeometri, håndbok og vegnormal. Ut ifra dette

ble først tittelen på de ulike treffene vurdert, for så å vurdere innholdet og deretter vurdere om dokumentet skulle bli brukt videre i oppgaven.

2.2.2 Ustrukturerte søk

Litteraturstudien åpnet en mulighet for å utføre ustrukturerte søk i Google sin søkemotor og ved utforskning av referanselister til andre studier. Her ble det funnet litteratur som videre i oppgaven ble brukt eller forkastet. Det ble gjort to ustrukturerte søk i søkemotoren til Google med søkeord: “Linjeføring”, med 126 000 treff hvor første tittel var nettsiden som virket mest relevant og som derfor ble brukt videre. “Linjeføring trafikk sikkerhet”, var andre ustrukturerte søk som ga 11 300 treff. Tredje tittel virket relevant og innholdet ble lest og brukt videre i oppgaven.

2.2.3 Liste over litteratur

Informasjon om krav og anbefalinger angående romkurve og tilhørende tema er hentet fra disse vegnormalene:

Norge:

Håndbok 802 – Geometrisk utforming (Statens vegvesen, 1968-1977)

- Kapittel 7: Linjeføring

Håndbok 017 - Veg- og gateutforming (Statens vegvesen, 1992)

- Del C - Kapittel 16 - Linjeføring

Håndbok 017 – Veg- og gateutforming (Statens vegvesen, 2008)

- Del C - C.2: Dimensjoneringsklasser

Håndbok 017 – Veg- og gateutforming (Statens vegvesen, 2013a)

- Del C - C.1: Dimensjoneringsklasser

Håndbok 265 – Premisser for geometrisk utforming av veier (Statens vegvesen, 2013b)

- Kapittel 3: Linjeføring

Håndbok V120 - Premisser for geometrisk utforming av veier (Statens vegvesen, 2014b)

- Kapittel 3.1.1-3.3.3, Linjeføring

Håndbok N100 - Veg- og gateutforming (Statens vegvesen, 2014a)

- Definisjoner og begreper: Side 160-169

Håndbok N100 - Veg- og gateutforming (Statens vegvesen, 2019)

- Kapittel C.3 Hovedveger: Side 31

Tyskland:

Guidelines for the Design of Motorways RAA (Road and Transportation Research Association, 2008/Translation 2011)

- Kapittel 5: Alignment

USA:

A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (American Association of State Highway and Transportation Officials, 6th Edition 2011)

- Kapittel 3: Elements of design

Sverige:

Vägars och gators utforming (Trafikverket, 26.06.2015)

- Kapittel 3: Linjeføring

Danmark:

Tracering i åbent land-Anlæg og planlægning (Vejdirektoratet, Oktober 2018)

- Linjeføring: Kapittel 5.1-5.4.1, kapittel 5.6
- Tracering: Kapittel 7.2.1-7.5

Annen informasjon er hovedsakelig hentet fra ulike analyser og rapporter:

- *Prediktionsmodell för trafikolyckor för kvalitetsbestämning av vägers säkerhet* (Brüde og Nilson, 1976)
- *Dybdeanalyser av dødsulykker i trafikken* (Statens vegvesen, 2005-2017)

2.2.4 Begrensning

For å begrense oppgavens omfang er det ikke tatt høyde for tettbygde strøk og byer, hvor fartsgrensen er så lav at romkurvaturen ikke er den kritiske faktoren. Det ses også bort ifra vegdekkets oppbygning i form av frostsikring, bærelag, forsterkningslag og dekketyper.

Omhandlende undersøkelsen av krav i andre vegnormaler, vurderes ikke et krav dersom det kun er krav for enkeltelementene som definerer romkurven. Det skal være et helhetlig krav som implementerer alle enkeltelementene i et felles krav om romkurver.

3 Litteratur

Litteraturdelen består av tematikken rundt romkurvatur som er å hente fra vegnormalene i landene som oppgaven bygger på, og etablerer grunnlaget for videre fokus. Disse legger grunnlaget for hva som det videre skal fokuseres på. Valg av teori og empirisk data er ment å danne undersøkelsens rammeverk.

3.1 Norge

Ved vegplanlegging må man følge de generelle rammene med tanke på vegens utforming og standard som *N100* gir (Statens vegvesen, 2019), men det finnes ingen krav om romkurver. *Håndbok V120 - Premisser for geometrisk utforming av veier* (forkortet *V120*) er kun veiledende for hva man bør gjøre ved vegplanlegging av romkurver.

3.1.1 Håndbok *N100*

N100 er en håndbok som beskriver standardkrav når det skal utformes nye gater og veier, samt fornyelse og utbedring av eksisterende veier. Kravene i *N100* er av typen skal, bør og kan. Kan-kravene er ikke krav som må følges, men er kun anbefalinger hvor det ikke er nødvendig å søke om fritak for fravik. Når det gjelder skal- og bør-kravene er dette krav hvor det kreves søknad for å kunne fravike kravene. Statens vegvesen (2019) viser til en tabell for klargjøring av disse begrepene og hvordan de skal etterfølges. Det er denne tabellen som legges til grunnen i undersøkelsen av de norske normalene videre i denne oppgaven.

Tabell 1:

Forklaring av begrepene skal, bør og kan. (Statens vegvesen, 2019)

Verb	Betydning	Myndighet til å fravike krav
Skal	Krav	Kravene fravikes av Vegdirektoratet. Søknad om fravik skal begrunnes.
Bør	Krav	Kravene fravikes av Regionvegkontoret. Søknad om fravik skal begrunnes. Vegdirektoratet skal ha melding med mulighet for å endre fraviksvedtaket innen 3 uker (6 uker i perioden 1. juni til 31. august).
Kan	Anbefaling	Fravikes etter faglig vurdering uten krav til godkjenning.

N100 består av fem deler, A-F, hvor del A kun inneholder føringer om hvilke forutsetninger som bør være gjort før del B-F påbegynnes. I delene B-F er det gitt normalkrav gjeldende fra vegkant til vegkant på alle offentlige gater og veger. Kravene omhandler for det meste vegstrukturen i seg selv, og ikke oppbyggingen av selve vegen.

3.1.2 Håndbok V120

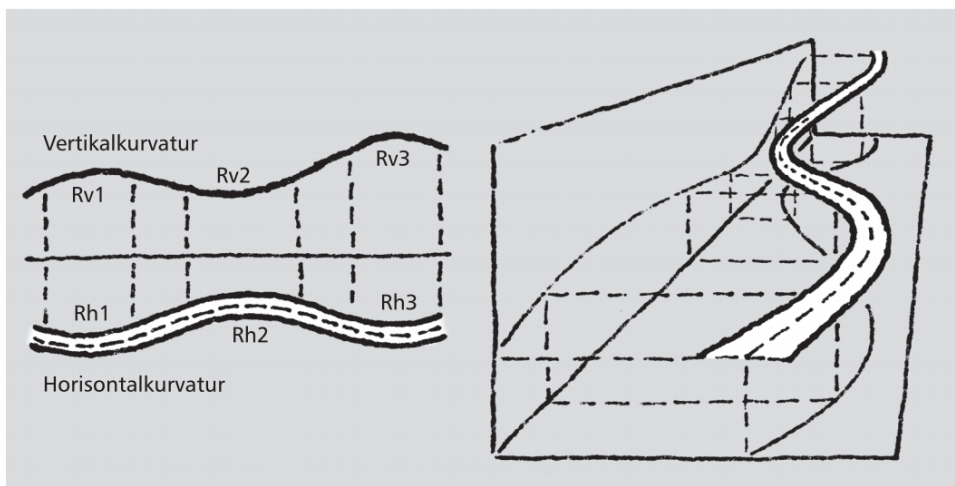
V120 er en veiledning som danner grunnlag for del C og D i håndbok N100 (tidligere Håndbok 017 - Veg- og gateutforming (forkortet Håndbok 017)). Veiledningen belyser og redegjør for de parametrene som brukes ved konstruksjon av en veglinje, og det formelverket som disse parametrene inngår i. V120 består dermed ikke av fastsatte krav, selv om premisser og verdier som er lagt til grunn for linjeføringskravene er dokumentert. V120 forklarer hvordan N100 sine prosjekteringstabeller for veger er bygd opp. Videre, tar V120 for seg utbedring av eksisterende veg, overgangen mellom tunnel/bru og veg, tilpasning til terrenget og forbikjøring.

Kapittel 3 om Linjeføring, mer spesifikt punkt 3.3, “Romkurven - estetikk og optisk føring”, er meget relevant for problemstillingen. Her forklares det hvordan romkurver skal bli vurdert i vegplanlegging. Kapittelet danner ikke grunnlag for krav som må oppfølges, men går igjennom hva man bør unngå og hva man bør ha som mål når det kommer til romkurvatur, overhøyde og optisk føring. Hovedmålet er at “Vegen skal ha en jevn og rytmisk form, og den skal være utformet slik at den gir trafikantene god optisk informasjon om vegens geometri og videre forløp.” (Statens vegvesen, 2014b, s. 33). I vegplanlegging er romkurve beskrevet ut

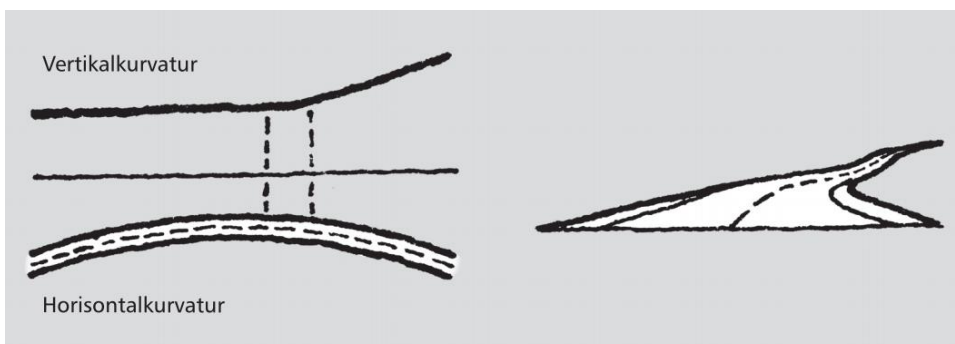
ifra projeksjonene i horisontal- og vertikalplanet, samt tverrprofilet. Etter at 3D-modellering og perspektivtegninger har blitt vanlig har dette blitt normalt for kontrollering av romkurven.

3.1.3 Romkurvatur i de norske håndbøkene

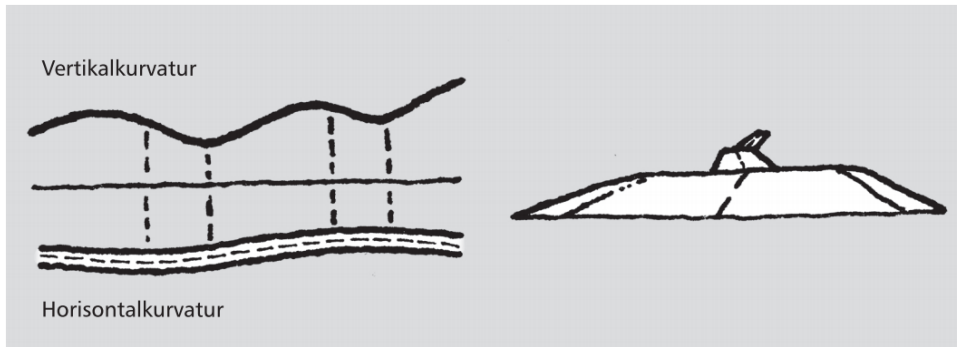
Statens vegvesen (2014b) tar for seg romkurvatur i veiledningshåndboken. “Når kurvepunktene i horisontal- og vertikalplanet faller sammen, oppnås en ideell linjeføring både ut fra hensynet til trafiksikkerhet, optisk føring, vannavrenning og estetikk.” (Statens vegvesen, 2014b, s. 33). Videre tar Statens vegvesen (2014b) for seg eksempler på gode og dårlige romkurver i V120, som kan ses i Figur 1-4.



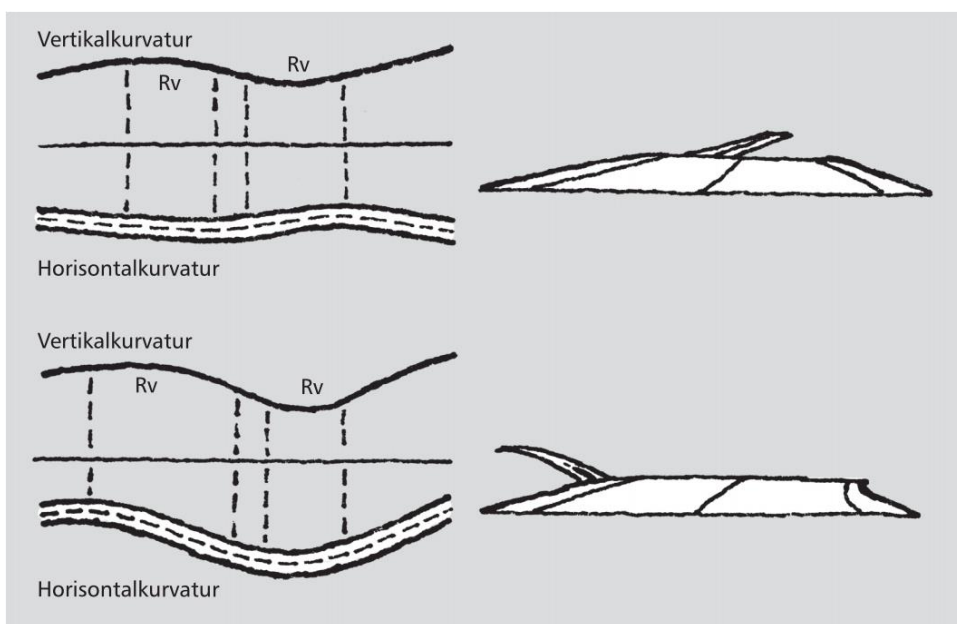
Figur 1: Eksempel på jevn romkurve der horisontal- og vertikalpunktene faller sammen (Statens vegvesen, 2014b, s. 33)



Figur 2: Kurvekombinasjon som bør unngås, eksempel 1 (Statens vegvesen, 2014b, s. 33)



Figur 3: Kurvekombinasjon som bør unngås, eksempel 2 (Statens vegvesen, 2014b, s. 34)



Figur 4: Linjeføring som gir sprang i perspektivet (Statens vegvesen, 2014b, s. 34)

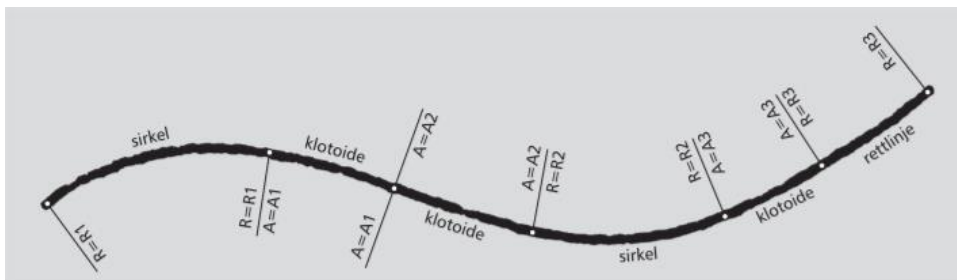
3.1.4 Elementene i en romkurve

I de norske håndbøkene blir de forskjellige elementene i en romkurve beskrevet. Statens vegvesen (2014b) viser til at det er elementene sammen som danner vegens romkurve.

Horisontalkurvatur

Horisontalkurvaturen beskriver vegens linjeføring i horisontalplanet og er sammensatt av rette linjer, sirkelkurver og klotoider (Statens vegvesen, 2014b). Hver av disse elementene har sine egenskaper, og kan sammensettes fritt. Rette linjer gir gode forbikjøringsmuligheter på grunn av sikten, men konsekvensen av å kjøre på rette linjer er vanskelige avstands- og

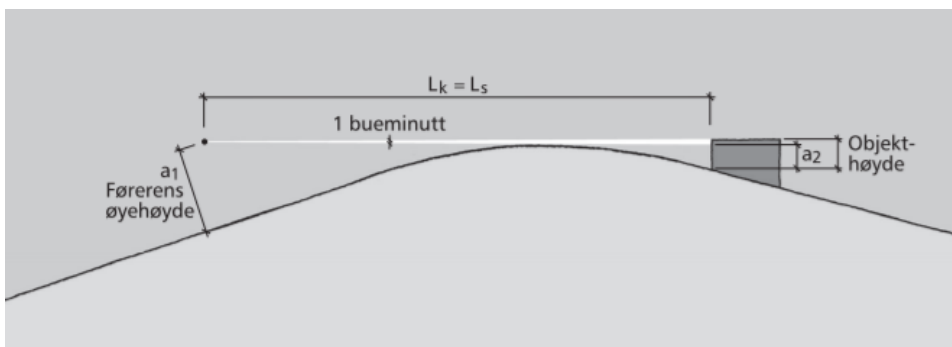
fartsvurderinger. Sirkelkurver er kurver med konstant krumning, noe som gir god optisk ledning i tillegg til å involvere trafikanten til en mer aktiv kjørestil i motsetning til rette linjer hvor sjåføren er lite involvert i kjøringen. For å komme fra en rett linje til en sirkelkurve må klotoider brukes. Hensikten med å bruke klotoider er å få en jevn overgang mellom ulike elementer i vegstrukturen. Det er i klotoiden man trenger å dreie på rattet, mens rette linjer og sirkelkurver kun behøver konstant styring enten rett fram eller med konstant rattutslag.



Figur 5: Eksempel på sammensetning av ulike element i horisontalkurvaturen (Statens vegvesen, 2014b, s. 23)

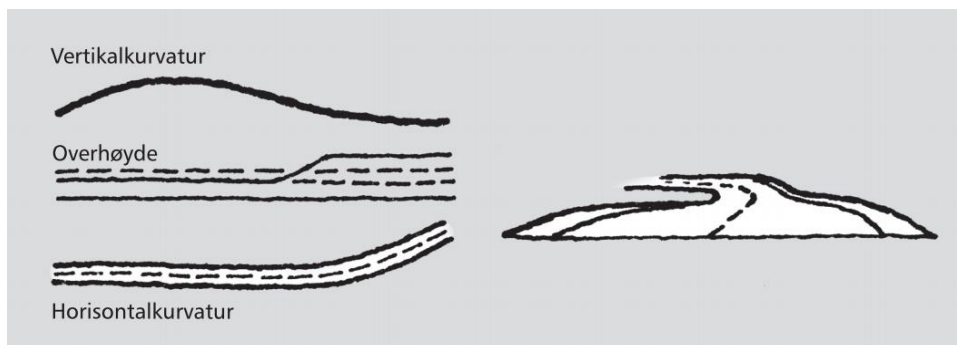
Vertikalkurvatur

Vertikalkurvaturen beskrives av Statens vegvesen (2014b) som stigninger og vertikalkurver, i form av sirkler, parabler eller klotoider. Det vil sjelden bli brukt store elementer av en sirkelkurve fordi parabelens form egner seg bedre i høybrekk og lavbrekk. Grunnen til dette er at parabelen er slakere/flatere i bueformen, og vil derfor være mer komfortabel å kjøre på i tillegg til at sikten vil være bedre. Dimensjoneringsgrunnlaget er derfor kjørekomfort i lavbrekk og sikt i høybrekk, hvor møtesikt og stoppsikt er de ulike kravene. Klotoider i vertikalkurvaturen har den samme effekten som i horisontalkurvaturen ved at den jevner ut overgangen mellom hvert element.



Figur 6: Prinsippskisse for stoppsikt i høybrekk (Statens vegvesen, 2014b, s. 31)

“Vegens geometriske form beskrives først og fremst av vegkantene som er markert med kantlinjer eller rekkverk.” (Statens vegvesen, 2014b, s. 34). Vegkantene er normalt sett symmetriske om vegens senterlinje, men dersom man tar i bruk overhøyde vil man få forskjellig vertikalgeometri for høyre og venstre vegkant. Overhøyde nyttes gjennom kurver for å delvis motvirke den tverrkraften som virker inn på kjøretøyets føring og kjørekomfort. Resten tas opp av kjøretøyets sidefriksjon. Overhøyde er vegens ensidige tverrfall i en kurve. Maksimal verdi for overhøyde i horisontalkurver er oppgitt i dimensjoneringstabell i *N100*. Overhøydeoppbyggingen kan derfor gi et feil inntrykk, og den kan også føre til å forsterke en ellers uheldig linjeføring (Statens vegvesen, 2014b). Feilaktige overhøydeoppbygginger kan derfor være spesielt uheldige på broer eller andre faste byggverk, for eksempel vannansamling. Når vertikaltrasé bestemmes bør man derfor ta hensyn til overhøyden, og da spesielt være oppmerksom på kurver med korte klotoider der overhøydeoppbyggingen har en kort lengde. Dette vil ofte kunne gi knekkvirkning i perspektivbildet til vegen. Bestemmelse av overhøyde og overhøydens rampe varierer med standardklasse og fartsgrense og er utarbeidet i en tabell.

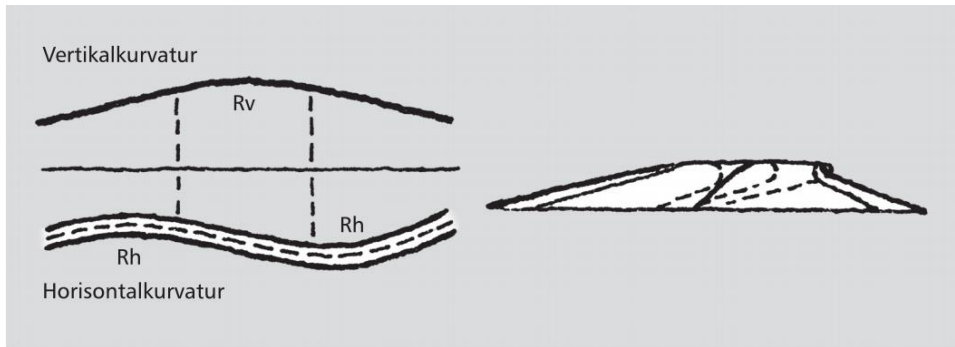


Figur 7: Overhøydeoppbygging som vil kunne gi et skjemmende inntrykk (Statens vegvesen, 2014b, s. 35)

Optisk føring

En riktig utformet veg har en god optisk føring, som skal bidra til å gi trafikanter god indikasjon på vegens videre forløp og eventuelle risikoer. Minstekravene til horisontal- og vertikalkurvaturer er gitt av Statens vegvesen (2019) i *N100*. God optisk føring oppnås ved et ideelt samspill mellom elementene i vegen som er vist i figur 1. Figur 6 viser en spesielt dårlig og uheldig optisk føring som bør unngås. Her er overgangskurven mellom motsatt rettet horisontalkurver lagt i et høybrekk. En slik romkurve gir trafikantene manglende informasjon om vegens videre forløp, og da overgangskurven befinner seg i et høybrekk kan dette føre til at trafikanter antar en etterfølgende rett strekke. “Skilt, oppmerking, belysning og

tilgrensende byggverk har også betydning for den totale optiske føringen.” (Statens vegvesen, 2014b, s. 35).



Figur 8: Høybrekk i overgangen mellom motsatt rettede horisontalkurver bør unngås (Statens vegvesen, 2014b, s. 35)

3.2 Vegnormaler i andre land

3.2.1 Tyskland

Richtlinien für die Anlage von Autobahnen, forkortet RAA, etablerer utgangspunktet for designet av et pålitelig og brukbart vegnett i Tyskland (FGSV, 2008). RAA er de gyldige tekniske reglene for bygging av motorveier i Tyskland som ble introdusert av Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, forkortet FGSV, i 2008. Dette regelverket beskriver planlegging og utforming av motorveier og er et resultat av forskningsmiljøets arbeid for vei og trafikk.

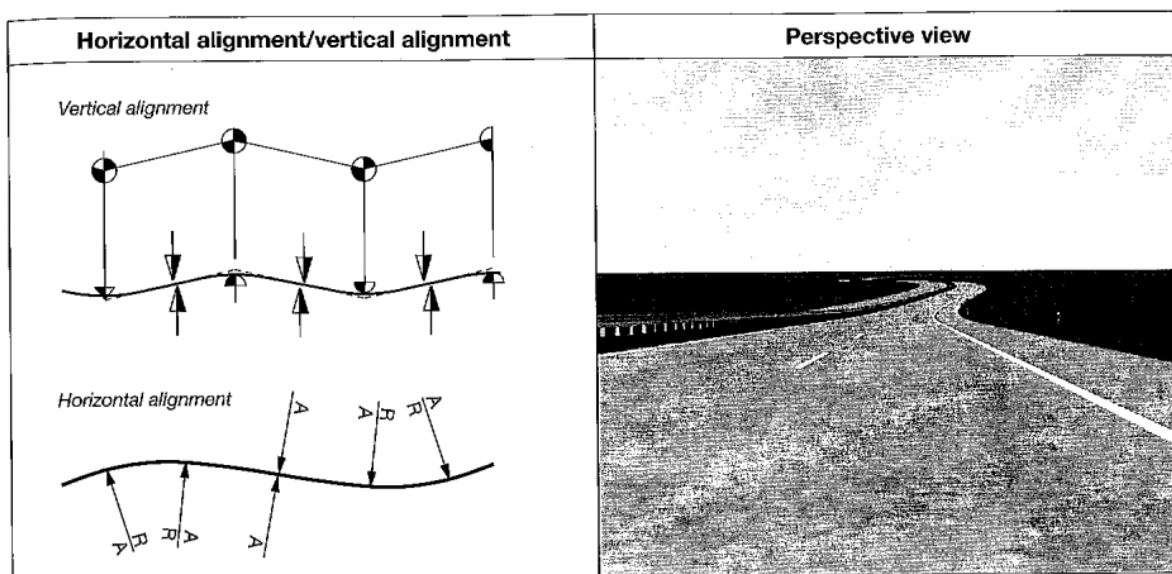
I FGSV (2008) sitt regelverk vises det i Kapittel 5 til horisontal og vertikal linjeføring, samt koordinering av disse elementene. FGSV har også samme betraktning av linjeføring og optisk føring som det vises til i de norske håndbøkene, der viktigheten av dette kommer frem. Ifølge FGSV (2008) blir trafikksikkerheten styrket ved at vegen følger en “*harmonisk rekkefølge av elementer*” (FGSV, 2008, s. 32, vår oversettelse), og at trafikantene samtidig skal kunne se tilstrekkelig langt framover for å kunne gjenkjenne vegens retning rundt kurver. Videre blir det vist til minimumsverdier av horisontale og vertikale elementer i vegen for å sikre gode kjøreforhold.

I RAA viser FGSV (2008) til at en dårlig romkurve kan bli unngått ved å følge minimumskravene på horisontalkurvatur og vertikalkurvatur. Definisjonen av romkurvatur i den tyske vegnormalen beskrives som “*tre-dimensjonal linjeføring*” (FGSV, 2008, s. 30, vår oversettelse). I RAA omtaler FGSV (2008) veibanen sett av føreren som bestående av fortau, skråninger, svinger og brekk, samt omgivende miljø som danner et sanseintrykk. “*Veiens geometri er spesifisert av tre separate aspekter: horisontal linjeføring, vertikal linjeføring og veiens tverrsnitt.*” (FGSV, 2008, s. 30, vår oversettelse). Sammen danner disse selve romkurven i vegen. For å kunne gjøre en vurdering på hvordan romkurven til vegen er må man se på 3D-modelleringer av veistrekk. I RAA blir veiens helhetlige vurdering satt opp ved utsnitt av vertikalkurvaturen og horisontalkurvaturen til strekningen, samt et perspektivbilde fra førerens synspunkt.

Romkurvaturen kan ifølge FGSV (2008) generelt bli sett på som en tilfredsstillende faktor med tanke på optisk føring og drenering når de horisontale og vertikale kurvene sammenfaller. Denne ideelle kurvaturen dannes når det er like mange kurver vertikalt som horisontalt. FGSV (2008) omtaler kombinasjonen av horisontal- og vertikalkurvatur på følgende vis:

Om det ikke er mulig å unngå ulikt antall kurvepunkt, er det tiltak som må bli gjort for å sikre at kurvepunktene i ett plan (horisontalt eller vertikalt) ikke sammenfaller med overgangskurven til det andre planet. Linjeføringen føles også mer behagelig når krysningspunktene mellom horisontal- og vertikalkurvene er så tette som mulig [...] (FGSV, 2008, s. 33, vår oversettelse).

Figur 9 viser et eksempel på kombinerings med ulikt antall kurvepunkt i horisontal- og vertikalplanet.



Figur 9: Typisk linjeføring og perspektivtegning (FGSV, 2008, s. 33)

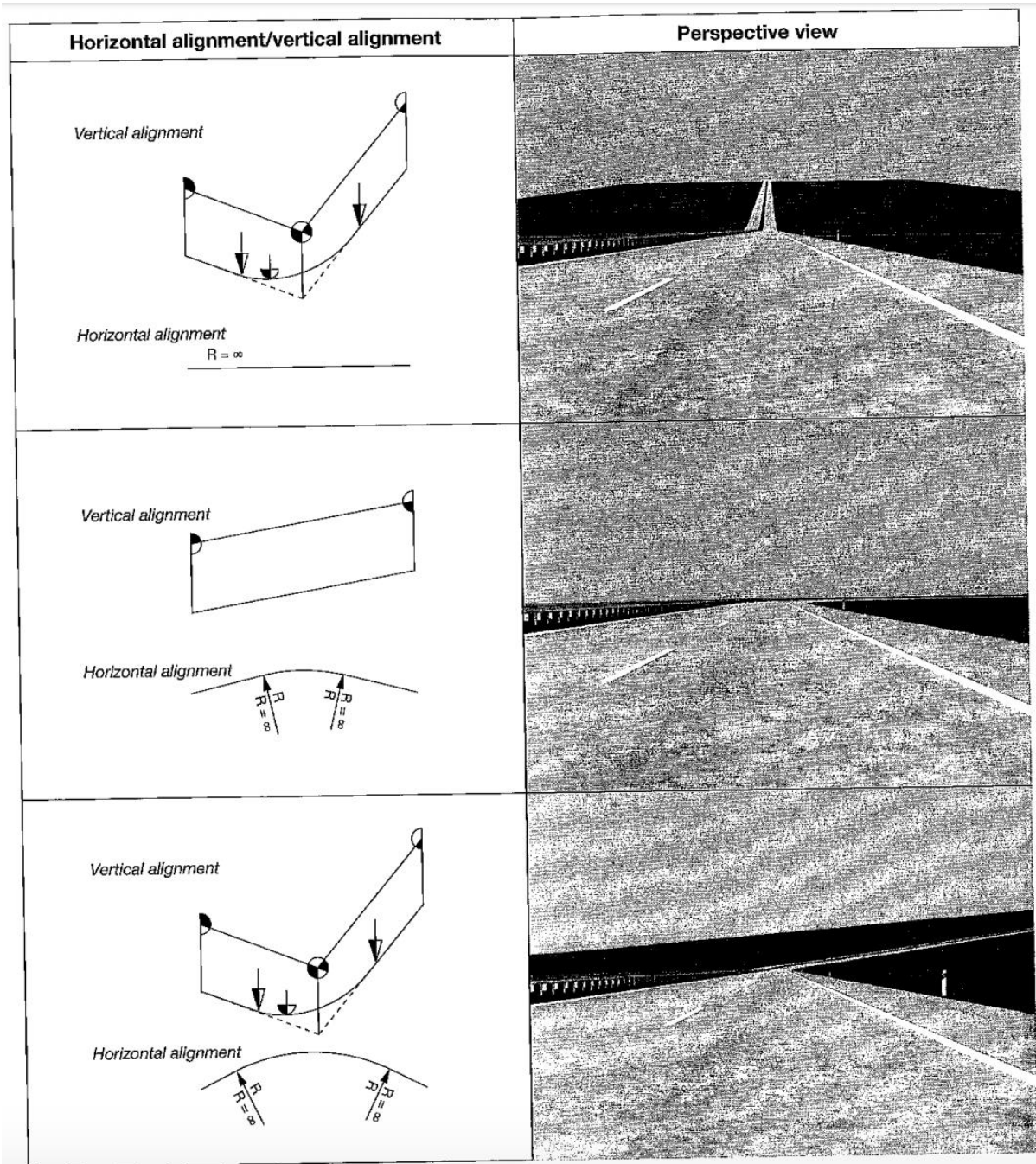
For å sikre at vegen er estetisk tiltalende og avslappende for trafikanten beskriver FGSV (2008) en rekke grunnleggende regler som skal observeres ved etterfølgende veielementer. Den optiske føringen av vegen kan forbedres ved å gjøre følgende elementer mye større enn den fastsatte minimumsverdien som er nevnt tidligere i standarden:

- Radiusen til sirkulære kurver
- Lengden til sirkulære kurver
- Diameteren til høybrekk og lavbrekk
- Tangentlinjen til høybrekk og lavbrekk

Videre forklarer FGSV (2008) spesielle tilfeller ved kombineringer av elementene som utgjør romkurven.

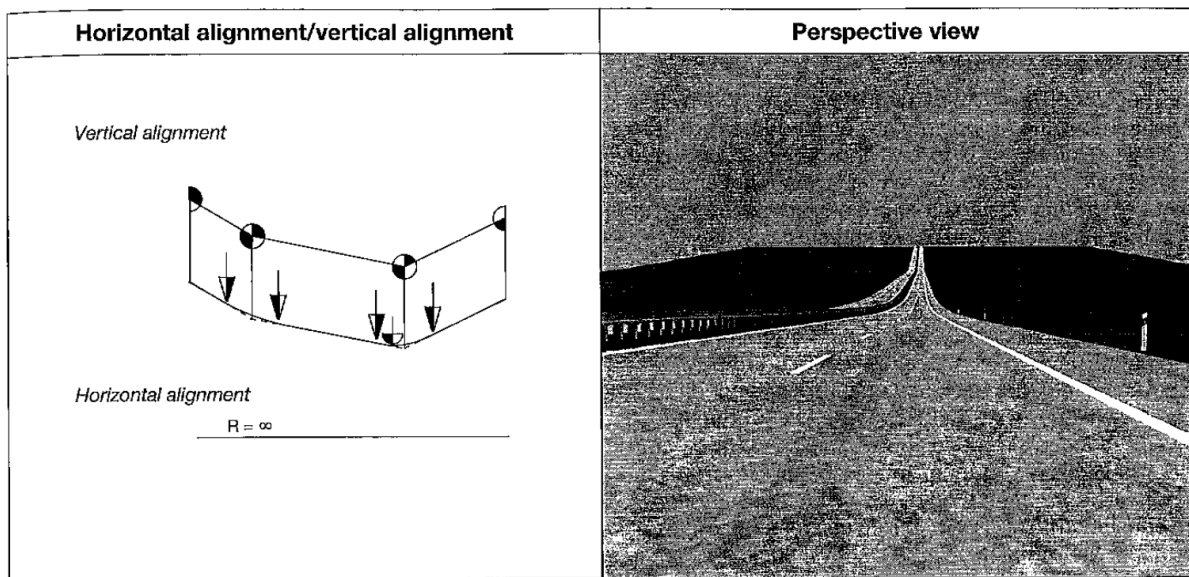
“Korte sirkulære kurver med ellers små retningsendringer kan fremstå som skarpe svinger fra sjåføren sitt perspektiv og kan unngås ved å øke radiusen til den sirkulære kurven.” (FGSV, 2008, s. 33, vår oversettelse). Vises i figur 10 nedenfor.

“Når det kommer til vertikalkurvatur vil korte lavbrekk mellom lange rettstrekker med konstant stigningsgrad bør unngås fordi det kan fremstå som et søkk for trafikantene.” (FGSV, 2008, s. 33, vår oversettelse). Vises i figur 10 nedenfor.

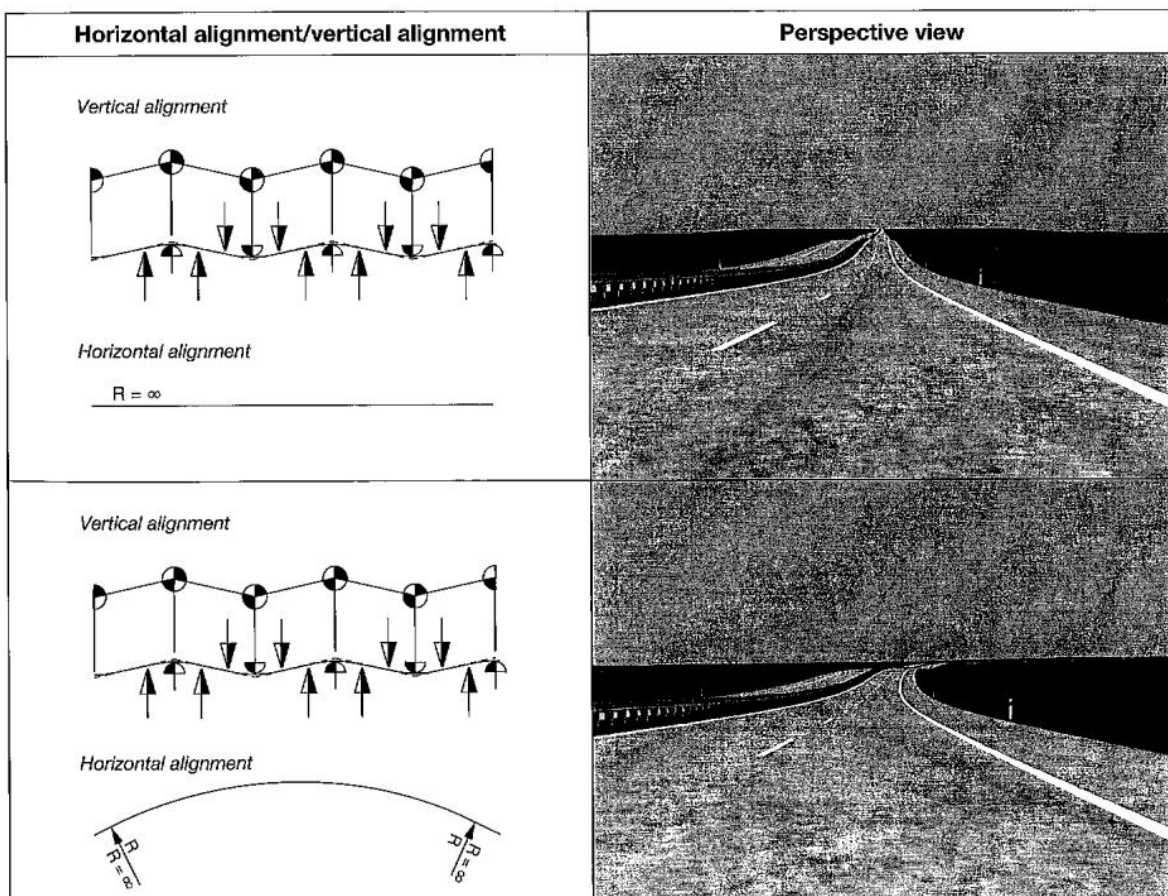


Figur 10: Tilsynelatende skarpe svinger og lavbrekk bør unngås (FGSV, 2008, s. 34)

“Motsatt, vil korte rettstrekker mellom to etterfølgende lavbrekk bør i hvert fall unngås ved bratte stigningsgrader fordi de kan fremstå som en flat strekke eller et høybrekk.” (FGSV, 2008, s. 33, vår oversettelse). Vises i figur 11 nedenfor.



Figur 11: Perspektiv av en vegseksjon med en uvanlig horisontalkurvatur med en kort rett strekke som skaper et inntrykk av en flat veg videre, som bør unngås (FGSV, 2008, s. 35).



Figur 12: En vei som ser ut til å flagre i en konstant kurve, som bør unngås (FGSV, 2008, s. 35)

3.2.2 USA

A policy on geometric design of highways 6th edition (2011) er den primære vegnormalen i USA, publisert av American Association of State Highway and Transportation Officials, forkortet AASHTO. AASHTO er et standardsettende statlig organ som legger frem retningslinjer som blir brukt til vegkonstruksjon i USA. Selv om AASHTO publiserer vegnormaler og vegpolitikk, er ikke publiseringene føderale lover, men heller en måte å koordinere generelle lover og retningslinjer i landet (AASHTO, 2011). Vegnormalen blir derfor beskrevet som en veiledning for prosjektering av veg. En ny versjon av vegnormalen ble utgitt i 2018, men ifølge AASHTO (2018) inneholder ingen ny informasjon om romkurver i vegplanlegging.

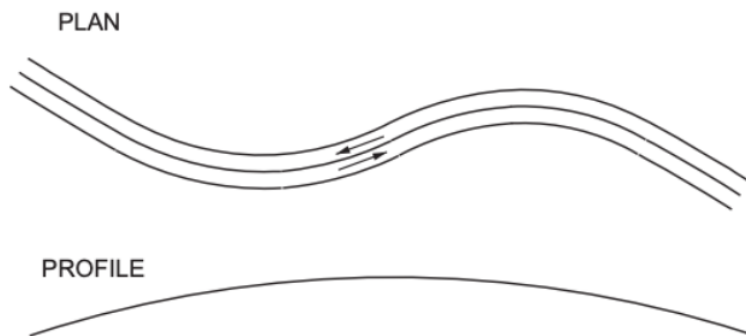
Kapittel 3.5, *combinations of horizontal and vertical alignment* omhandler romkurvatur i vegens gang. Horisontal- og vertikalkurvatur skal ikke bli designet uavhengig da de utfyller hverandre. Dårlige kombinasjoner mellom disse elementene kan ødelegge god flyt og forsterke de dårlige punktene i planet. AASHTO (2011) viser til at en passende kombinerings av kurvaturene oppnås gjennom ingeniørstudier og vurdering av retningslinjer. De mest sentrale retningslinjene nevnes nedenfor:

- *Kurvatur og helning bør være i riktig balanse. En rett strekke på bekostning av en skråning eller horisontalkurver på en flat strekke representerer begge et dårlig design.*
- *Skarpe horisontale kurver bør ikke introduseres i et høybrekk. Dette er uønsket da trafikanten kanskje ikke observerer endringer i horisontalkurvaturen. Det uønskede tilfellet forsterkes spesielt om det er mørke kjøreforhold. Ulempene rundt dette unngås dersom den horisontale kurvaturen forlenges, og dermed blir lengre enn den vertikale kurvaturen.*
- *Relevant til forrige retningslinje bør ikke horisontale kurver introduseres i et lavbrekk da trafikantens synsperspektiv gir et forkortet syn på lengden av kurven. Videre vil farten på kjøretøy, da spesielt tunge kjøretøy, være spesielt høy mot slutten av en bakke, og dermed kan ulykker oppstå.*
- *Både den horisontale og vertikale kurvaturen bør prosjekteres på en så flat måte som mulig mot kryss på veger hvor kjøretøy muligens må stoppe eller sakke ned farten.*

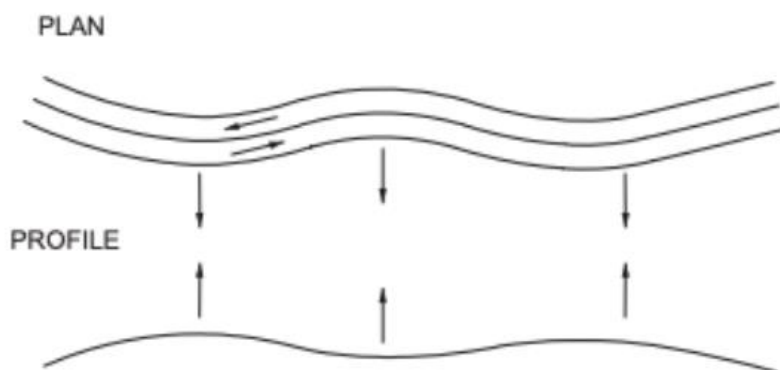
- På veier hvor kjørefeltene i hver retning er separert kan bruk av uavhengige profiler og horisontale kurver være ideelt.

(AASHTO, 2011, kap. 3, s. 165-166, vår oversettelse)

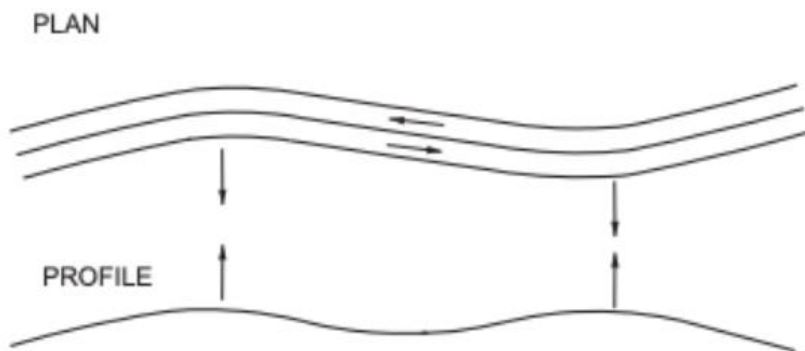
I figur 13 vises et tilfelle hvor et høybrekk kombinert med en S-kurve gir en uønsket romkurve. “Denne kombinasjonen er uønskelig av to grunner. Tangenten mellom kurvene er for kort, og reversen inntreffer på et høybrekk” (AASHTO, kap. 3, s. 168, vår oversettelse). Dette kan gjøre at trafikanten ikke oppfatter vegens videre forløp.



Figur 13: En uønsket kombinasjon av horisontal- og vertikalkurver (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 168)

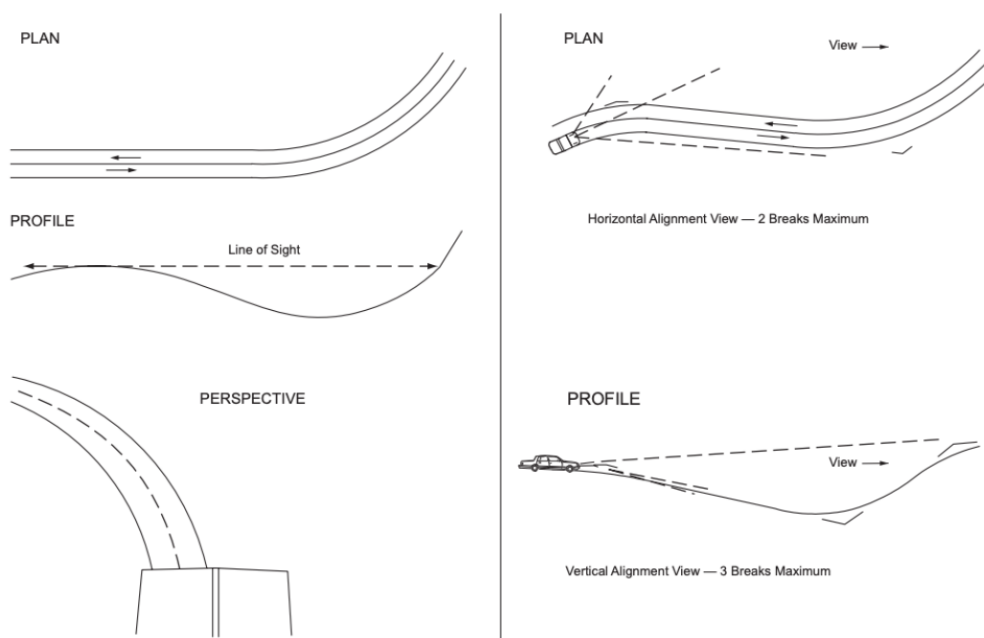


Figur 14: God kombinerings av horisontal- og vertikalkurver (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 169)



Figur 15: God kombinerings av horisontal- og vertikalkurver, selv om vertikalplanet inneholder flere kurvepunkter. (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 169)

Figur 14 og figur 15 viser to gode eksempler på kurvekombinering horisontalt og vertikalt. Figur 14 er begrunnet ved “[...] koordinasjon mellom horisontal og vertikal linjeføring hvor toppunktene for horisontal- og vertikalkurvene sammenfaller, som skaper en rik effekt av tredimensjonale S-kurver bestående av konvekse og konkave helikser” (AASHTO, kap. 3, s. 169, vår oversettelse).



Figur 16: En vertikalkurve etter et høybrekk (til venstre) kan få vegen til å virke diskontinuerlig. Videre vises en kombinasjon av horisontal- og vertikalkurvatur som gir en god visuell føring (til høyre). (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 170)

AASHTO (2011) beskriver tilfellet til venstre i figur 16 som et tilfelle hvor romkurvaturen skaper en usammenhengende effekt for vegen da begynnelsen av horisontalkurven er skjult bak høybrekket, mens fortsettelsen av kurven er i synsfeltet. Til høyre vises et alternativt eksempel, hvor horisontalkurvaturen tar bort denne effekten.

AASHTO (2011) viser også til flere eksempler på kombinasjoner av horisontal og vertikal linjeføring (se Vedlegg 1).

3.2.3 Sverige

Krav för vägers och gators utformning fra Trafikverket består av krav for planlegging og prosjektering av veier i Sverige. Dokumentet ble publisert 26.06.2015 og erstattet det tidligere dokumentet med samme navn fra 2012. *Krav för vägers och gators utformning*, forkortet VGU, gjelder som et frivillig og rådgivende dokument for kommunene, men for Trafikverket er reglene obligatoriske ved nybyggings- og renoveringsarbeid. I VGU blir romkurver definert som “*samspill mellom plan- og profilgeometri*” (Trafikverket, 2015, s. 98, vår oversettelse), og omtales i Kapittel 3, *Linjeføring*.

Under delkapittelet *Linjeføring för vägar med biltrafik* står det i kapittel 3.1.1 *Allmänt* følgende:

I all veg- og gateutforming er samspillet mellom plan og profil vesentlig. Det er derfor nødvendig å studere de effektene som kombinerings av krumning i vertikal- og horisontalplanet gir for sikt, visuell ledning og veg- eller gaterommets utseende. Det samme gjelder for samspillet mellom skildringen av miljø og geometri. (Trafikverket, 2015, s. 95, vår oversettelse).

Under kapittel 3.1.3 *Samspel mellan plan- och profilgeometri* står det følgende krav:

- “*Veger skal utformes sånn at trafikantene får en tydelig visuell ledning om vegens fortsettende strekning og at vegens standard og utforming tydeliggjøres.*” (Trafikverket, 2015, s. 98, vår oversettelse).

- “*Tofeltsveger der forbikjøring skjer i motsatt kjørefelt skal utformes sånn at det ikke oppstår noen synssvakheter.*” (Trafikverket, 2015, s. 99, vår oversettelse).
- “*Individuelle element og kombinasjonen av element skal gi en tydelig og harmonisk linjeføring med god estetikk.*” (Trafikverket, 2015, s. 99, vår oversettelse).

3.2.4 Danmark

Vejregler er håndbøker fra *Vejdirektoratet* som danner grunnlaget for planlegging, prosjektering, anlegg og drift av infrastrukturen i Danmark (Vejdirektoratet, 2018a). Håndboken *Tracering i åbent land-Anlæg og planlegning* inneholder informasjon om romkurvatur.

Veger i Danmark blir i utgangspunktet prosjektert av en samlevurdering av kjøredynamikk, siktkrav og estetiske hensyn. I tillegg til disse kriteriene er det fastsatt et fundamentalt krav om tilstrekkelige sikt lengder, gitt ut ifra tabeller, formler og figurer. Grunnlaget man velger ulike kurveradier ut ifra, baserer seg på fire ulike kriterier med tilhørende underkriterier som blir definert:

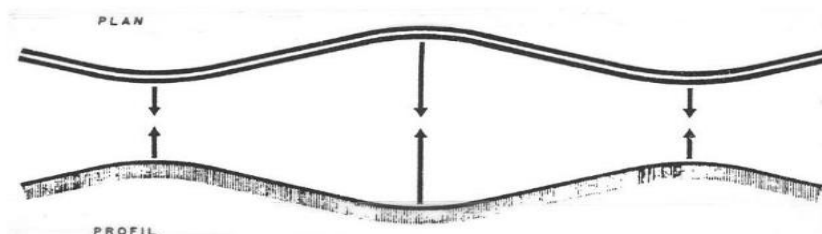
- *Oversiktsforhold:*
 - *Stoppsikt*
 - *Stoppsikt ved kø*
 - *Møtesikt*
 - *Sikt ved forbikjøring*
- *Kjøredynamikk*
- *Trafikksikkerhet*
- *Kjørekomfort*
- *Estetikk*

(Vejdirektoratet, 2018b, s. 25, vår oversettelse).

Disse kriteriene blir anbefalt kontrollert og dokumentert ved bruk av 3D-modeller i dataprogrammer.

Vejdirektoratet (2018b) skriver at den korteste veien mellom to punkter vil være én rett linje mellom startpunkt og endepunkt, og denne vil gi god sikt og gode forbikjøringsmuligheter. Vejdirektoratet (2018b) nevner også at lange rette strekninger bør unngås da disse virker trettende for trafikanten og i tillegg hemmende for avstandsbedømmelse. En direkte konsekvens av dette er økt risiko for uhell og ulykker. Derfor er det gitt en anbefaling av Vejdirektoratet (2018b) på lengden av rettlinjestrækninger, hvor disse bør være i størrelsesorden 0,5 km-2,0 km. Vejdirektoratet (2018b) beskriver hvorfor det bør unngås bruk av korte rettlinjestrækninger mellom likesvingede horisontalkurver da dette er en estetisk uheldig kombinasjon. I tillegg til det estetiske vil denne kombinasjonen være mindre komfortabel ved at den krever flere rattutslag. Vejdirektoratet (2018b) foreslår derfor bruken av en lengre horisontalkurve med større radius mellom punktene. Praktisk sett vil det gi et bedre resultat ved at man holder et konstant rattutslag gjennom hele svingen, som både fører til bedre flyt og komfort.

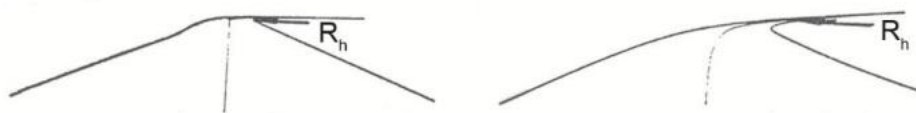
Vejdirektoratet (2018b) beskriver hvordan kombinasjonen av horisontalkurver og vertikalkurver bør utføres, samt hvordan en riktig sammensetning av linjeføring og lengdeprofil bør være.



Figur 17: Riktig sammensetning av linjeføring og lengdeprofil, med sammenfallende faser og sammenfallende faseskift (Vejdirektoratet, 2018b, s. 55)

Horisontalkurven og vertikalkurven bør sammensettes slik at horisontalkurven overlapper vertikalkurven både før og etter kurven. Da unngår man brå endringer i kurvene og oppnår jevnere flyt. For å få en jevnere overgang mellom kurvene benyttes overgangskurver. Overgangskurver er vegelementer som forbinder rette linjer og sirkelbuer, eller sirkelbuer med andre sirkelbuer, med ulike radier.

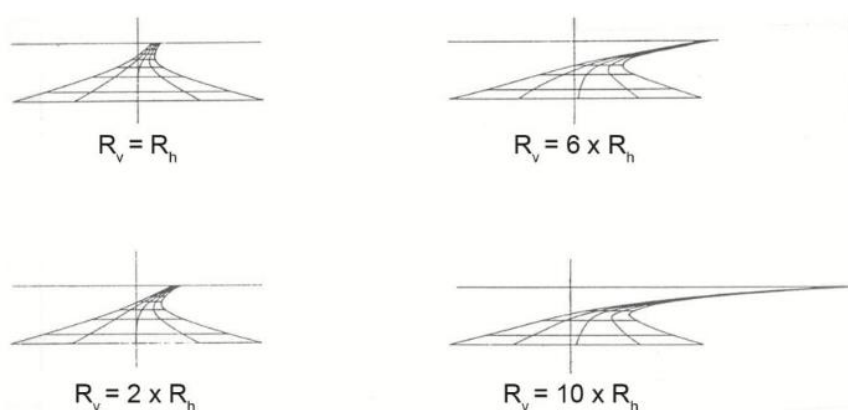
Figur 18 viser hvordan en kurve vil se ut med og uten en overgangskurve. Tilfellet hvor overgangskurver ikke benyttes (til venstre) viser en vei som “knekker” til høyre uten en tydelig gradvis retningsforandring. Det kommer tydelig frem i figuren at en kurve med overgangskurve vil være mer oversiktlig å kjøre enn en kurve uten.



Figur 18: Kurve uten og kurve med overgangskurve (Vejdirektoratet, 2018b, s. 33)

I vertikalkurvaturen benyttes konvekse og konkave vertikalkurver ved bruk av sirkelbuer. Kravene for vertikalkurvene bygger på siktkrav, komfort og estetikk. Når det gjelder konvekse vertikalkurver vil minsteradius la seg styre av siktkrav, som oftest vil være det dimensjonerende kravet grunnet sikten på bakketoppen. Konkave vertikalkurver dimensjoneres ut fra komfort og hvordan kjøreløysene lyser opp vegbanen i lavbrekket.

Forholdet mellom radiene i vertikal- og horisontalplanet skal helst være slik at vertikalradiusen er ti ganger større enn horisontalradiusen (Vejdirektoratet, 2018b). En større vertikalradius vil gi en jevnere stigning og bedre sikt videre i vegtraseen, sett i forhold til hvis radiene er like.



Figur 19: Forskjellige forhold mellom R_v og R_h , hvor R_v står for vertikal radius og R_h står for horisontal radius (Vejdirektoratet, 2018b, s. 55)

Forholdet mellom vertikal- og horisontalradius vil også gjelde i vertikalplanet. Ved mindre vertikalradier vil vegforløpet videre bli borte over høybrekket. Konsekvensene av å bruke mindre forholdsradier resulterer i dårligere sikt over bakketoppen og inntrykket av vegens videre forløp blir uklart. I *Tracering i åbent land-Anlæg og planlegning* viser Vejdirektoratet til at vertikalkurver skal være mye større enn horisontalkurver når kombinert, “[...]helst mer enn 10 ganger så stor.” (Vejdirektoratet, 2018b, s. 55, vår oversettelse)



Figur 20: En liten konveks vertikalradius skjærer veien av. En tilstrekkelig stor vertikalradius gir det korrekte vegbildet (Vejdirektoratet, 2018b, s. 56)

For å opprettholde siktkravene viser Vejdirektoratet (2018b) til formel og figurer for lange og korte horisontalkurver, både høyre- og venstrevendte. Stoppsikt, møtesikt og forbikjøringssikt dimensjoneres ut ifra hvilken type veg som planlegges. Fart og antall filer tas frem i de ulike anbefalingene håndboken presenterer, sammen med tilhørende dimensjonerende siktkrav.

3.3 Eldre norske håndbøker

Det fantes tidligere et krav om romkurver, men dette kravet har blitt erstattet av en veiledningshåndbok med anbefalinger. Det skal nå undersøkes når dette kravet var å finne i håndbøkene og når det ble forflyttet til veiledningshåndbøker.

3.3.1 Nyere og utdaterte håndbøker

Siden Vegnormalkomiteen ble opprettet sent på 1960-tallet har vegnormalene gått fra å være løse ark med fagstoff satt inn i permer på 70-tallet til de første håndbøkene i senere år. Denne samlingen av løsark ble først navngitt *Håndbok 802 - Geometrisk utforming*, men ble senere samme år omdøpt til *Håndbok 017*. Disse to hadde identisk innhold, men forskjellig design. *Håndbok 017* har deretter vært gjeldende vegnormal fram til 2014, men da med forskjellig

innhold, design og tilgjengelighet i løpet av årene. *N100* tok over i 2014 og er gjeldende vegnormal den dag i dag, også denne med nye utgaver publisert fortløpende ettersom behovet for revidering oppstår.

I de nyere utdaterte håndbøkene utgitt av Statens vegvesen er det meste av informasjon om romkurver fjernet, og flyttet over i håndbøker som kommer med anbefalinger og veiledninger. Dette er et oppsett de har forholdt seg til siden 2008 da *Håndbok 017* utelukket kapittelet om linjeføring og romkurvatur fra sin forgjenger med samme navn fra 1992. Tabell 2 viser hvordan oppsettet av de nyere håndbøkene er organisert i forhold til informasjon om romkurvatur.

Tabell 2:

Oppsett av de eldre og nye Norske håndbøkene, organisert i forhold til informasjon om romkurvatur.

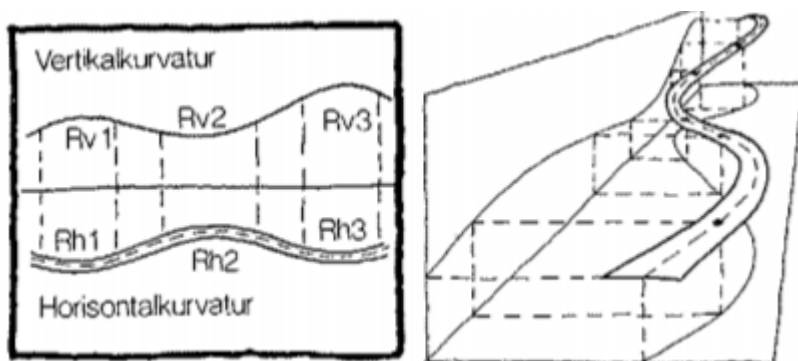
År	Tittel	Krav om romkurvatur	Andre håndbøker med tilleggsinformasjon om romkurvatur gitt i
1968-1978	<i>Håndbok 802: Geometrisk utforming (senere Håndbok 017)</i>	Nei	Ikke gitt
1992	<i>Håndbok 017: Veg- og gateutforming</i>	Ja, inneholder “Skal-krav” med tilhørende delkapittel og bildeeksempler.	Ikke gitt

2008	<i>Håndbok 017: Veg- og gateutforming</i>	Ja, inneholder “Skal-krav” uten videre spesifisering. Henvises til <i>Håndbok 265</i> for mer informasjon om linjeføring.	<i>Håndbok 265 - Linjeføringsteori</i> (2008), Kapittel 14: Linjeføring, estetikk og optisk føring
2013	<i>Håndbok 017: Veg- og gateutforming</i>	Nei, henvisning til <i>Håndbok 265</i> for mer informasjon om linjeføring.	<i>Håndbok 265 – Premisser for geometrisk utforming av veger</i> (2013), Kapittel 3: Linjeføring
2014	<i>Håndbok N100: Veg- og gateutforming</i>	Nei, henvisning til <i>VI20</i> for mer informasjon om linjeføring.	<i>Håndbok VI20 – Premisser for geometrisk utforming av veger</i> (2014), Kapittel 3 Linjeføring
2019	<i>Håndbok N100: Veg- og gateutforming</i>	Nei, henvisning til <i>VI20</i> for mer informasjon om linjeføring.	<i>Håndbok VI20 – Premisser for geometrisk utforming av veger</i> (2014), Kapittel 3 Linjeføring

Håndbok 017 (1992)

Dette er den første håndboken som inneholdt krav, i form av “skal-krav” omhandlende romkurvatur, som videre blir utdypet og forklart med bildeeksempler og underkapitler. Statens vegvesen (1992) omtaler kravene omhandlende romkurver ved at avbildningen av horisontal- og vertikalplanet beskriver en vegs romkurve, og kombinasjonen av vertikal- og horisontalkurvatur skal planlegges slik at romkurven føles rytmisk og jevn. I tillegg skal romkurven være formet slik at trafikantene får god informasjon om vegens geometri og optisk føring. Dette er krav som skal gi en bedre følelse av kjøredynamikk og økt sikkerhet. Kjøredynamikken vil oppleves god når trafikanten enkelt kan navigere seg på veien gjennom landskapet med få fartsendringer uten å måtte bli tvunget til å gjøre unødige rattutslag, slik at trafikanten kan kjøre miljøvennlig og forutsigbart. På dette viset vil trafikantene bli hjulpet av den optiske føringen for å redusere sannsynligheten av å bli hindret av plutselige svinger eller hinder. Allikevel skal ikke vegens forløp være så simpelt at det resulterer i en tretthetsfremkallende følelse for trafikantene. Derfor er det gitt at romkurven skal være rytmisk slik at trafikantene blir provosert til å ha en aktiv kjørestil.

Perspektivtegninger brukes normalt for å kontrollere romkurvaturen.



Figur 21: Når horisontal- og vertikalkurvene faller sammen, oppnås en jevn romkurvatur (Statens vegvesen, 1992, s. 129)

Videre gis det eksempler på hvilke kurvekombinasjoner som bør unngås, samt andre uheldige tilfeller hvor romkurvaturen ikke oppnår sitt formål. Det kan være situasjoner hvor overhøyden forsterker inntrykket av en allerede uheldig linjeføring, og fører til et villedende videre forløp av veien.

Settes Statens vegvesen (1992) sin vegnormal opp mot de etterfølgende norske vegnormalene fra 2008 og utover tydeliggjøres det at informasjonen omhandlende romkurvatur forflyttes. Denne informasjonen flyttes over i veiledningshåndbøker (se tabell Tabell 2) og blir definert i den etterfølgende versjonen.

Vegen utgjør en romkurve, og det er sammenhengen av enkeltelementene som bestemmer romkurven. Romkurven skal være jevn og rytmisk. Den skal være formet slik at den gir trafikantene god visuell informasjon om vegens geometri og videre forløp. (Statens vegvesen, 2008, s. 64).

Denne definisjonen av romkurven blir i de neste håndbøkene (*Håndbok 017* (2013), *N100* (2014) og *N100* (2019)) omformulert til “*Vegen utgjør en romkurve, og det er sammensetningen av enkeltelementene som bestemmer romkurven. Den utformes slik at den gir trafikantene god visuell informasjon om vegens geometri og videre forløp.*” Statens vegvesen, 2013a, s. 33). Forskjellen i de to ulike formuleringene er at det i *Håndbok 017* (2008) benyttes “skal” i definisjonen. “Skal” er ut ifra Tabell 1 det strengeste kravet å fravike (Statens vegvesen, 2019). Ved å unnlate bruken av skal, tilsier det at det etter 2008 ikke er et krav om utformingen av romkurven.

3.4 Analyser og undersøkelser

3.4.1 Prediksjonsmodell

Prediktionsmodell för trafikolyckor för kvalitetsbestämning av vägers säkerhet (1976) av Ulf Brüde og Göran Nilson er en undersøkelse som lanserer en prediksjonsmodell på oppdrag for Statens vägverk i Sverige. Prediksjonsmodellen er laget for kvalitetsbestemming av vegers sikkerhet og tar i bruk 550 mil av det svenske hovedvegnettets daværende 2500 mil. Undersøkelsen baserer seg totalt på ca. 7000 politirapporterte ulykker. Modellen skal også kunne være et hjelpemiddel for Statens vägverk når beslutninger blir vurdert. Modellen ser på

innvirkninger som vertikal og horisontal linjeføring, vegbredde og fartsgrense har på inntreffe ulykker.

Forutsetninger

I modellen bygger Brude og Nilson (1976) på forutsetningen at antallet ulykker er direkte proporsjonalt med antallet akselparkm,

$$O = a * T,$$

der O er antall ulykker, T er trafikkmengden uttrykt i millioner akselparkm, og a er ulykkesraten, som er en funksjon av vegens utforming, hastighetsbegrensning og regional tilhørighet. Ulykkesraten er dermed antall ulykker per million akselparkm.

Variabler

I undersøkelsen bruker Brude og Nilson (1976) variabler som linjeføringsklasser, hastighetsbegrensninger og vegbredde for å vise hva som er med å påvirke ulykkesraten for et område. Linjeføringsklassene beskriver ulike typer linjeføringsklasser fra bra (klasse 1) til dårlig (klasse 3).

Hver enkelt linjeføringsklasse kan inneholde ulike kombinasjoner av kurveradius og helning og fremdeles være innenfor kravene i de ulike klassene. For å kunne definere en linjeføringsklasse må både kurveradius og helning betraktes sammen. I tabell 3 nedenfor blir de ulike kombinasjonene innenfor hver enkelt linjeføringsklasse nummerert fra 1 til 3. Lik nummerering innenfor hver klasse i både kurveradius og helning danner sammen et klassifiseringskrav.

Tabell 3:

De ulike linjeføringsklassene uttrykt i tabell (Brüde og Nilson, 1976, s. 10).

Kurveradius (m)	Helning (‰) 0-10	Helning (‰) 10-20	Helning (‰) 20-30	Helning (‰) > 30	Høybrekk
Rettlinje ($r \approx \infty$)	1	1	1	2	1
> 1000	1	1	1	2	1
700-1000	2	2	2	2	2
400 - 700	2	2	2	3	2
200 - 400	3	3	3	3	3
≤ 200	3	3	3	3	3

Hastighetsbegrensning

Hastighetsbegrensningen beskriver fartsgrensen i områdene som dataene er hentet fra. Da det var andre regler for fartsgrenser på 70-tallet er det følgende fartsgrenser som ble brukt:

Tabell 4:

Fartsgrensen i områdene hvor dataen i undersøkelsen er hentet fra.

70 km/t	90 km/t	110 km/t
---------	---------	----------

Vegbredden blir i undersøkelsen delt inn i tre hovedklasser:

Tabell 5:

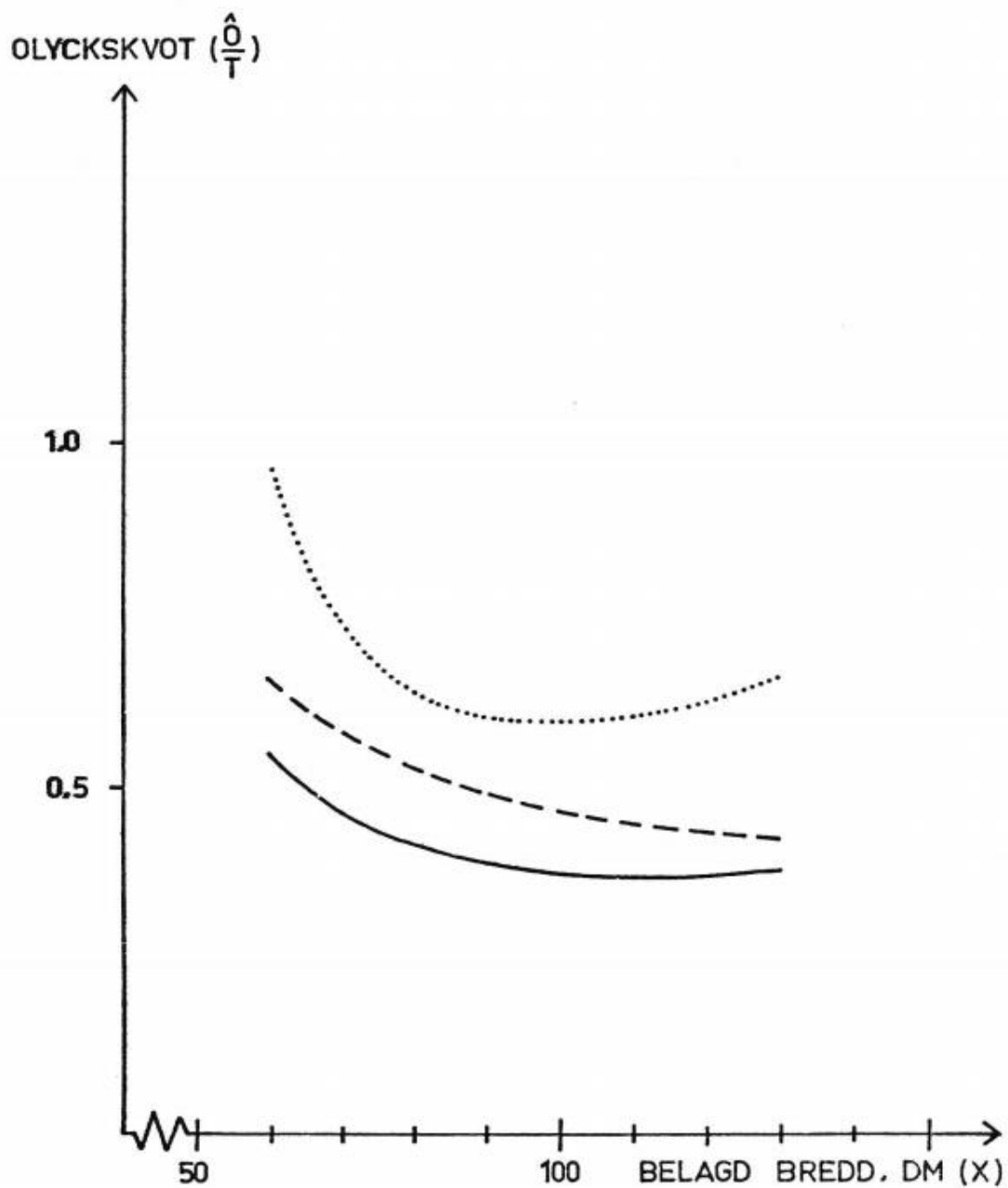
Tre hovedklasser av type vegbredde brukt i undersøkelsen.

0-62 dm	63-107 dm	≥ 108 dm
---------	-----------	---------------

En erstatning av ulykkesraten med en estimert ulykkesrate som et resultat av linjeføringsklasse, fartsgrense og vegbredde vil føre til at det kan forutses antall ulykker på et vegstrekk ut ifra antall trafikanter.

Ved hjelp av ulykkes- og vegdataene som ble innhentet i samband med denne undersøkelsen kunne en regresjonsanalyse gjennomføres for å finne en sammenheng mellom vegbredden, linjeføringen og fartsgrensen. Dette ble gjort ved å kun undersøke materialet ved 90 km/t-grense og ta linjeføringsklassene hver for seg. Regresjonsanalysen på disse faktorene gir graf med ulykkesraten som et resultat av vegbredden i linjeføringsklasse 1, 2, og 3 ved en konstant fartsgrense på 90 km/t.

<u>LINJEF. KLASS</u>	<u>ANTAL OLYCKOR</u>	<u>R²</u>
I —————	3642	0.68
II - - - - -	1060	0.82
III ········	281	0.92



Figur 22: Ulykkesraten i forhold til vegbredden. De tre grafene tar for seg linjeføringsklasse 1-3. (Brüde og Nilson, 1976, s. 43)

3.4.2 Dybdeanalyser

Statens Vegvesen har siden 2005 jobbet med dybdeanalyser av samtlige ulykker for å få mer informasjon om årsakssammenhenger. Ulykkesanalysegrupper, forkortet UAG, er derfor opprettet i hver region der disse skriver en årsrapport, som sammen blir grunnlag for Statens vegvesens årsrapport (Statens vegvesen, 2018a). Det er viktig å legge trykk på at *“hensikt og formål med ulykkesanalysene til Statens vegvesen skiller seg fra politiets etterforskning”* (Statens vegvesen, 2018a), og at Statens vegvesen sin intensjon er å finne ut hvorfor ulykken skjedde og hvilke forhold som kan ligge til bakgrunn for den. UAG består av et tverrfaglig ekspertpanel innenfor tema som veg, trafikanter, kjøretøy og medisin, noe som gjør at man på best mulig måte kan kartlegge og vurdere hendelsesforløpet.

Statens vegvesen (2018a) går igjennom fremgangsmåten ved analysene på Statens vegvesen sin nettside:

- Samme dag: Ulykkesundersøkere, forkortet UU, som har vakt gitt dag rykker ut ved varsel fra Vegtrafikksentralen. Ved dødsulykke rykker UU umiddelbart ut til ulykkesområdet. Her skal viktig informasjon samles inn, som faktorer som kan ha ført til skadeomfanget og ulykken i seg selv. Det blir derfor fotografert og dokumentert bremsespor, føreforhold, plassering av kjøretøy, osv.
- Noen dager etter ulykken: Statens vegvesen gjennomgår lokalområdet for en ny sjekk av ulykkesstedet. Her er representanter med kunnskap om trafikanter, samt kjøretøy- og vegteknisk kunnskap med for å undersøke. Samlet informasjon blir videre brukt i en egen rapport med fakta om ulykken og forslag til trafikksikkerhetstiltak på kort og lang sikt. Statens vegvesen sine ulykkesgrupper, forkortet UG, gjør dette arbeidet.
- Innen tre måneder etter ulykken: Når UG har levert rapporten på ulykken kan UAG starte sitt analysearbeid. En lege bidrar også med tolkning av den informasjonen som er tilgjengelig på trafikantenes tilstand. Den ferdige analyserapporten skal være klar innen tre måneder etter ulykken fant sted.

Som tidligere nevnt blir rapportene til slutt en del av en regional årsrapport og en årsrapport på landsbasis.

Årsrapporter

Fra 2005 til 2017 ble det publisert 13 årsrapporter som oppsummerer de årlige dybdeanalysene. Disse rapportene tar for seg hovedtrekkene i ulykkesbildet, medvirkende faktorer i ulykkene og medvirkende faktorer i henhold til skadeomfanget. Ved å lage årsrapporter over lang tid er det mulig å “[...] vise kompleksiteten i forhold som medvirker til alvorlige ulykker, si noe om risikofaktorer, peke på både direkte og bakenforliggende forhold som førte til at ulykkene skjedde og / eller at konsekvensene ble som de ble [...]” (Haldorsen, 2013, s. 1). Videre kan man foreslå tiltak for å hindre lignende ulykker ved bruk av rapporten. Selv om Norge er et av de fremste landene i verden på trafikksikkerhet, i følge ETSC (2018), er målet null drepte og hardt skadde i trafikken. Rapporten viser at *“Norge har færrest trafikkdrepte i 2017, både målt mot antall innbyggere og antall kjørte kilometer”* (ETSC, 2018, sitert av Statens vegvesen 2018a). Statens vegvesen (2018b) har et mål om å redusere tallet til 350 drepte eller hardt skadde innen 2030.

Ulike ulykker kan ha flere årsaker enn bare én, noe som kan påvirke statistikken. I Haldorsen (2014) sine rapporter blir de ulike faktorene beskrevet av årsaksgradene “avgjørende”, “stor” og “mindre”. Når det kommer til faktorer knyttet til veg og vegmiljø er det flere sentrale årsaker som sammenfaller. Horisontal og vertikal linjeføring, sikthindring og manglende skilting er alle tre årsaker som ofte skjer som et resultat av hverandre ifølge Haldorsen (2014):

- Dårlig horisontal og vertikal linjeføring kan ofte gi en redusert optisk føring.
- Sikthindring kan oppstå ved denne uheldige linjeføringen da det kan gi dårlig sikt gjennom kurver på grunn av jordskrånninger, fjellskjæringer og vegetasjon.
- Ved spesifikke tilfeller hvor linjeføringen fører til dårlig optisk føring og dårlig sikt gjøre at føreren får liten oversikt og dermed kan manglende skilting og oppmerking være årsaken til en ulykke. Med manglende skilting er mulige situasjoner manglende bruk av retningsmarkering i kurver, manglende fareskilting og lignende.

I alle de publiserte rapportene er det vegens horisontale og vertikale linjeføring som går mest igjen når det kommer til ulykkesfaktorer som er knyttet til veg og vegmiljø. I tabell 6 under er en oversikt over medvirkende faktorer i de årlige dødsulykkene fra 2005 til 2017. Tallene er hentet fra Statens vegvesens publiserte årsrapporter.

Tabell 6:

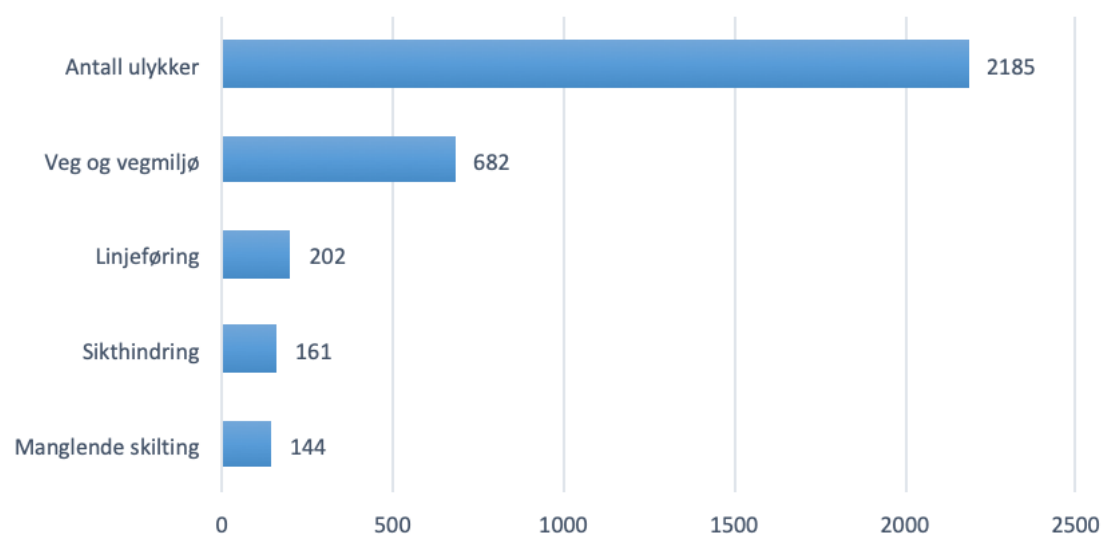
Oversikt over antall dødsulykker og medvirkende faktorer fordelt på de publiserte årsrapportene, uttrykt ved antall ulykker og prosent av totalt antall ulykker. Tall er hentet fra Statens vegvesens publiserte årsrapporter. (Nordtømme, 2006; Haldorsen, 2007; Haldorsen, 2008; Haldorsen, Rostoft og Moen, 2009; Haldorsen og Rostoft, 2010; Haldorsen, 2011; Haldorsen, 2012; Haldorsen, 2013; Haldorsen, 2014; Haldorsen, 2015; Grimstad og Engebretsen, 2016; Ringen, 2017; Ringen, 2018)

		Medvirkende faktorer:				
År	Antall ulykker	Veg og vegmiljø	Linjeføring	Sikthindring	Manglende skilting	Overhøyde
2005	202	92 (46%)	24 (12%)	19 (9%)	25 (12%)	Ikke oppgitt
2006	228	86 (38%)	26 (11%)	26 (11%)	25 (11%)	5 (2%)
2007	208	78 (38%)	25 (12%)	16 (8%)	26 (13%)	5 (2%)
2008	237	69 (29%)	15 (6%)	18 (8%)	17 (7%)	Ikke oppgitt
2009	186	44 (24%)	13 (7%)	11 (6%)	4 (2%)	Ikke oppgitt
2010	190	53 (28%)	11 (6%)	12 (6%)	6 (3%)	4 (2%)
2011	158	40 (25%)	10 (6%)	5 (3%)	8 (5%)	5 (3%)
2012	139	41 (29%)	13 (9%)	9 (7%)	8 (6%)	0 (0%)
2013	170	40 (24%)	19 (11%)	12 (7%)	10 (6%)	5 (3%)

2014	135	28 (21%)	8 (6%)	8 (6%)	4 (3%)	1 (1%)
2015	102	36 (35%)	15 (15%)	9 (9%)	2 (2%)	3 (3%)
2016	128	42 (33%)	14 (11%)	10 (8%)	6 (5%)	8 (6%)
2017	102	33 (32%)	8 (8%)	7 (7%)	3 (3%)	3 (3%)
Totalt	2185	682 (31%)	201 (9%)	162 (7%)	144 (7%)	39 (2%)

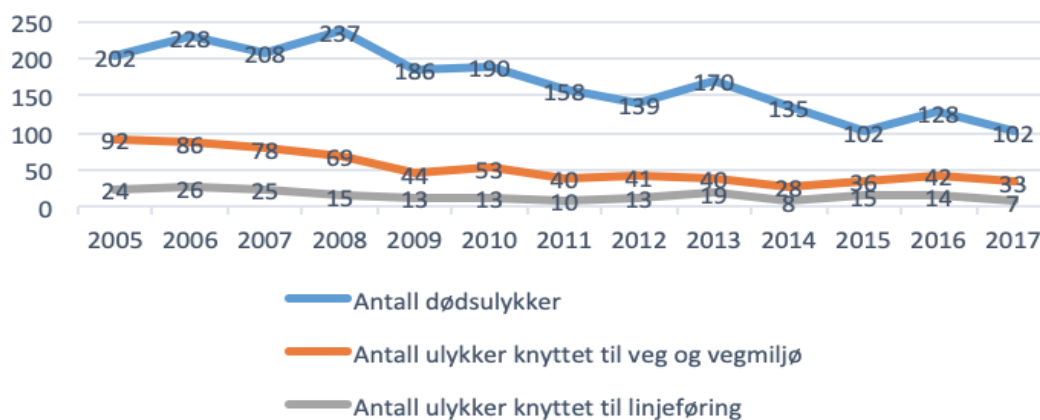
Dersom man ser på ulykkesstatistikkene på dødsulykker fra 2005-2017 ser man at vegens horisontale og vertikale linjeføring, samt sikthindringer langs vegbanen står for henholdsvis 9% og 7% av alle ulykkene. Horisontal og vertikal linjeføring, samt vegens tverrprofil er det som definerer vegens romkurvatur (Statens vegvesen, 2014b). Vegens tverrfall/overhøyde er medvirkende i 39 ulykker fordelt på de tretten årene. Det vil si i underkant av 2% av alle ulykkene som er registrert i samband med rapportene, og er derfor ikke tatt med i figur 23.

Faktorer for dødsulykker 2005-2017



Figur 23: Oversikt over dødsulykker hvor veg og vegmiljø med flere faktorer er årsak (Nordtømme, 2006; Haldorsen, 2007; Haldorsen, 2008; Haldorsen, Rostoft og Moen, 2009; Haldorsen og Rostoft, 2010; Haldorsen, 2011; Haldorsen, 2012; Haldorsen, 2013; Haldorsen, 2014; Haldorsen, 2015; Grimstad og Engebretsen, 2016; Ringen, 2017; Ringen, 2018)

Oversikt over ulykkestall og årsakssammenheng år for år



Figur 24: Oversikt over andel av dødsulykker fra 2005-2017 som er knyttet til veg og vegmiljø, og linjeføring. (Nordtømme, 2006; Haldorsen, 2007; Haldorsen, 2008; Haldorsen, Rostoft og Moen, 2009; Haldorsen og Rostoft, 2010; Haldorsen, 2011; Haldorsen, 2012; Haldorsen, 2013; Haldorsen, 2014; Haldorsen, 2015; Grimstad og Engebretsen, 2016; Ringen, 2017; Ringen, 2018)

Fra og med årsrapporten 2008 frem til 2016 definerte Statens vegvesen de medvirkende ulykkesfaktorene ut ifra årsaksgrader (avgjørende, stor, mindre), som kan være med å gi et bilde av betydningen til de tidligere ganske generelle tallene. Ved å se på årsaksgradene fra 2008-2016 kan man da få et bedre bilde av virkningen som linjeføringen har for ulykkesbildet. Selv om vegens tverrfall og overhøyde utgjør en beskjeden andel av de medvirkende faktorene, oppstår det fortsatt ulykker knyttet til disse. Imidlertid er ikke tverrfall og overhøyde avgjørende i noen av rapportene fra disse årene. Tverrfall og overhøyde utgjør en stor årsaksgrad i fire tilfeller og en mindre årsaksgrad i 22 tilfeller. I Tabell 7 er en oversikt over årsaksgrad med linjeføring som medvirkende faktor.

Tabell 7:

Oversikt over årsaksgrad for de 118 ulykkene fra 2008-2016 der linjeføring var medvirkende faktor (Haldorsen, Rostoft og Moen, 2009; Haldorsen og Rostoft, 2010; Haldorsen, 2011; Haldorsen, 2012; Haldorsen, 2013; Haldorsen, 2014; Haldorsen, 2015; Grimstad og Engebretsen, 2016; Ringen, 2017)

År	Antall ulykker	Årsaksgrad			Totalt
		Avgjørende	Stor	Mindre	
2008	237	0	4	11	15
2009	186	0	6	7	13
2010	190	0	3	8	11
2011	158	1	0	9	10
2012	139	2	5	6	13
2013	170	0	7	12	19
2014	135	0	2	6	8
2015	102	0	3	12	15
2016	128	0	6	8	14
Totalt	1445	3	36	79	118

Tabellen viser at en ugunstig horisontal og vertikal linjeføring har vært avgjørende i tre dødsulykker fra 2008 til 2016, og at det har vært en stor faktor i 36 av 1445 ulykker.

3.4.3 Kostnader

I *Trafikksikkerhetshåndboken* omtaler Høye *et al.* (2012) hvordan endringer i en vegs linjeføring påvirker kostnader. Her viser de til en tidligere norsk nytte-kostnadsanalyse hvor lønnsomheten av å redusere vegnormalens krav blir vurdert på veglinjer i ulikt terreng med helninger på enten 1:3 eller 1:6. I Gabestad sin analyse referert i Høye *et al.* (2012, s. 154) ble gammel og ny linjeføring beregnet opp mot hverandre, hvor resultatet tilsa at forskjellen i anleggskostnaden i de fleste tilfeller var tilnærmet 10%.

Høye *et al.* (2012) bruker også en modell for å beskrive sparte utgifter ved et redusert antall ulykker per år per kilometer. Ved bruk av et verktøy (TS-Pot) fra Transportøkonomisk Institutt som gir en grov og overordnet beregning av potensialet til trafikksikkerhetsforbedringer, kunne et estimat av et redusert ulykkestall beregnes. Resultatet til modellen viser et tilnærmet lineært forhold mellom prosentvis reduksjon av ulykker og sparte kostnader. For en ÅDT på 5000, viser tabellen til Høye *et al.* (2012) til at 11 636 kr blir spart per km per år ved bare 1 % ulykkesreduksjon. Videre hevdes det at sparte tidskostnader er et resultat av en forbedret geometrisk konsistens på en vegstrekning, dersom det er snakk om en antatt fartsreduksjon på strekningen. En forbedring av vegens linjeføring kan antas å redusere kjøretøyenes driftskostnader på bakgrunn av redusert bremsing og akselerering.

4 Resultat

Oversikt over landenes krav til romkurvatur baseres på de kravene/retningslinjene som er gitt i hvert land sin standard, gjennomgått i kapittel 3, Litteratur. I Tabell 3 finnes det en oppsummering av hvordan vegnormalene i de ulike landene tar for seg romkurvatur. Et krav til romkurve blir definert ved bruk av ord som “skal” eller “må”, eller ved krav i form av radier og lengder kombinert som må følges. Retningslinjer og anbefalinger blir sett på som en ikke-lovfestet oppfordring eller ved en eksempelvis tilnærming til situasjoner som bør unngås.

4.1 Landene sammenlignet

Tabell 8:

Sammenligning av kravene i Norge, Tyskland, USA, Sverige og Danmark.

	Krav til romkurvatur?	Retningslinjer/ anbefalinger om romkurvatur i standarden?
Norge	Nei	Statens vegvesen viser til romkurvatur i <i>N100</i> , men det meste av relevant informasjon om romkurver er flyttet over i <i>V120</i> .
Tyskland	Nei	Ja, oppsettsvis og innholdsvis lik <i>V120</i> , med bildeeksempler og forklaringer.
USA	Nei	Ja, i likhet med Tyskland inneholder USA sin vegnormal bildeeksempler og forklaringer.
Sverige	Inneholder “Skal-krav”	Svært lite informasjon er å finne om romkurvatur. Sverige har derimot en veiledningsbok ved siden av som inneholder informasjon om romkurver, <i>Råd för vägers och gators utformning</i>

Danmark	Nei	Innholdsmessig tilnærmet lik innholdet man finner i <i>V120</i> og <i>Råd för vägers och gators utformning</i> . Inneholder grunnregler for kombinerings av horisontal og vertikal kurvatur.
---------	-----	---

Ved sammenligning mellom standardene i de fem ulike landene er det tydelige likhetstrekk vedrørende et krav om romkurvatur. Alle landene bortsett fra Norge og Sverige, tar for seg skisseringer av romkurver og enkeltelementene som romkurven utgjør. Statens vegvesen og Trafikverket har flyttet denne informasjonen over i hver sin veiledningsbok. Landene i undersøkelsen tar for seg tematikken rundt romkurvatur på forskjellige måter, hvor Tyskland og USA er mest detaljerte. Blant annet ved å vise til flere eksempler på kombinerings av elementene i en romkurve og forklare hvorfor de utgjør en god eller dårlig romkurve. Statens vegvesen (2019) introduserer romkurvatur i *N100* ved å vise til at “*Vegen er en romkurve, og det er sammensetningen av enkeltelementene som bestemmer romkurven. Den utformes slik at den gir trafikantene god visuell informasjon om vegens geometri og videre forløp.*” (Statens vegvesen, 2019, s. 31). Krav til minste siktlengde og avrenning blir tatt høyde for, men det finnes ingen spesifikke krav rundt kombinasjonen. Hovedsakelig er det Norge og Sverige som skiller seg ut angående oppsettet, da de tar for seg krav og retningslinjer i hver sin håndbok.

4.1.1 Tyskland

I Tyskland består FGSV (2008) sin standard, *Richtlinien für die Anlagen von Autobahnen*, av råd til prosjektering av romkurver i motorveier. Denne standarden tar for seg krav for enkeltelementer i romkurven uten å stille krav til selve romkurven akkurat som Statens vegvesen (2019) gjør. I likhet med Statens vegvesen (2014b) sin veiledende håndbok består FGSV (2008) sin vegnormal også av veiledninger til kombinasjoner av kurver i et tre-dimensjonalt plan. Rådene består av forklaringer på ulike kombinasjoner, samt eksempler på gode og dårlige romkurver med utdyping. Den eneste betydelige forskjellen, sett bort ifra at romkurvatur blir omtalt i en lovfestet standard i Tyskland, er at FGSV (2008) viser til at dårlige romkurver kan unngås ved å følge de strenge minimumskravene for horisontale og vertikale kurver.

4.1.2 USA

AASHTO (2011) sin standard i USA inneholder en detaljert beskrivelse av romkurvatur, med både fokus på vegsikkerhet og estetikk. I *A policy on geometric design of highways 6th edition* har AASHTO (2011) et likt innhold og detaljnivå som den tyske vegnormalen når det kommer til romkurver, og skiller seg derfor ut fra den norske vegnormalen på samme felt som den tyske. Den amerikanske standarden er ikke lovfestet i likhet med de andre landene, unntatt Sverige som har et “skal”-krav. Den fungerer som et hjelpemiddel for vegdesign, siden USA har forskjellige lover og regler i ulike stater.

4.1.3 Sverige

Trafikverket (2015) i Sverige tar for seg romkurvatur i den kravsettende versjonen av VGU ved blant annet å stille krav til visuell ledning i vegens gang og utforming som skal unngå synssvakheter. I tillegg kommer det frem at individuelle element, samt kombinasjonen av element skal gi en tydelig og harmonisk rekkefølge med god estetikk. Selv om Trafikverket bare har en vag kravsetting til romkurvatur er det ulikt fra Statens vegvesen (2019) som så vidt nevner romkurvatur i *N100*. Likheten derimot, er at begge landene har et mer detaljert tillegg til kravene i Trafikverkets *Råd för vägers och gators utformning* (2015) og Statens vegvesens *V120* (2014). Disse fungerer begge som retningslinjer/veiledninger for utforming av veger, og inneholder eksempler på gode og dårlige romkurver. Disse eksemplene er bygd opp av en beskrivelse av horisontal- og vertikalplanet, samt en 3D-skissering av vegen fra trafikantens perspektiv. Skissene blir både i Norge og Sverige begrunnet med en kommentar om hvorfor det bør unngås eller evt. hvorfor det utgjør en god romkurve.

4.1.4 Danmark

Vejdirektoratet (2018b) tar kort for seg romkurvatur i vegnormalen. Med bare ett eksempel på kombinerings av horisontal- og vertikalkurvatur er dette en lite detaljert vegnormal. Det eneste Vejdirektoratet skriver direkte om romkurvatur er at “*En horisontalkurve bør kombineres med en vertikalkurve, og den horisontale kurven skal legges over den vertikale kurven, dvs. begynner før og slutter etter den vertikale kurven*” (Vejdirektoratet, 2018b, s. 54). Som alle andre gjennomgåtte standarder tar denne også for seg minimumsradius og lengder på enkeltelementene i en romkurve, men av Vejdirektoratet (2018b) blir også grunnregler for kombinerings av horisontal og vertikalkurvatur satt. Disse tre grunnreglene

inneholder et forholdstall mellom de to vegelementene, samt klotoidens og kurvenes plassering i forhold til hverandre. Overhøyde blir ikke nevnt i grunnreglene, men flere veiledninger på kombinerings av horisontal- og vertikalkurvatur blir gitt i form av forholdstall mellom elementene.

4.1.5 Norge

Totalt sett stiller Statens vegvesen (2019) med en av de minst detaljerte og innholdsrike standardene når det kommer til romkurvatur. Men, dersom man tar med den veiledende håndboka *VI20* stiller Norge med et bra veiledningsgrunnlag for prosjektering av romkurver i vegplanlegging. Informasjonen om romkurver som ble flyttet fra den tidligere versjonen *Håndbok 017* (1992), over i en egen veiledningshåndbok er fortsatt til stede. *VI20* stiller med mer og nyere innhold angående romkurvatur i forhold til det som er å finne i *Håndbok 017* (1992). Dermed stiller *NI00* (2019) og *VI20* kombinert, fortsatt med tilstrekkelig informasjon sammenlignet med de andre undersøkte landene.

5 Diskusjon

5.1 Metodekritikk

Valg av litteratur ga et godt grunnlag for å svare på problemstillingen. Landene hadde alle sin egen tolkning av “vegens romkurve” som gjorde det vanskeligere å finne frem til de vedrørende kapitlene for å kunne sammenligne med den norske vegnormalen. Der Statens vegvesen (2019) har en egen definisjon av romkurvatur, blir det blant annet av AASHTO (2011) og FGVS (2008) definert ved henholdsvis “geometrisk design” og “tre-dimensjonal linjeføring”.

Når det kommer til landenes vegnormaler var blant annet FGVS (2008) oversatt fra tysk til engelsk fra før av, mens de resterende vegnormaler er oversatt i Kapittel 3. Oversettelser kan ha ført til feil formulering av ord og uttrykk, noe som har blitt gjennomgått nøye for å unngå.

I analysene som ble brukt for å få en forståelse av virkningen til en romkurve må man ta hensyn til mulige feilkilder. Brüde og Nilson (1976) tar for seg ulykkesraten som et resultat av definerte linjeføringklasser og vegbredde. Siden rapporten er fra 1976 er det viktig å ta hensyn til at undersøkelsen baserer seg mange år tilbake i tid. Vegstandarder, trafikk tetthet og fart har endret seg drastisk siden den tid, men ut ifra at rapporten tar for seg linjeføringsskissene hver for seg kan det fortsatt være relevant å se på forholdstallene mellom de ulike klassene og ikke ulykkestallene i seg selv.

Statens vegvesens dybdeanalyser av dødsulykker fra 2005-2017 gir et godt innblikk i årsaksvurderinger av dødsulykker på det norske vegnettet. I en tidligere rapport evaluerer Sakshaug *et al.* (2008) arbeidet med analysegruppene i Statens vegvesen. Rapporten viser til et helhetlig inntrykk av at det gjøres mye godt arbeid av ulykkesgruppene i de ulike regionene. Videre nevner Sakshaug *et al.* (2008) at god kunnskap om ulykkene og forholdene på ulykkesstedet blir overført fra den som hadde beredskap til ulykkesgruppen, dog oppstår det et par avvik i oppfølgingen av retningslinjene. “*Ett unntak er organiseringen av arbeidet i*

Region nord, som ikke har beredskap i alle distrikt. Ett annet er at politiet unnlater å varsle Vegvesenet i ca 14% av dødsulykkene.” (Sakshaug et al., 2008, s. 7).

På bakgrunn av rapporten til Sakshaug et al. (2008) kan de gjennomgåtte dybdeanalysene sees på som valid selv om det ikke alltid kan fastslås 100% sikkert hva årsakene til hver enkelt ulykke er. Videre må det nevnes at i dybdeanalysen til Ringen (2018) avviker oppsummeringen av ulykkestallene med medvirkende faktor “Veg og vegmiljø” fra enkelte av de tidligere dybdeanalysene (2005-2007). Det ble derfor valgt å bruke de faktiske tallene fra de relevante publiseringene istedenfor oppsummeringen som ble gjort av Ringen (2018), da disse inneholder begrunnelser for resultatet.

Metodens validitet anses å være god, i henhold til kildekritikk. Kilder som var av interesse, men med fraværende informasjon ble tidlig forkastet. Kilder som ble tatt i bruk er nøye lest og tolkes, for å nettopp sikre besvarelsen validitet. Resultatet ville fremstått som mer valid, dersom det var tilgang på ulykkesdata fra de representative landene. Dette i tillegg til landenes vegnormaler ville skapt en bredere forståelse av viktigheten rundt et normalkrav om romkurvatur. Med vegnormal og ulykkesdata fra alle landene, kunne man ha sett på den virkelige sammenhengen. Metodens reliabilitet er etter oppgavens begrensning og tidsperspektiv sterk. Som nevnt, publiserer Statens vegvesen årsrapporter og disse vil være med på å avgjøre stabiliteten i undersøkelsen. Ulykkesdata vil endres fra år til år, og vil dermed variere noe som videre vil påvirke behovet etter et normalkrav om romkurvatur

5.2 Konsekvensutredning

En romkurve kan for trafikanten fremstå på forskjellige måter, avhengig av hvordan den er prosjektert. Blant annet omtaler FGSV (2008) den ideelle romkurvaturen som estetisk tiltalende og avslappende. I flesteparten av de gjennomgåtte vegnormalene blir konsekvenser av gode og dårlige prosjekterte romkurver drøftet. Ofte blir dette forklart med en skisse av vegen fra et tredimensjonalt perspektiv, samt en oversikt over kombineringsen av de ulike elementene i vegen. Det er store likheter i eksemplene som blir nevnt, hvorav en “feil oppfatning” av vegen for trafikanten oftest kommer frem som en av de mest alvorlige konsekvensene.

Følgende oppfatninger av vegen kan trafikanten få, som resultat av en dårlig romkurve:

- En sving kan ifølge FGSV (2008) fremstå som skarpere enn den egentlig er ved en dårlig kombinerings av elementene i vegen.
- FGSV (2008) hevder og at et høyt antall vertikalkurver som ikke blir kombinert med for få horisontalkurver kan få vegen til å fremstå “flagrende”.
- FGSV (2008) og AASHTO (2011) nevner begge at en kurve etter et høybrekk gjør at trafikanten ikke oppfatter retningsforandringen.

5.2.1 Positive og negative sider

Når det skal vurderes om det er behov for et krav om romkurve i den norske vegnormalen, *N100*, er det nødvendig å se på positive og negative sider ved å ikke ha et krav om romkurve.

Tabell 9:

Positive og negative sider ved å ikke ha et krav om romkurve i N100

Positive sider	Negative sider
Det er mulig å kunne prosjektere en veg uten å ta et stort hensyn til vegens geometri.	Alvorlige prosjekteringsfeil kan oppstå i romkurven da det ikke finnes noe fastsatt krav på det.
Kan unngå store inngrep i naturen, da en perfekt romkurve ofte krever stort grunnarbeid i kupert terreng.	Ulykker kan oppstå som et resultat av forrige punkt.
En veg kan prosjekteres raskere og billigere dersom romkurven ikke er en faktor å ta direkte hensyn til.	Den ideelle vannavrenningen som en faktor av romkurven oppnås ikke, og senere inngrep i vegbanen blir nødvendig.

5.3 Betydningen av romkurve i vegplanlegging

Som tidligere nevnt er det ingen av vegnormalene som tar for seg et spesifikt krav om romkurve, bare krav om funksjonene som en romkurve oppnår. Statens vegvesen (2014b) viser til at en god romkurve har en god effekt på trafiksikkerhet, vannavrenning, optisk føring for trafikanten og er med på å danne en estetisk veg. Trafikverket (2015) velger å sette krav til visuell ledning og synssvakheter, samt at romkurven skal gi en “*tydelig og harmonisk linjeføring med god estetikk.*” (Trafikverket, 2015, s. 99, vår oversettelse).

Fra de gjennomgåtte rapportene har betydningen av romkurvatur vedrørende trafiksikkerhet blitt belyst. Brüde og Nilson (1976) viser til en betydelig forskjell i ulykkestall på veger med en dårlig linjeføring enn på veger med en god linjeføring. Brüde og Nilson (1976, sitert i Høye *et al.*, 2012) viser til at en forbedring fra en linjeføringsklasse til en annen reduserer antall ulykker med 12% per million akselparkm. En forbedring fra linjeføringsklasse 3 til linjeføringsklasse 1 på en vegstrekke reduserer derimot antall ulykker med 23%.

I dybdeanalysene til Statens vegvesen blir ikke bare faktorene knyttet til de vedrørende dødsulykkene identifisert, de blir også vurdert ut ifra årsaksgrader for ulykkene. I årsrapporten for året 2015 viser Grimstad og Engebretsen (2016) til at linjeføring og sikthindring var medvirkende faktorer i henholdsvis 15% og 9% av alle dødsulykkene, hvor linjeføringen har vist seg å ha en stor årsaksgrad i bare to av de 102 dødsulykkene i 2015. Til sammen i alle årsrapportene er det registrert 201 ulykker hvor linjeføring er en medvirkende faktor. Vegens overhøyde har i disse rapportene vist seg å ha en liten betydning for ulykkesbildet, som bare har vært medvirkende i 39 registrerte dødsulykker på 13 år.

Dybdeanalysene viser totalt sett en moderat sammenheng mellom linjeføring og ulykker, hvor linjeføring blir definert i denne sammenhengen som “*Vegens horisontale og vertikale linjeføring som reduserer trafikantens mulighet til å lese og forstå vegens videre forløp og planlegge videre kjøring*” (Haldorsen, 2014, s. 20.). Dette er noe av det samme som definisjonen til Statens vegvesen (2014b), som videre beskriver at romkurven skal bidra til en god optisk føring. Dybdeanalysene viser at vegens geometriske form har betydning for ulykkestallene, men at antall ulykker har vært synkende over årene.

Kostnader knyttet til vegers geometriske form er også av betydning. Høye *et al.* (2012) tar for seg sparte kostnader på vegstrekker med en reduksjon av antall ulykker. Resultatene tilsier 11 636 kr spart per kilometer per år for en reduksjon på 1%. Dette tilsier at større utbedringsprosjekter på vegnettet eller eventuelt sikrere prosjekterte veger kan ha stor betydning for sparte ulykkeskostnader. På en annen side vil også kostnader knyttet til prosjektering av veger øke ved et strengere krav om romkurvatur (Høye *et al.*, 2012). I nytte-kostnadsanalysen til Gabestad referert i Høye *et al.* (2012, s. 154) kommer det dessuten frem at anleggskostnader for en veg med dårlig linjeføring i de fleste tilfeller kommer på mindre enn 20% enn anleggskostnadene ved en god linjeføring.

6 Konklusjon

Etter å ha sammenlignet landenes normaler om romkurvatur, og ha studert relevant litteratur er det tydelig at det er mangel på spesifikk utredning rundt temaet. For å kunne svare på problemstillingen «Hvilke behov finnes det for normalkrav om romkurve i *N100*?», må de undersøkte rapportene tas i betraktning. Det kommer frem at romkurvatur er en medvirkende faktor i trafikksikkerheten. Regresjonsanalysen til Brüde og Nilson (1976) viser at vegstrekker med dårlig kombinerings av horisontal- og vertikalkurvatur har en tendens til å ha en høyere ulykkesrate enn vegstrekker med gode kombinerings. På en annen side viser Statens vegvesen sitt arbeid med dybdeanalyser at antall ulykker knyttet til veggeometri har vært stabilt, men med en nedgang i antall ulykker de siste 13 årene. Et kontinuerlig arbeid og økt fokus på forskning, kan være med på å redusere dette ytterligere.

I henhold til landenes vegnormaler, fremstår det ikke som et behov for et normalkrav om romkurvatur i *N100*. Det er forståelig at Statens vegvesen fjernet emnet om romkurvatur i *N100*, og forflyttet det over i veiledningsboken *V120*. Det er vanskelig per dags dato å sette et spesifikt krav til en veggromkurve på grunn av kompleksiteten rundt kombinasjonen av enkeltelementene som utgjør romkurven. Dette er en tilnærming som er gjennomgående i landenes vegnormaler, og de består kun av enten et vagt krav eller en veiledning som ikke er lovsatt. Sammenligningen av vegnormalene viser at *N100* er den minst detaljerte av alle de undersøkte vegnormalene når det gjelder romkurvatur. Dersom man legger til *V120* i vurderingen inneholder disse to håndbøkene kombinert tilsvarende lik mengde informasjon som de andre landenes vegnormaler. Oppsettsvis er Statens vegvesen i Norge og Trafikverket i Sverige sine vegnormaler like, hvor de har en håndbok med krav og en håndbok med veiledninger. Dette oppsettet er hensiktsmessig med tanke på at de andre landene både har krav og anbefalinger i en og samme vegnormal. Ved bruk av to skillende håndbøker er det lettere å få oversikt over hva som er fastsatte krav og hva som er veiledninger.

6.1 Forslag til tiltak

For å rettferdiggjøre kravmangelen i *N100* er det derimot viktig å fortsette med ulykkesreduserende tiltak for å nå Statens vegvesens nullvisjon, som for eksempel:

- Innføre fartsgrensereduseringer i spesielt utsatte områder.
- Implementere god bruk av skilt ved krevende romkurver for å gjøre trafikanten oppmerksom på hvordan vegens videre forløp er.

Til slutt oppfordres det å gjennomføre bredere undersøkelser på hvordan kombinasjonen av elementene i en romkurve er med på å påvirke vegens geometri, for å danne et grunnlag for bedre vurdering i fremtiden.

Litteraturliste

Adminaite, D., *et al.* (2018) *Ranking EU progress on road safety* (12th road safety performance index report). Brussel, Belgia. ETSC. Tilgjengelig fra: <https://etsc.eu/12th-annual-road-safety-performance-index-pin-report/> (Hentet: 16. april 2019).

American Association of State Highway and Transportation Officials (2011) *A policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Tilgjengelig fra: https://www.academia.edu/33524500/AASHTO_Green_Book_2011.PDF?fbclid=IwAR2Z2wASyHWIgR0ZCi4gArnWtDIMjZY4jX4DTdP3Mk6FpbPivsmHXQr2H4 (Hentet: 19. februar 2019).

American Association of State Highway and Transportation Officials (2018) *“Green Book” Shifting Focus To Transportation Of People*. Tilgjengelig fra: <https://aashtojournal.org/2018/10/12/green-book-shifting-focus-to-transportation-of-people/> (Hentet: 13. mai 2019)

Andersen, G. (2019) *Valg av forskningsmetode*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subjects/subject:19/topic:1:195989/topic:1:195829/resource:1:56937> (Hentet: 13. mai 2019)

Brüde, U. og Nilson, G. (1976) *Prediktionsmodell för trafikolyckor för kvalitetsbestämning av vägers säkerhet*. (RAPPORT Nr 77) Linköping: Statens väg- och trafikinstitut Tilgjengelig fra: http://vti.diva-portal.org/smash/record.jsf?aq2=%5B%5B%5D%5D&c=213&af=%5B%5D&searchType=SERIES&query=&language=sv&pid=diva2%3A674475&aq=%5B%5B%7B%22seriesId%22%3A%2210102%22%7D%5D%5D&sf=all&aqe=%5B%5D&sortOrder=author_sort_asc&onLyFullText=false&noOfRows=50&dswid=664 (Hentet: 28. mars 2019).

Dahlum, S. (2018) validitet, *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/reliabilitet>
(Hentet: 8. mai 2019)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2008/Trans. 2011) *Guidelines for the Design of Motorways*. Tilgjengelig fra:
http://www.roads.omnisoftware.com.au/Portals/3/Policy/Network%20Reliability/15POL0109%20Sydney/2008_RAA_Guidelines%20for%20the%20design%20of%20motorways_English.pdf?fbclid=IwAR2THuwEt98JbE7v3raeDxCRbH5kpDVwr13D_8792jSV4mtWahaYbJnEC
[KM](#) (Hentet: 19. februar 2019).

Grimstad, V. og Engebretsen, A. (2016) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2015*. (Statens vegvesen rapporter Nr. 636). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I. (2007) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2006*. (Rapport nr: TS 2007 : 9). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I. (2008) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2007*. (Rapport nr: TS 2008 : 5). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I., Rostoft, M.S. og Moen, E. T. (2009) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2008*. (Rapport nr: TS 2009 : 6). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I. og Rostoft, M.S. (2010) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2009*.

(Rapport 2010:2617). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I. (2011) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2010*. (VD Rapport Nr. 51). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I. (2012) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2011*. (Statens vegvesen rapporter Nr. 141). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I. (2013) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2012*. (Statens vegvesen rapporter Nr. 196). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I. (2014) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2013*. (Statens vegvesen rapporter Nr. 302). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Haldorsen, I. (2015) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2014*. (Statens vegvesen rapporter Nr. 396). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Høye, A., et al. (red.) (2012) *Trafikksikkerhetshåndboken*. 4. utgave. Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengelig fra:
https://tsh.toi.no/doc629.htm?fbclid=IwAR1G__j_ZqSnd2Mpr380StaR7UpTc0zeO0PYIISqq0tpf4Ms2NofrbvgALI#anchor_21814-122 (Hentet: 25. mars 2019).

Nordtømme, M. E. (2006) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2005*. (Rapport nr: 7/2006). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Ringen, jr. S. (2017) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2016*. (Statens vegvesen rapporter Nr 640). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Ringen, jr. S. (2018) *Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2017*. (Statens vegvesen rapporter Nr. 669). Oslo: Statens vegvesen. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Sakshaug, K. et al. (2008) *Evaluering av arbeidet med ulykkesanalysegrupper i Statens vegvesen*. (STF50 A3822). Trondheim: SINTEF. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsu+lykker+UAG/andres-forskning> (Hentet: 2. mai 2019)

Statens vegvesen (1968) *Håndbok 802 - Geometrisk utforming*. Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2557860> (Hentet: 29. januar 2019).

Statens vegvesen (1992) *Håndbok 017 Veg- og gateutforming*. Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/189941> (Hentet: 29. januar 2019).

Statens vegvesen (2008) *Håndbok 017 Veg- og gateutforming*: Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2583309> (Hentet: 29. januar 2019).

Statens vegvesen (2013a) *Håndbok 017 Veg- og gateutforming*: Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2583303> (Hentet: 29. januar 2019).

Statens vegvesen (2013b) *Håndbok 265 Premisser for geometrisk utforming av veger*. Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/196181> (Hentet: 29. januar 2019).

Statens vegvesen (2014a) *Håndbok N100 Veg- og gateutforming*. Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2592530> (Hentet: 29. januar 2019).

Statens vegvesen (2014b) *Håndbok V120 Premisser for geometrisk utforming av veger*. Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2594852> (Hentet: 29. januar 2019).

Statens vegvesen (2018a) *Dybdeanalyser av dødsulykker - UAG*. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsulykker+UAG> (Hentet: 8. april 2019)

Statens vegvesen (2018b) *Nullvisjonen* Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/nullvisjonen> (Hentet: 29. april 2019)

Statens vegvesen (2019) *Håndbok N100 Veg- og gateutforming*. Tilgjengelig fra:
<https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker> (Hentet: 3. april 2019).

Svartdal, F. (2018) reliabilitet, *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/reliabilitet> (Hentet: 8. mai 2019).

Trafikverket (2015) *Vägars och gators utformning*. Tilgjengelig fra:
<https://trafikverket.ineko.se/se/krav-f%C3%B6r-v%C3%A4gars-och-gators-utformning>
(Hentet: 14. februar 2019).

Vejdirektoratet (2018a) *Vejregler*. Tilgjengelig fra:
<http://www.vejdirektoratet.dk/da/vejsektor/vejregler-og-tilladelser/vejregler/sider/default.aspx> (Hentet: 14. februar 2019).

Vejdirektoratet (2018b) *Tracering i åbent land*. Tilgjengelig fra:
<http://vejregler.lovportaler.dk/showdoc.aspx?schultzlink=vd20180159#pkt7> (Hentet: 14. februar 2019).

Vedlegg

Vedlegg 1: (AASHTO, 2011, kap. 3, s. 164-170)

3-164 | A Policy on Geometric Design of Highways and Streets

- The “roller-coaster” or the “hidden-dip” type of profile should be avoided. Such profiles generally occur on relatively straight, horizontal alignment where the roadway profile closely follows a rolling natural ground line. Examples of such undesirable profiles are evident on many older roads and streets; they are unpleasant aesthetically and difficult to drive. Hidden dips may create difficulties for drivers who wish to pass, because the passing driver may be deceived if the view of the road or street beyond the dip is free of opposing vehicles. Even with shallow dips, this type of profile may be disconcerting, because the driver cannot be sure whether or not there is an oncoming vehicle hidden beyond the rise. This type of profile is avoided by use of horizontal curves or by more gradual grades.
- Undulating gradelines, involving substantial lengths of momentum grades, should be evaluated for their effect on traffic operation. Such profiles permit heavy trucks to operate at higher overall speeds than where an upgrade is not preceded by a downgrade, but may encourage excessive speeds of trucks with attendant conflicts with other traffic.
- A “broken-back” gradeline (two vertical curves in the same direction separated by a short section of tangent grade) generally should be avoided, particularly in sags where the full view of both vertical curves is not pleasing. This effect is particularly noticeable on divided roadways with open median sections.
- On long grades, it may be preferable to place the steepest grades at the bottom and flatten the grades near the top of the ascent or to break the sustained grade by short intervals of flatter grade instead of providing a uniform sustained grade that is only slightly below the recommended maximum. This is particularly applicable to roads and streets with low design speeds.
- Where at-grade intersections occur on roadway sections with moderate to steep grades, it is desirable to reduce the grade through the intersection. Such profile changes are beneficial for vehicles making turns and serve to reduce the potential for crashes.
- Sag vertical curves should be avoided in cuts unless adequate drainage can be provided.

3.5 COMBINATIONS OF HORIZONTAL AND VERTICAL ALIGNMENT

3.5.1 General Considerations

Horizontal and vertical alignment are permanent design elements for which thorough study is warranted. It is extremely difficult and costly to correct alignment deficiencies after a highway is constructed. On freeways, there are numerous controls such as multilevel structures and costly right-of-way. On most arterial streets, heavy development takes place along the property lines, which makes it impractical to change the alignment in the future. Thus, compromises in the alignment designs should be weighed carefully because any initial savings may be more than offset by the economic loss to the public in the form of crashes and delays.

Horizontal and vertical alignment should not be designed independently. They complement each other, and poorly designed combinations can spoil the good points and aggravate the deficiencies of each. Horizontal alignment and profile are among the more important of the permanent design elements of the highway. Excellence in the design of each and of their combination enhances vehicle control, encour-

ages uniform speed, and improves appearance, nearly always without additional cost (*1, 10, 15, 41, 54, 55, 63, 64*).

3.5.2 General Design Controls

It is difficult to discuss combinations of horizontal alignment and profile without reference to the broader issue of highway location. These subjects are interrelated and what is said about one is generally applicable to the other. It is assumed in this discussion that the general location of a facility has been fixed and that the remaining task is the development of a specific design harmonizing of the vertical and horizontal lines such that the finished highway, road, or street will be an economical, pleasant, and safe facility on which to travel. The physical constraints or influences that act singly or in combination to determine the alignment are: the character of roadway based on the traffic, topography, and subsurface conditions; the existing cultural development; likely future developments; and the location of the roadway's terminals. Design speed is considered in determining the general roadway location, but as design proceeds to the development of more detailed alignment and profile it assumes greater importance. The selected design speed serves to keep all elements of design in balance. Design speed determines limiting values for many elements such as curvature and sight distance and influences many other elements such as width, clearance, and maximum gradient, which are all discussed in the preceding portions of this chapter.

Appropriate combinations of horizontal alignment and profile are obtained through engineering studies and consideration of the following general guidelines:

- Curvature and grades should be in proper balance. Tangent alignment or flat curvature at the expense of steep or long grades and excessive curvature with flat grades both represent poor design. A logical design that offers the best combination of safety, capacity, ease and uniformity of operation, and pleasing appearance within the practical limits of terrain and area traversed is a compromise between these two extremes.
- Vertical curvature superimposed on horizontal curvature, or vice versa, generally results in a more pleasing facility, but such combinations should be analyzed for their effect on traffic. Successive changes in profile not in combination with horizontal curvature may result in a series of humps visible to the driver for some distance which represents an undesirable condition.
- Sharp horizontal curvature should not be introduced at or near the top of a pronounced crest vertical curve. This condition is undesirable because the driver may not perceive the horizontal change in alignment, especially at night. The disadvantages of this arrangement are avoided if the horizontal curvature leads the vertical curvature (i.e., the horizontal curve is made longer than the vertical curve). Suitable designs can also be developed by using design values well above the appropriate minimum values for the design speed.
- Somewhat related to the preceding guideline, sharp horizontal curvature should not be introduced near the bottom of a steep grade approaching or near the low point of a pronounced sag vertical curve. Because the view of the road ahead is foreshortened, any horizontal curvature other than a very flat curve assumes an undesirable distorted appearance. Further, vehicle speeds, particularly for trucks, are often high at the bottom of grades, and erratic operations may result, especially at night.

- On two-lane roads and streets, the need for passing sections at frequent intervals and including an appreciable percentage of the length of the roadway often supersedes the general guidelines for combinations of horizontal and vertical alignment. In such cases, it is appropriate to work toward long tangent sections to assure sufficient passing sight distance in design.
- Both horizontal curvature and profile should be made as flat as practical at intersections where sight distance along either roads or streets is important and vehicles may have to slow or stop.
- On divided highways and streets, variation in width of median and the use of independent profiles and horizontal alignments for the separate one-way roadways are sometimes desirable. Where traffic justifies provision of four lanes, a superior design without additional cost generally results from such practices.
- In residential areas, the alignment should be designed to minimize nuisance to the neighborhood. Generally, a depressed facility makes a highway less visible and less noisy to adjacent residents. Minor horizontal adjustments can sometimes be made to increase the buffer zone between the highway and clusters of homes.
- The alignment should be designed to enhance attractive scenic views of the natural and manmade environment, such as rivers, rock formations, parks, and outstanding structures. The highway should head into, rather than away from, those views that are outstanding; it should fall toward those features of interest at a low elevation, and it should rise toward those features best seen from below or in silhouette against the sky.

3.5.3 Alignment Coordination in Design

Coordination of horizontal alignment and profile should not be left to chance but should begin with preliminary design, at which time adjustments can be readily made. Although a specific order of study cannot be stated for all highways, a general procedure applicable to most facilities is described in this section.

The designer should use working drawings of a size, scale, and arrangement so that he or she can study long, continuous stretches of highway in both plan and profile and visualize the whole in three dimensions. Working drawings should be of a small scale, with the profile plotted jointly with the plan. A continuous roll of plan-profile paper usually is suitable for this purpose. To assist in this visualization, there also are programs available for personal computers (PCs) that allow designers to view proposed vertical and horizontal alignments in three dimensions.

After study of the horizontal alignment and profile in preliminary form, adjustments in either, or both, can be made jointly to obtain the desired coordination. At this stage, the designer should not be concerned with line calculations other than known major controls. The study should be made largely on the basis of a graphical or computer analysis. The criteria and elements of design covered in this and the preceding chapter should be kept in mind. For the selected design speed, the values for controlling curvature, gradient, sight distance, and superelevation runoff length should be obtained and checked graphically or with a PC or CADD system. Design speed may have to be adjusted during the process along some sections to conform to likely variations in speeds of operation. This need may occur where noticeable changes in alignment characteristics are needed to accommodate unusual terrain or right-of-way controls. In addition, the general design controls, as enumerated separately for horizontal alignment, vertical alignment,

and their combination, should be considered. All aspects of terrain, traffic operation, and appearance should be considered and the horizontal and vertical lines should be adjusted and coordinated before the costly and time-consuming calculations and the preparation of construction plans to large scale are started.

The coordination of horizontal alignment and profile from the standpoint of appearance usually can be accomplished visually on the preliminary working drawings or with the assistance of PC programs that have been developed for this purpose. Generally, such methods result in a satisfactory product when applied by an experienced designer. This means of analysis may be supplemented by models, sketches, or images projected by a PC at locations where the appearance of certain combinations of line and grade is unclear. For highways with gutters, the effects of superelevation transitions on gutter-line profiles should be examined. This can be particularly significant where flat grades are involved and can result in local depressions. Slight shifts in profile in relation to horizontal curves can sometimes eliminate this concern.

The procedures described above should obviously be modified for the design of typical local roads or streets, as compared to higher type highways. The alignment of any local road or street, whether for a new roadway or for reconstruction of an existing roadway, is governed by the existing or likely future development along it. The crossroad or street intersections and the location of driveways are dominant controls. Although they should be fully considered, they should not override the broader desirable features described above. Even for street design, it is desirable to work out long, flowing alignment and profile sections rather than a connected series of block-by-block sections. Some examples of poor and good practice are illustrated in Figure 3-46.

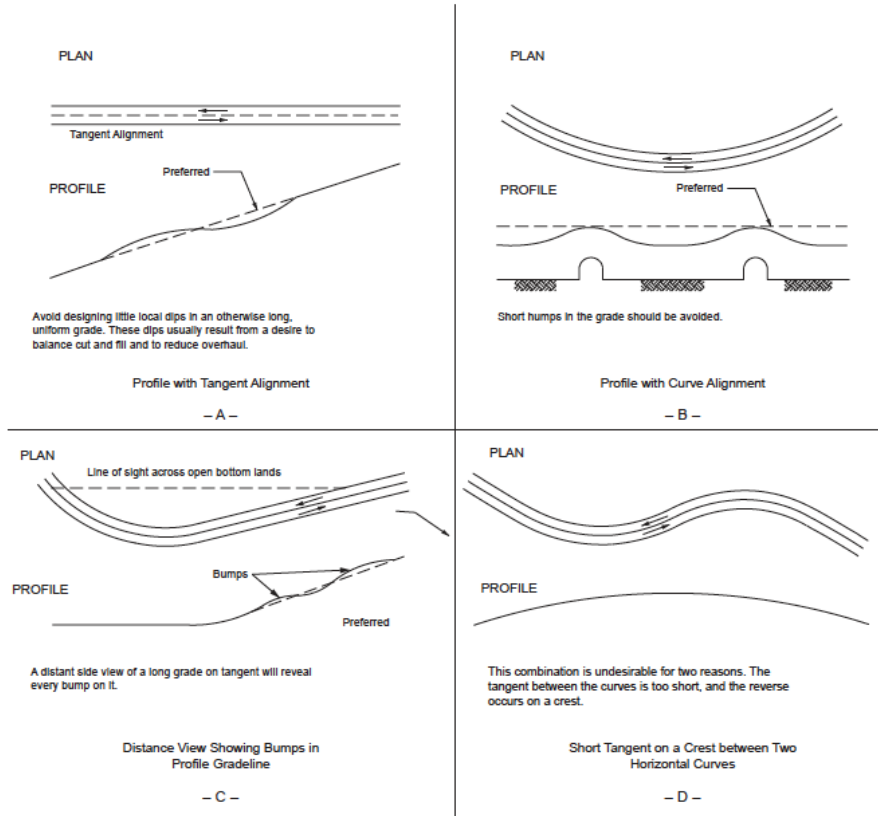


Figure 3-46. Alignment and Profile Relationships in Roadway Design (41)

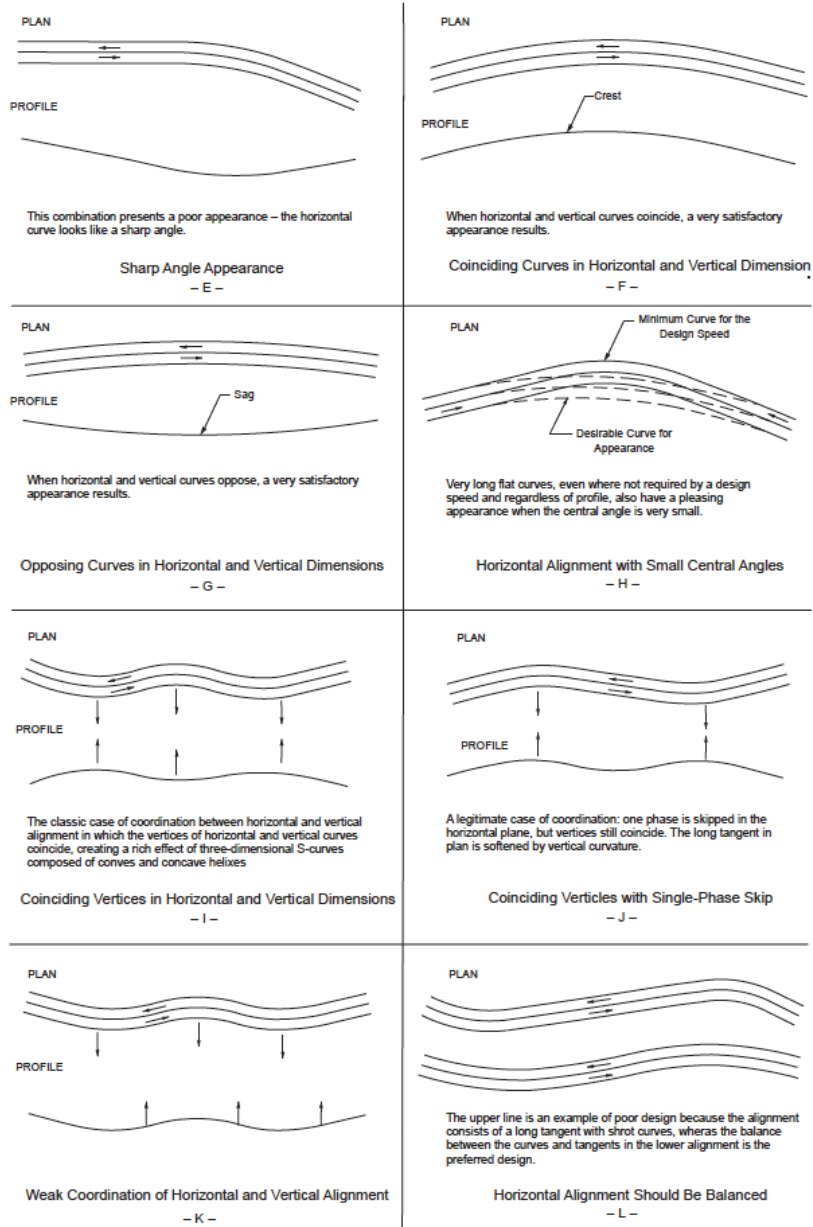


Figure 3-46. Alignment and Profile Relationships in Roadway Design (Continued)

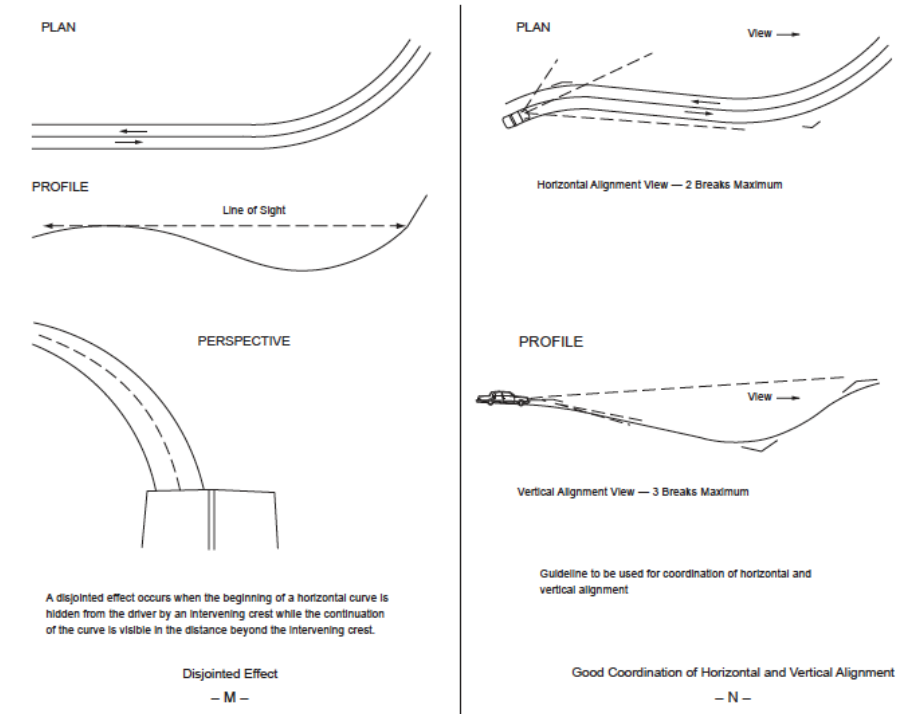


Figure 3-46. Alignment and Profile Relationships in Roadway Design (Continued)

3.6 OTHER FEATURES AFFECTING GEOMETRIC DESIGN

In addition to the design elements discussed previously, several other features affect or are affected by the geometric design of a roadway. Each of these features is discussed only to the extent needed to show its relation to geometric design and how it, in turn, is thereby affected. Detailed design of these features is not covered here.

3.6.1 Erosion Control and Landscape Development

Erosion prevention is one of the major factors in design, construction, and maintenance of highways. It should be considered early in the location and design stages. Some degree of erosion control can be incorporated into the geometric design, particularly in the cross section elements. Of course, the most direct application of erosion control occurs in drainage design and in the writing of specifications for landscaping and slope planting.

Erosion and maintenance are minimized largely by using specific design features: flat side slopes, rounded and blended with natural terrain; serrated cut slopes; drainage channels designed with due regard to