

HÅNDBOG
TRACÉRING I ÅBENT LAND
ANLÆG OG PLANLÆGNING

OKTOBER 2012

Afventer ikrafttræden af bindende bestemmelser

FORORD

Denne håndbog omhandler tracéring af veje og stier i åbent land.

Håndbogen er en del af vejregelserien "Udformning af veje og stier i åbent land", som indeholder følgende håndbøger:

- Planlægning af veje og stier åbent land + eksempelsamling
- Grundlag for udformning af trafikarealer
- Tracéring i åbent land
- Tværprofiler i åbent land
- Planlægning af vejkryds i åbent land
- Prioriterede vejkryds i åbent land
- Rundkørsler i åbent land
- Signalregulerede vejkryds i åbent land
- Toplanskryds i åbent land

Vejregelserien "Udformning af veje og stier i åbent land" er oprindeligt udarbejdet af arbejdsgruppen "Vej og stier i åbent land" nedsat i 1994. Følgende medlemmer fra denne gruppe har især bidraget til arbejdet:

- Lars Juhl Poulsen
- Jerrick Gro Jensen
- Poul Mathiassen
- Per Borges
- Adrian Schelling
- Henning Sørensen

De enkelte håndbøger har løbende været sendt i høring og et samlet forslag blev præsenteret på vejregelrådsmøde i september 2008. Det blev i den forbindelse besluttet, at der var behov for justeringer af vejregelforslaget inden godkendelse. Sidst i 2009 påbegyndte arbejdsgruppen arbejdet med at færdiggøre vejregelforslaget fra 2008.

Vejregelserien er udført under vejregelgruppen, der i perioden havde følgende sammensætning:

- Erik Birk Madsen, Vejdirektoratet (formand)
- Ulrich Bach, COWI (fagsekretær)
- Elisabeth Helms, Vejdirektoratet
- Helle Petersen, Odense Kommune
- Ulrik Larsen, Vejdirektoratet
- Kenneth Kjemtrup, Vejdirektoratet
- Kristian Larsen Nørgaard, Vejdirektoratet
- Marianne Rask, Roskilde Kommune
- Carsten Husum Møller, Silkeborg Kommune
- Stig V. Jeppesen, Grontmij
- Anders Aagaard Poulsen, Rambøll
- Petra Schantz, Vejdirektoratet (projektleder fra vejregelsekretariatet)

Vejregelrådet blev den 19. januar 2012 orienteret om håndbogen "Tracéring i åbent land".

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INDLEDNING	5
1.1	Indholdet af denne håndbog	5
1.2	Forholdet til andre vejregler	5
2	PROCEDURE FOR VALG AF TRACÉ	7
2.1	Sammenhæng med de andre håndbøger i serien	7
2.2	Projekteringsforløb	8
3	FORUDSÆTNINGER	10
3.1	Planlægningsforudsætninger	10
3.2	Projekteringsforudsætninger	11
3.3	Topografi og sårbarhed	12
4	SIGTFORHOLD	17
4.1	Generelt	17
4.2	Anvendelse af stopsigt	18
4.3	Anvendelse af mødesigt	18
4.4	Anvendelse af overhalingssigt	19
4.5	Vejtypernes krav til tracéet	20
4.6	Sigtarealet	21
4.7	Sigtforhold for et tracé	21
5	LINJEFØRING	24
5.1	Generelt	24
5.2	Vejkryds	24
5.3	Rette linjer	25
5.4	Cirkelbuer	25
5.5	Beregning af radius i horisontalkurver baseret på oversigt	26
5.6	Overgangskurver	33
5.7	Stier	36
6	LÆNGDEPROFIL	40
6.1	Generelt	40
6.2	Gradient	40
6.3	Vertikalkurver	43
6.4	Beregning af radier i vertikalkurver baseret på oversigt	45
6.5	Stier	51
7	TRACÉ	53
7.1	Generelt	53
7.2	Linjeføring	53
7.3	Længdeprofil	54
7.4	Sammensætning af linjeføring og længdeprofil	54
7.5	Landskabstilpasning	57
7.6	Visuelle arbejdsmetoder	58
8	KØREBANERS SIDEHÆLDNING	64
8.1	Sidehældning generelt	64

8.2	Sidehældning på retlinet strækning	64
8.3	Sidehældning i kurve	65
8.4	Vending af sidehældning	68
8.5	Sidehældning på stier	76
9	BREDDEUDVIDELSER I KURVER	77
10	OPMÆRKSOMHEDSPUNKTER	79
10.1	Hastighedstillæg	79
10.2	Trafiksikkerhed	79
10.3	Kapacitet og serviceniveau	80
10.4	Landskab	81
10.5	Ejendomsforhold	81
10.6	Økonomi	81

1 INDLEDNING

1.1 Indholdet af denne håndbog

I denne håndbog beskrives de elementer, der tilsammen bestemmer en vejs tracéring.

I håndbogens kapitel 2 gennemgås proceduren for fastlæggelse af vejes tracé.

Kapitel 3 omhandler de forudsætninger, som skal fastlægges, før selve vejlinjen planlægges og projekteres.

Kapitel 4 indeholder en gennemgang af sigtforhold, som er en afgørende forudsætning for vejes tracéring.

Kapitel 5 omhandler den horisontale del af tracéringen, dvs. linjeføringen, og kapitel 6 den vertikale del, dvs. længdeprofil.

Derefter omtales i kapitel 7 vejes samlede tracé, dvs. kombinationen af linjeføring og længdeprofil, og i den forbindelse indpasningen i landskabet.

I kapitel 8 beskrives vejens tværprofil for så vidt angår sidehældning. Fastlæggelsen af de enkelte tværprofilelementers bredde og de forskellige kombinationer af tværprofilelementer er beskrevet i håndbogen "Tværprofiler i åbent land" (2013).

I kapitel 9 beskrives breddeudvidelse i kurver.

I kapitel 10 er beskrevet en række opmærksomhedspunkter, hvor den projekterende skal være opmærksom på konsekvenserne ved sine valg.

1.2 Forholdet til andre vejregler

Vejregler for geometrisk udformning af veje og stier er inddelt i vejregler for åbent land ("Udformning af veje og stier i åbent land") og vejregler for byområder ("Byernes trafikarealer"). Hvert af disse vejregelsæt består af en række håndbøger med anbefalinger til den geometriske udformning. Denne håndbog er en del af vejregelserien "Udformning af veje og stier i åbent land".

Ved byområder forstås i denne sammenhæng de områder, hvor færdselslovens regler for tættere bebygget område gælder, mens åbent land er områderne udenfor.

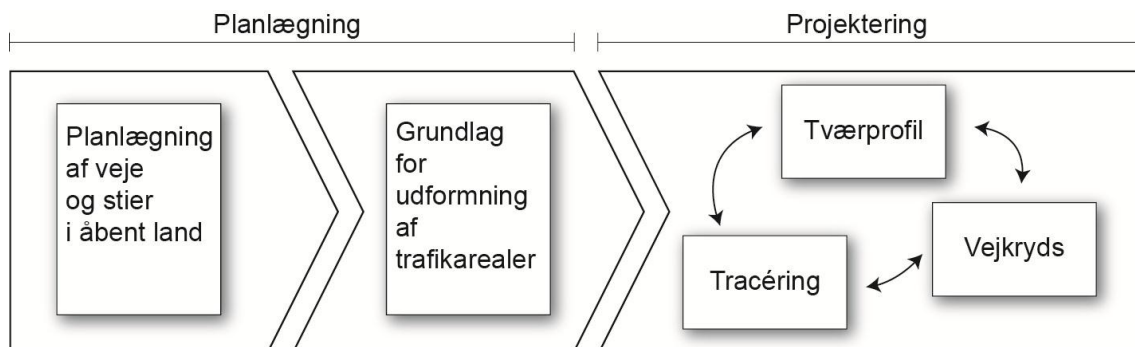
Grænsen mellem de to vejregelsæts gyldighedsområder følger derfor placeringen af oplysningstavlerne for tættere bebygget område (E 55) og ophør heraf (E 56). I bynære områder (f.eks. visse omfartsveje og ringveje) skal den projekterende i det enkelte tilfælde vurdere, om vejen skal udformes efter vejreglerne for åbent land eller vejreglerne for byområder.

Hvor der er spredt randbebyggelse langs en længere vejstrækning, kombineret med forbudstavle for lokal hastighedsbegrænsning (C 55) og dennes ophør (C 56), bør strækningen med tilhørende vejkryds udformes efter vejregler for åbent land. Efter vurderinger af lokale forhold kan visse elementer dog udformes efter vejregler for byområder.

2 PROCEDURE FOR VALG AF TRACÉ

2.1 Sammenhæng med de andre håndbøger i serien

Håndbøgerne i vejregleserien "Udformning af veje og stier i åbent land" beskriver de enkelte delprocesser ved udarbejdelsen af et vej- eller stiprojekt. Dette omfatter både planlægnings- og projekteringsforløbet, hvilket er illustreret på figur 2.1.



Figur 2.1 Planlægnings- og projekteringsforløb for veje og stier i åbent land.

Nyanlæg eller ombygning af vejstrækninger bør altid indgå i en overordnet plan, da det har stor betydning for de omkringliggende omgivelser og trafikanterne, som færdes herpå. Derfor er der mange hensyn at tage højde for ved planlægningen. Planlægningen bør sikre, at sammenhængende vejstrækninger får en ensartet standard, som afspejler den hastighed vejen ønskes trafikeret med. Håndbogen "Planlægning af veje og stier i åbent land" beskriver en metode for, hvordan et vej- og stinet kan planlægges med udgangspunkt i en klassificering af vejnettet. Her fastlægges strækningens vejklasse og hastighedsklasse.

Valg af vejtype har betydning for tracéringen. Der bør derfor inden tracéringen påbegyndes vælges en af følgende vejtyper, som udgangspunkt for tracéringen:

- 6-sporet motorvej
- 4-sporet motorvej
- 4-sporet vej
- 2+1 vej
- 2-sporet vej
- 2÷1 vej og 1-sporet vej

Valg af vejtype er beskrevet i håndbogen "Planlægning af veje og stier i åbent land".

Ved udbygning af vejstrækninger med strækningsvise udbygninger er det væsentligt, at ombygningens kvalitet er i overensstemmelse med de øvrige strækningers, og at der ikke forekommer væsentlige ændringer i vejens standard.

Med udgangspunkt i planlægningshastigheden vælges den dimensionerende hastighed ud fra principperne beskrevet i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer".

Projekteringsforløbet for en vej eller sti er en iterativ proces, hvor fastlæggelsen af tracéet, valg af vejtype og tværprofil samt planlægning af kryds hænger indbyrdes sammen. Ved udarbejdelsen af et vej- eller stiprojekt kan det derfor være nødvendigt at veksle mellem de enkelte håndbøger, idet der kan skrues på en række parametre for at optimere projektet med hensyn til f.eks. fremkommelighed, trafiksikkerhed og anlægsøkonomi.

Tracéringen hænger f.eks. tæt sammen med valg af vejtype, idet de forskellige vejtyper stiller forskellige krav til sigtforholdene. Ligeledes hænger valg af tværprofil tæt sammen med tracéringen, idet bredden af de enkelte tværprofilelementer har betydning for oversigtsforholdene i de horisontale kurver. Både vejtypen og tværprofilet har dermed indvirkning på hvilke kurveradier, der kan anvendes ved det valgte hastighedsniveau.

Ligeledes hænger planlægningen af vejkryds sammen med tracéringen. Eksempelvis har tracéringen betydning for hvilke krydstyper, der kan vælges og hvor de kan placeres. Den projekterende bør derfor enten gennemgå tracéet for at finde de optimale tilslutningspunkter eller omvendt tilpasse tracéet de steder, hvor der ønskes etableret tilslutninger. Det bør f.eks. sikres, at der er god synlighed til tilslutningen og, at der er gode oversigtforhold frem mod og fra krydset. Placeringen af både horisontale og vertikale kurver har derfor betydning for planlægning af vejkryds.

I de indledende projektstadier, hvor der stadig er mange parametre, der ikke er låst fast af forskellige bindinger, er der særlig behov for at være opmærksom på de indbyrdes sammenhænge, der følger af de vejgeometriske valg. Behovet for at veksle mellem de enkelte håndbøger er derfor størst i starten af et projekt, idet der arbejdes på et niveau, hvor detaljeringsgraden er lav. I takt med at projektet bliver mere detaljeret bliver flere parametre låst fast og behovet for at bevæge sig mellem de enkelte håndbøger vil falde.

2.2 Projekteringsforløb

Denne håndbog beskriver processen for fastlæggelse af en vej eller stis tracéring. Processen har i grove træk nedenstående opbygning.

1. Planlægningen af nyanlæg bør altid starte ud fra et overordnet perspektiv og fokusere på forskellige fikspunkter. Det kan f.eks. være en bro, en anden vej, et kryds eller en by, som vejen skal forbindes med, og derfor er essentielle for vejens forløb. Fikspunkter kan f.eks. også være naturområder, som vejen skal undgå for ikke at skade fauna og flora. Ejerforhold og ledninger er forhold, der også skal medtages i disse overvejelser, ligesom vejklassen, trafikintensitet, uheld, hastighed og vejtype. Afdækning af de planmæssige forudsætninger er beskrevet i afsnit 3.1.
2. Inden projekteringen påbegyndes fastlægges de projekteringsmæssige forudsætninger. Dette sker med udgangspunkt i planlægningshastigheden og de planlægningsmæssige forudsætninger og omfatter f.eks. fastlæggelse af hvilke minimums og maksimumsværdier, der kan anvendes for kurveradier, gradienter, sidehældninger etc. I en række situationer, hvor der er væsentlige trafiksikkerhedsmæssige forhold, skal der tages stilling til eventuel indarbejdelse af et hastighedstillæg. Dette fastlægges ved valg af den dimensionerende hastighed. Fastlæggelse af projekteringsforudsætningerne er beskrevet i afsnit 3.2.

3. Når de overordnede forudsætninger for vejen er fastlagt, er det nødvendigt at tage højde for de sigtforhold, som trafikanterne opnår ved linjeføringen. Sigtforhold har stor betydning for sikkerheden og er derfor et vigtigt element i planlægningen. Sigtforholdene afhænger af horisontale og vertikale kurver. Det er disse kurver, som er afgørende for trafikanternes stop-, møde- og overhalingssigt. Sigtforhold er beskrevet nærmere i kapitel 4.
4. Der udarbejdes forslag til linjeføring, som er centerlinjens projektion på et vandret plan. Linjeføringen består af rette linjer, cirkelbuer og overgangskurver. Den fastlægges ud fra sikkerheds- og komfortmæssige samt landskabsæstetiske hensyn. De horisontale kurver fastlægges som beskrevet i afsnit 5.5, mens overgangskurver anvendes som beskrevet i afsnit 5.6.
5. Der udarbejdes forslag til længdeprofil, som er vejens vertikale forløb langs centerlinjen. Længdeprofilet består af rette linjer og cirkelbuer. Den fastlægges ud fra sikkerheds- og komfortmæssige samt landskabsæstetiske hensyn. De rette linjers gradienter etableres efter principperne beskrevet i afsnit 6.2, mens de vertikale kurver fastlægges som beskrevet i afsnit 6.4.
6. Et tracé er den rumkurve, der fremkommer ved at kombinere linjeføringen og længdeprofilet. Tracéet fastlægges på baggrund af en samlet vurdering af oversigtskrav, kørselskomfort og landskabsæstetiske hensyn. Fastlæggelsen af linjeføringen og længdeprofilet er derfor en iterativ proces, da der skal tages hensyn til begge forhold. I denne proces opvejes fordele og ulemper ved at tilgodese enten linjeføringen eller længdeprofilet. Sammensætningen af linjeføring og længdeprofilet må aldrig fastlægges endeligt før, det er sikret, at der er tilstrækkelige sigtlængder og, at strækningen har et harmonisk og sikkert forløb. Fastlæggelsen af tracéet er beskrevet i afsnit 7.2-7.4.
7. Sidehældningen på vejbaner bidrager til at optage sidekraften på køretøjer i kurver og sikrer, at der ikke samles vand på vejbanen, hvorved der kan opstå risiko for akvaplaning. Sidehældningen skal derfor afhænge af, om det er en kurve eller et lige stykke samt hvilken vejtype, der anvendes. En nærmere beskrivelse af kørebaners sidehældning er beskrevet i kapitel 8.
8. I kurver med små radier kan det være nødvendigt at udvide køresporbredden gennem, kurven for at tilgodese arealbehovet for det dimensionsgivende køretøj. Det skal i sådanne tilfælde overvejes, om der skal anvendes en større kurveradius eller, om kørebanen skal udvides. Dette er beskrevet i kapitel 9.
9. I forbindelse med det politiske beslutningsgrundlag skal den projekterende redegøre for konsekvenserne ved det valgte tracé. Kapitel 10 indeholder en række opmærksomhedspunkter, som den projekterende skal være opmærksom på i forbindelse med konsekvensvurderingen.

3 FORUDSÆTNINGER

3.1 Planlægningsforudsætninger

De planmæssige og trafiktekniske forudsætninger er beskrevet i håndbøgerne "Planlægning af veje og stier i åbent land" og "Grundlag for udformning af trafikarealer". Nedenfor er der på overordnet niveau gengivet nogle af de forhold, som den projekterende bør være særligt opmærksomme på i forbindelse med fastlæggelse af tracéet.

3.1.1 Nærlandskabet

Ud over sikringen af, at naturbeskyttelsesloven overholdes, skal nærlandskabet analyseres, således at der allerede fra dette tidspunkt kan sikres en god tilpasning af vejen til landskabet - og eventuelt i en vis udstrækning af landskabet til vejen, se i øvrigt håndbogen "Planlægning af veje og stier i åbent land".

3.1.2 Ejerforhold og ledninger

Ejerforholdene bør registreres, således at hensynet til så små og lempelige arealerhvervelser, jordfordelinger etc. som muligt kan indgå i overvejelserne fra første færd. Desuden skal der ske en registrering af ledninger og ledningsejere.

3.1.3 Vejklasse mv.

En væsentlig forudsætning for fastlæggelsen af en vejs linjeføring og længdeprofil er vejens klasse, som skal fastlægges ud fra vejens rolle i vejsystemet samt funktionelle overvejelser i øvrigt. Metoden hertil er nærmere beskrevet i håndbogen "Planlægning af veje og stier i åbent land".

3.1.4 Trafikintensitet

Det samme gælder trafikintensiteten, hvor opdelingen på tung og let biltrafik samt cykeltrafik er særlig vigtig for tracéringen, idet den kan få indflydelse på valg af gradienter.

3.1.5 Trafikuheld

Hvor der er tale om en ombygning, bør der ske en registrering af trafikuheld, således at ombygningen kan sigte specielt imod at fjerne eventuelt hyppigt forekommende uheld. I håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer" er en metode for vurdering af trafikuheld beskrevet.

3.1.6 Planlægningshastighed

Planlægningshastigheden beskriver den hastighed som vejmyndigheden ønsker at trafikanterne kører på strækningen. Den fastlægges på baggrund af vejens funktion, mængden og sammensætningen af trafikken, trafiksikkerhed, tryghed, omgivelser etc. Dette er nærmere beskrevet i håndbogen "Planlægning af veje og stier i åbent land".

3.1.7 Vejtype

Valget af vejtype, på grundlag af vejklasse, trafikintensitet mv., kan influere på fastlæggelsen af vejens tracéring.

Det er vigtigt at samtlige de typer, som kan komme på tale i løbet af en etapevis udbygning af vejen, fastlægges. Dette kan for eksempel influere på, om vejens tracéring skal baseres på mødesigt eller blot stopsigt. Valg af vejtype er nærmere beskrevet i håndbogen "Planlægning af veje og stier i åbent land".

3.1.8 Vejkryds

Inden vejens tracé fastlægges, bør der ske overvejelser om, hvilke andre veje der skal tilsluttes, en hensigtsmæssig cirkuplacering af kryds samt et foreløbigt valg af krydsudformninger og vejkrydstyper, se i øvrigt håndbogen "Planlægning af vejkryds i åbent land".

3.1.9 Overhalingsmuligheder

Endelig bør der ske en foreløbig vurdering af overhalingsmuligheder. Dette kan i visse tilfælde føre til en tilbagekobling til valget af vejtype.

3.2 Projekteringsforudsætninger

3.2.1 Den dimensionerende hastighed

I en række situationer, hvor en trafikant, der kører for stærkt, kan komme til at skade andre, kan der indarbejdes et hastighedstillæg. Dette tillæg bør fastlægges med udgangspunkt i 85 %-fraktilhastigheden, og erfaringsmæssigt vil hastighedstillægget derfor være 20 km/t. Hastighedstillægget fastlægges desuden på grundlag af vejens klasse, forekomsten af lette trafikanter etc. Dette er nærmere beskrevet i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer".

3.2.2 Sigtforhold

Som en væsentlig forudsætning for fastlæggelse af en vejs tracé skal der opstilles generelle krav vedrørende sigt, med fastlæggelse af værdier for stopsigt, mødesigt og overhalingssigt, med udgangspunkt i de trafiktekniske grundværdier som er omtalt i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer".

3.2.3 Maks- og min-værdier

På grundlag af planlægningshastigheden, den dimensionerende hastighed og andre af de fastlagte planlægningsforudsætninger skal der fastlægges maksimums- og minimumsværdier for horisontalkurveradier, gradienter, sidehældninger m.m.

3.2.4 Exceptionelle værdier

Ved ombygning, navnlig af mindre veje, kan det i visse situationer falde naturligt og nødvendigt at overveje at fravige de minimums- og maksimumsværdier, som fastlægges på baggrund af henholdsvis planlægningshastigheden og den dimensionerende hastighed.

En sådan brug af exceptionelle tracéringsværdier kan være motiveret ved, at vejens indpasning i landskabsrammerne skal fastholdes, eller ved at der skal være sammenhæng og harmoni med det omkringliggende vejanlægs tracé.

Hvis exceptionelle værdier undtagelsesvis benyttes, bør brugen begrænses. Det betyder, at strækningen skal være kortest mulig, at overskridelserne af minimums- og maksimumsværdierne skal være mindst mulige, og at fravigelserne skal angå så få tracéringsforudsætninger som muligt.

Det må også nøje vurderes, hvilke konsekvenser der kan være for trafikken og for omgivelserne, og der skal træffes de nødvendige foranstaltninger for at imødegå uheldige konsekvenser. Eksempelvis kan hensynet til trafikikkerheden nødvendiggøre en helt særlig indsats for at etablere optisk ledning, afmærkning, oversigtsdeklarationer, lokal hastighedsbegrænsning etc.

3.3 Topografi og sårbarhed

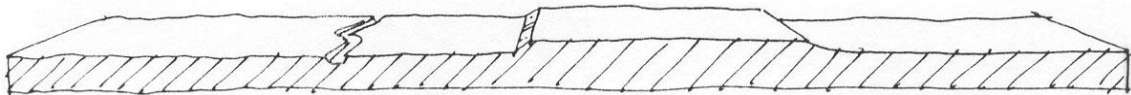
3.3.1 Det danske landskab

Landskabet kan generelt opdeles i fire hovedtyper, som stiller forskellige krav til vejanlæg:

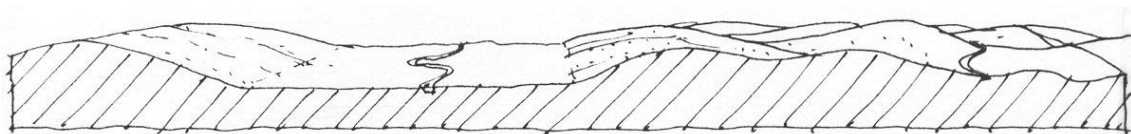
1. Slettelandskabet med små niveauforskelle og med vandløb nedfældet i terrænet. Det kan være marint forland, marsk, hede eller bakkeøer, se figur 3.1.
2. Morænelandskabet, med mange mindre vandløb nedskåret mellem bakkerne. Morænelandskabet kan være stor- eller småbakket og rummer større markante ådale med betydelige niveauforskelle, se figur 3.2.
3. Kystlandskabet, der kan bestå af de ovenfor nævnte landskabstyper, hvor de møder havet, se figur 3.3.
4. Mellem de tre landskabstyper findes overgangszoner, som ofte er sårbare overfor vejanlæg, se figur 3.3.

De tre første hovedtyper omtales nærmere i punkt 3.3.2, 3.3.3 og 3.3.4.

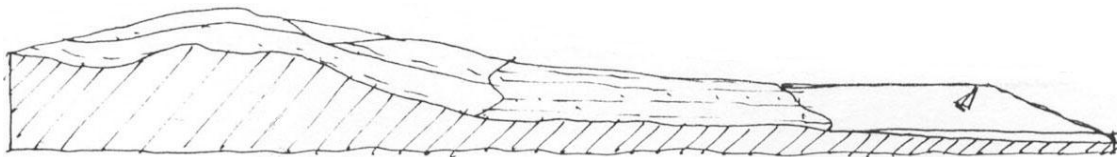
Nogle landskaber er særligt sårbare, og linjeføringer gennem sådanne områder bør undgås. Det gælder klitter, dødshuller, vådbundsområder, åse, marsk, markante højdedrag og indlandsklinter.



Figur 3.1 Slettelandskab med vandløb nedfældet i terrænet mellem bakkeøer.



Figur 3.2 Morænelandskab med mindre vandløb i bakkerne og større ådale mellem moræneplateauerne.



Figur 3.3 Kystlandskab med overgangszone mellem sletter og morænebakker.

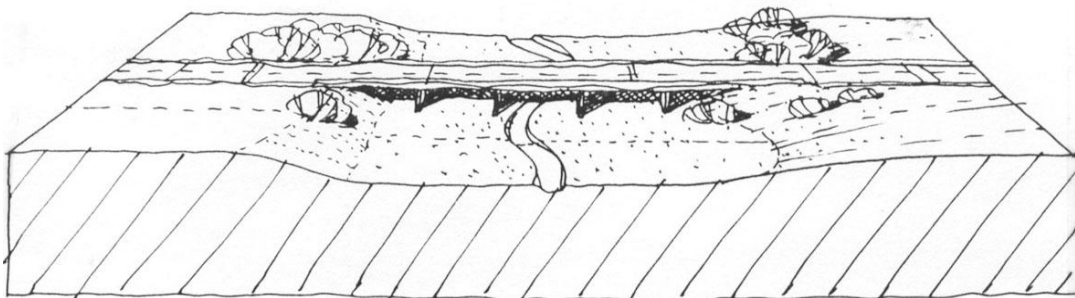
3.3.2 Slettelandskab

Linjeføring over sletter giver mulighed for lange, lige løb, som normalt bør kurves for at bløde de hårde linjer op og gøre færdslen mere sikker. Vejene bør følge terrænet bedst muligt, og afgravninger og påfyldninger bør minimeres. En dæmning er en visuel barriere i landskabet, og en vej vil ofte blive synlig over store afstande.

Linjeføring over større ådale bør ske på bro, af hensyn til flora og fauna, og for ikke at skabe visuelle barrierer. I de meget brede ådale må det i hvert enkelt tilfælde vurderes, om vejen skal følge landskabet eller føres på en bro.

På figur 3.4 er vist et eksempel på en større vejs passage af en ådal. Vejen følger terrænet til dalens start, hvorefter den fortsætter på en bro, som spænder over hele dalens bredde, vinkelret og på det smalleste mulige sted. Broens dæk og piller er så slanke som muligt, og pillerne er placeret og orienteret, så den visuelle forbindelse på langs i dalen fastholdes. Vandløbets naturlige leje respekteres.

Mindre lokale veje og stier kan passere under broen, og anlægget som helhed giver mulighed for eventuel naturgenopretning.



Figur 3.4 Ådalspassage i slettelandskabet.

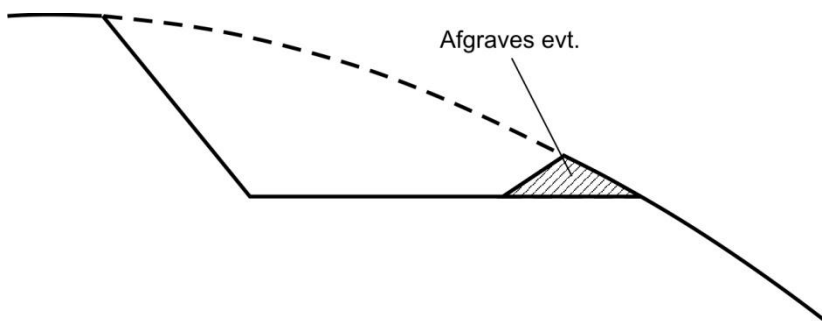
I slettelandskabet bør vejkryds ideelt set udføres i ét plan, da et toplanskryds let skaber en visuel barriere. Kryds kan udføres som rundkørsler eller for mindre veje som almindelige kryds. På motor- eller motortrafikveje bør toplanskryds placeres og udformes med stor omhu, og eventuelt kan den underførte vej skæres ned i terrænet.

3.3.3 Morænelandskab

I det bakkede morænelandskab bør en vej så vidt muligt følge landskabets form. Ved mindre ådale bør veje føres på bro med henblik på den visuelle opfattelse af dalen og af hensyn til flora og fauna.

I det småbakkede landskab vil kun mindre lokalveje kunne følge landskabets kurver, mens øvrige veje må skære sig igennem landskabet, med afgravninger og påfyldninger til følge.

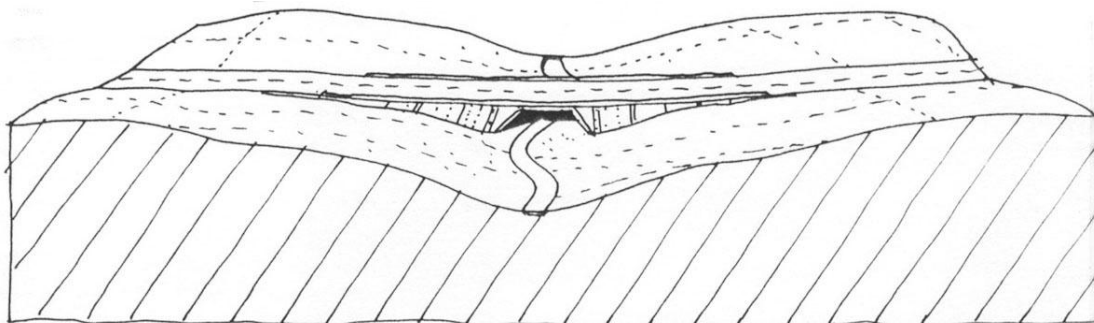
Hvor terrænets hældning er stor, bør en større vej lægges på dæmning i de nederste niveauer og/eller i afgravning på de øverste. Det er vigtigt, at landskabet ikke opleves overskåret af vejen, men at denne følger sig naturligt ind i landskabet. Det kan fremmes gennem anlæg af skrånninger med hældning 1:3-5, hvorved overgangen mellem vejen og det omgivende landskab bliver mere naturlig. Denne løsning kræver dog et større arealindgreb. En yderligere tilpasning kan ske ved hjælp af beplantning. Korte afgravninger og afgravninger med dybde under 2 m udformes normalt som dyrkningsskrånninger med hældning ca. 1:10. Hvis vejen skæres ind i et hældende terræn, kan det være hensigtsmæssigt at fjerne den lave del af afgravningen (se figur 3.5).



Figur 3.5 Tværsnit ved afgravning i hældende terræn.

Vejkryds i det bakkede terræn kan ofte med fordel udformes som toplanskryds. Ved udnyttelse af de givne terrænforskelle kan den ene vej føres under terrænet i en afgravning og den øverste på en bro i terrænet. Kryds i niveau, f.eks. rundkørsler, kræver store flade arealer og kan medføre betydelige skår i landskabet.

Passage af mindre åer og bække vil oftest ske på en dæmning med bro over vandløbet, hvilket samtidig giver mulighed for faunapassage (se figur 3.6).



Figur 3.6 Passage af mindre vandløb på dæmning med underføring.

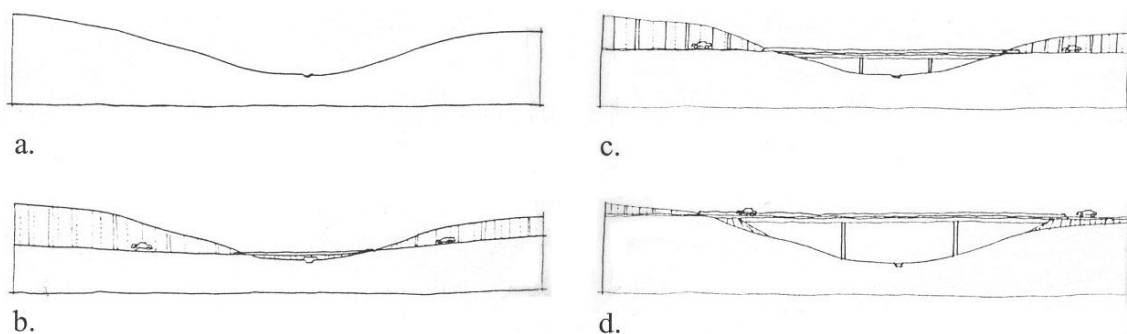
Passage af store ådale bør ske vinkelret og på det smallest mulige sted. Hvis en dal er smal og bugtet, kan overførslen med fordel placeres, hvor den skjules af slyngningerne.

Føres vejen ikke helt ned i bunden af dalen, bør den placeres på en bro (type c på figur 3.7), da en dæmning (type b på figur 3.7) som regel vil være en voldsom visuel barriere og tillige vanskeliggøre passage for flora og fauna. Desuden vil anlægget ofte medføre afgravninger og dermed store skår i dalsiderne. Dette kan afbødes ved at vejen lægges i en sidedal, eller ved at den føres i en bue op over dalsiderne. Endelig kan hældningen på afgravningen gøres fladere, eller vejen kan helt eller delvis føres i en tunnel gennem dalsiden.

Vejføring på en høj bro (type d på figur 3.7) kan for en større vej være en æstetisk fordel, idet væsentlige afgravninger undgås. Landskabet bevarer sammenhæng, broen kan understrege anlæggets dimensioner, og man vil opleve stigningen fra ådalen til dalsidens top meget direkte. Landskabet vil dog være opbrudt af broens linjer, som derfor bør være så enkle i udtryk som muligt. Broen bør være så højt hævet over dalbunden, at dalens forløb og landskabet bag broen kan opleves. Broen kan eventuelt gøres kortere ved at udgå fra fremspring i dalsiderne.

Hvis niveauforskellene er meget store, eller hvis den ene dalside er væsentligt højere end den anden, kan vejen på den høje side evt. føres via en tunnel, hvorved skåret i landskabet minimeres.

Tilslutningsanlæg i flere plan bør ikke placeres i en dalbund.



- a. Ådal
 b. Passage på dæmning med store afgravninger i dalsiderne
 c. Mindre afgravning og lav bro over dalen
 d. Højbro uden skår i dalsiderne

Figur 3.7 Tre eksempler på passage af en ådal.

3.3.4 Kystlandskab

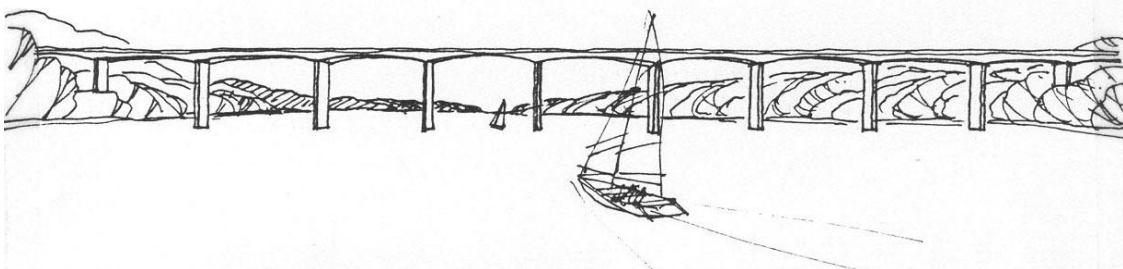
Danmark er rigt på kyster, og her findes de smukkeste og mest sårbare landskaber. Veje, som krydser eller føres langs kysterne, skal derfor udformes med særlig omhu.

En vej langs kysten bør placeres med god afstand til denne, så selve kystlandskabet forbliver uberørt. Mindre lokalveje kan i almindelighed placeres nærmere kysten end højklassede veje. Det er da vigtigt, at vejen følger terrænkurverne, eftersom landskabet oftest opleves i profil både fra kysten og fra vandet.

Cykel- og vandrestier kan med fordel placeres langs kysten, da de kan følge landskabet fuldstændigt og tilmed give store oplevelsesmuligheder.

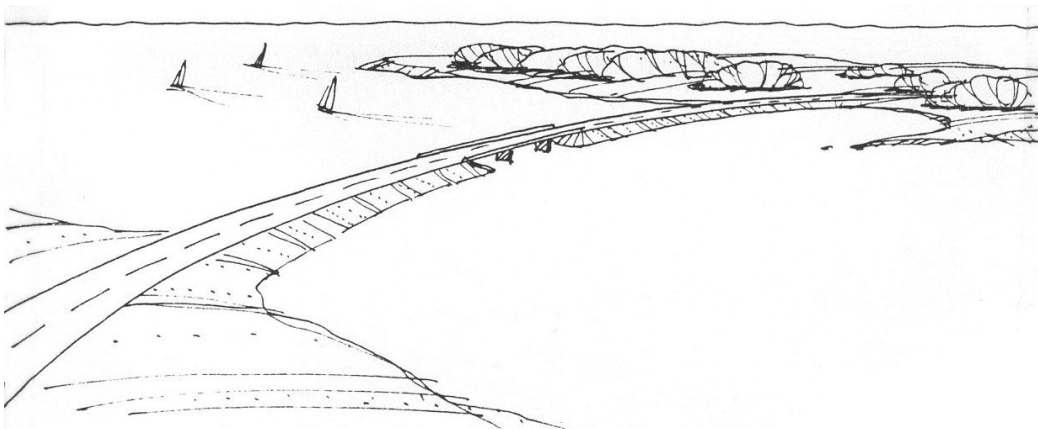
Faste forbindelser mellem kysterne udføres traditionelt som en kombination af bro og dæmning.

Ved en stejl kyst bør en bro anbefales, da den lader landskabet under broen uberørt og ikke danner barriere. En bro i kystlandskabet vil dog altid blive meget synlig, og det er derfor vigtigt, at den placeres og udformes særlig omhyggeligt.



Figur 3.8 Høj bro mellem stejle kyster. Der opnås visuel kontakt i landskabet og god mulighed for uhindret passage.

Ved flade kyster er det ud fra et visuelt synspunkt mest naturligt at anlægge dæmninger med små delbroer for faunapassage og småbåde. Sådanne dæmninger bør være meget lave ved endepunkterne, så visuelle barrierer minimeres. Det er en forudsætning, at løsningen respekterer relevante hensyn til vandmiljøet.



Figur 3.9 Dæmning mellem flade kyster med lille bro for fauna og småbåde.

Visuelle arbejdsmetoder er nærmere beskrevet i afsnit 7.6.

4 SIGTFORHOLD

4.1 Generelt

De sigtforhold, som en vej eller sti tilbyder trafikanterne, har stor betydning for muligheden for at foretage en sikker og komfortabel kørsel. Sigtforholdene er således afgørende for vejens kvalitet og sikkerhed. Krav til forskellige sigtlængder indgår derfor som en vigtig faktor, når vejens geometriske mindsteværdier skal fastlægges.

Som overordnet begreb bruges "fri sigt", der er defineret, som den længste sammenhængende synlige strækning en bilist/cyklist har, når denne befinder sig på kørebanen med en øjepunktshøjde $h_{\text{øje}}$ over kørebanen. I horisontale kurver afhænger øjepunktets placering over kørebanen af, om der er tale om stopsigt eller møde-/overhalingssigt. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 5.5.1.

Kravene til "fri sigt" vil være med til at fastlægge minimumsværdierne for henholdsvis horisontalkurver og vertikalkurver.

Desuden vil kravene til "fri sigt" være bestemmende for, hvor overhaling tillades og for sigtforhold i forbindelse med kryds, overkørsler mm. og dermed også for udformning af vejens omgivelser.

Der skal altid, uafhængigt af om der er tale om nyanlæg, opgradering eller ombygning af eksisterende en vej, gennemføres en kontrol af sigtforholdene ved:

- Udformning af tværprofilet
- Kombination af horisontal- og vertikalkurver
- Beplantning (eksisterende og/eller planlagt)
- Tunneler og broer
- Opsætning af autoværn – herunder også midterautoværn
- Opsætning af skilte og andet vejudstyr.

Det anbefales, at kontrollen og dokumentationen af sigt gennemføres ved brug af egnet software.

I forbindelse med vejes og stiers tracéring anvendes tre former for sigt: Stopsigt, mødesigt og overhalingssigt. Definitionerne og de tilhørende formler til beregning af sigtlængder for de tre begreber er beskrevet i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer".

I kryds er der herudover en række krav til oversigtsarealer, som fremgår af håndbogen "Planlægning af vejkryds i åbent land". Disse oversigtskrav kan også få konsekvenser for vejens tracé, især oversigt fra stopposition for en sekundærtrafikanter.

Anvendelsen af de enkelte sigtbegreber er beskrevet nedenfor, mens selve beregningsgangen er beskrevet i kapitel 5 og 6 om henholdsvis linjeføring og længdeprofil.

4.2 Anvendelse af stopsigt

Ethvert nyt vejanlæg skal som minimum have stopsigt for alle trafikanter. Stopsigt beregnes på baggrund af den dimensionerende hastighed V_d . I den dimensionerende hastighed kan der indregnes et hastighedstillæg, som fastlægges efter principperne beskrevet i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer". Heraf fremgår det, at den dimensionerende hastighed bør fastlægges med udgangspunkt i 85 %-fraktilhastigheden og, at der derfor erfaringsmæssigt bør anvendes et hastighedstillæg på 20 km/h.

Ny bekendtgørelsestekst

Ethvert nyt vejanlæg skal som minimum have stopsigt for alle trafikanter. Stopsigt svarer til standselængden som fremgår af nedenstående tabel.

Dimensionerende hastighed (km/h)	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40
Standselængde (m)	250	220	190	160	135	115	90	75	55	40

Tabel Stopsigt

Stopsigt regnes mellem et øjepunkt og et objektpunkt:

- Øjepunktshøjden er på vandret vej og i konvekse vertikalkurver 1,0 m, mens den i konkave vertikalkurver er 2,5 m
- Objektpunktshøjden er på motorveje 1,0 m i horisontalkurver og 0,5 m i vertikalkurver, mens den på øvrige veje er 0,3 m i både horisontal- og vertikalkurver.

Kilde: [Forslag til bekendtgørelse]

Der ud over bør større betydende veje, der ombygges eller opgraderes, have stopsigt svarende til den valgte dimensionerende hastighed. På tilsvarende vis skal der være stopsigt for cykeltrafik.

Herved sikres, at hovedparten af trafikanterne kan foretage en opbremsning for en forhindring på kørebanen.

Såfremt stopsigt ikke kan tilvejebringes, bør der etableres en lokal hastighedsbegrænsning på strækningen. Det bør i det enkelte tilfælde vurderes, om der ved fastsættelse af den lokale hastighedsbegrænsning skal indarbejdes et hastighedstillæg. Ved lokaliteter, hvor kø kan forventes, bør hastighedsbegrænsningen suppleres med køvarsling.

4.3 Anvendelse af mødesigt

Hvis der på en 2 sporet vej ikke er mødesigt, anses oversigten for begrænset. Kriteriet for begrænset oversigt er fastlagt i "Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning" og er oversigten begrænset skal der etableres spærrelinje.

Spærrelinje kan pålægges af andre grunde, f.eks. som overhalingsforbud i kryds af sikkerhedsmæssige grunde.

Før spærrelinjen afmærkes med en varslingslinje med længden 100 m ved hastigheder over 60 km/h og 50 m ved hastigheder mindre end eller lig 60 km/h.

§ 163. Når oversigten mellem 2 punkter, beliggende 1,0 m over vejens midtlinje, er mindre end værdierne i tabel 2, anses oversigten for begrænset.

Tilladt hastighed (km/h)	90	80	70	60	50	40
Oversigt mindre end (m)	290	240	190	150	110	80

Tabel 2. Begrænset oversigt

§ 164. Q 44 Spærrelinje, der anvendes som midtlinje ved bakke eller vejkurve, hvor oversigten er begrænset, jf. § 163, skal have en længde af mindst 50 m. Hvis oversigten er begrænset på en strækning af 20 m eller derunder, kan spærrelinjen udelades. Hvis strækningen er mellem 20 m og 50 m, forlænges spærrelinjen bagud, således at dens længde bliver 50 m.

Stk. 2. Hvis afstanden mellem 2 spærrelinjer for samme kørselsretning er kortere end 100 m på veje, hvor den tilladte hastighed er højere end 60 km/h og 50 m på veje, hvor den tilladte hastighed er 60 km/h eller lavere, skal der afmærkes med spærrelinje på hele strækningen.

Kilde: Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning. 801 af 04/07 2012.

Den tilrådighed værende sigt er med til at bestemme vejens standard. Mødesigt gør det kun muligt at overhale køretøjer, der kører med en væsentlig lavere hastighed. Det kan derfor være svært at overhale på strækninger, hvor der kun lige er mødesigt til stede. På strækninger, hvor der skal være mulighed for at overhale trafikanter, der kører med nogenlunde samme hastighed, kræves en større sigtlængde, som benævnes overhalingssigt.

4.4 Anvendelse af overhalingssigt

Overhalinger hører til de mest komplekse, men også farligste manøvrer i trafikken. Problematikken og kompleksiteten svarer til forholdene ved kryds - dog med den undtagelse, at hastighedsniveauet er markant højere i forbindelse med overhalinger.

Overhalingssigt er den frie sigtlængde, der skal være til stede for, at en forsvarlig overhaling kan påbegyndes og gennemføres. Derudover har manglende overhalingsmuligheder indflydelse på:

- Køddannelser
- Reduktion i vejkapaciteten
- Korte afstande mellem køretøjer
- Farlig trafikantadfærd.

Der er to overordnede elementer, der skal tages hensyn til i forbindelse med tilvejebringelsen af overhalingssigtlængder:

- Hyppighed for overhalingsmuligheder
- Overhalingen set i forhold til rum og tid.

Overhalingssigt fastlægges ud fra de værdier, der fremgår af håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer".

Overhalingssigt på en vej giver trafikanterne et bedre serviceniveau. På tæt trafikerede veje vil modkørende trafik betyde, at overhaling er vanskelig trods gode sigtforhold.

Stigningsstrækninger medfører ønske om overhalingsmuligheder.

Overhalingsstrækninger bør placeres på strækninger uden kryds.

4.5 Vejtypernes krav til tracéet

I den overordnede planlægning er det vigtigt, at vejtypen er fastlagt, da tracéet er stærkt afhængigt af vejtypen.

4.5.1 4- og 6-sporede veje og motorveje

4- og 6-sporede veje skal have stopsigt, også i det inderste spor, hvor autoværn i midterrabatten kan begrænse oversigten.

Stopsigt forbi en kø eller en række langsomt kørende lastvogne i det ene spor er en sikkerhedsmæssig fordel og bør især være til stede ved ramper, hvor kø kan forventes.

Såfremt denne oversigt ikke er til stede, bør hastighedsbegrænsning eller køvarsling overvejes.

4- og 6-sporede veje kræver ikke overhalingssigt.

4.5.2 2+1 veje

2+1 veje skal have stopsigt.

Herudover er der ikke krav til oversigtsforholdene.

Tracéet bør søges tilpasset vejtypen, således at der etableres to spor op ad bakker eller ved kurver, hvor sigtlængden er begrænset.

På strækninger med god sigt kan trafikanterne have svært ved at forstå, at de ikke må overhale, blandt andet ned ad bakke.

4.5.3 2-sporede veje

2-sporede veje skal have stopsigt, helst inden for vejareal.

Derudover skal der etableres passende overhalingsmuligheder, dvs. strækninger med overhalingssigt.

Manglende overhalingssigt vil betyde nedsættelse af rejsehastigheden. Stigningsstrækninger medfører ønsker om overhalingsmulighed.

Manglende mødesigt betyder overhalingsforbud og dermed manglende mulighed for at passere langsomt kørende.

Overhalingsstrækningerne bør placeres på strækninger uden kryds.

4.5.4 2÷1 veje og 1-sporede veje

2÷1 veje og 1-sporede veje skal have mødesigt.

4.6 Sigtarealet

Sigtarealet er det areal, som sigtlinjen passerer henover, når øjepunkt og objektpunkt bevæger sig på langs af vejen.

Hvis vejen er retlinet eller har meget stor radius, falder sigtarealet inden for kørebanen.

På en kurvet vej falder sigtarealet oftest hen over arealer uden for kørebanen, eventuelt uden for vejarealet.

Der skal da ved beregningen af sigtlængden tages hensyn til højden af bevoksning, faste genstande, færdselsudstyr mv. på sigtarealet. Ved oversigtsareal udenfor vejarealet pålægges der servitut om oversigt.

4.6.1 Sigt på vejareal

Når sigtarealet ligger på vejarealer, regnes med følgende bevoksningshøjder:

- Græsklædte heller, skillerabatter: 0,2 m af hensyn til sne og græs
- Yderrabatter og uden for kronekant: 0,5 m, medmindre arealerne løbende holdes under 0,2 m
- Ved autoværn: Autoværnets højde, normalt 0,75 m ved ståautoværn (broautoværn er højere).

Det skal ved beplantning af vejen påses, at beplantningen ikke reducerer de tilstræbte sigtforhold. Også skilte kan begrænse oversigten.

4.6.2 Sigt uden for vejarealet

Hvis sigtarealet ligger uden for vejarealet, bør arealet pålægges oversigtsservitut. Servitutten skal sikre, at der på arealet hverken varigt eller midlertidigt forefindes noget, der er større end en bestemt højde, som fastsættes i deklARATIONEN. Denne højde skal svare til de afgrøder, der normalt vil kunne findes på arealet.

Normale kornafgrøder kan være over 1,0 m høje, majsafgrøder over 2,0 m høje.

I tilfælde hvor bevoksningen generer oversigten kan det overvejes at afgrave arealet, så bevoksningen ikke på sigt vil komme til at genere oversigten.

4.7 Sigtforhold for et tracé

Sigtforholdene for et tracé fastlægges ved en kombineret beregning af vertikal og horisontalkurverne.

Det beregnes, om de konvekse vertikalkurver er sigtbegrænsende. Der tages her hensyn til, at sigtlinjen kan ligge uden for kørebanen (f.eks. over græs på et rabatareal).

Herefter indtegnes de horisontale sigtlinjer, og det vurderes løbende, om vertikalforløbet giver særlige problemer.

Det vurderes, om sigtlængden skal forbedres ved øget afgravning eller ved servitut på arealer uden for vejarealet.

Sigtlængder kan beregnes med sigtberegningsprogrammer knyttet til CAD-programmer. Det er her vigtigt, at der er indlagt bevoksningshøjder på flader udenfor kørearealerne.

4.7.1 Stopsigt

Stopsigt skal sikres overalt på vejen.

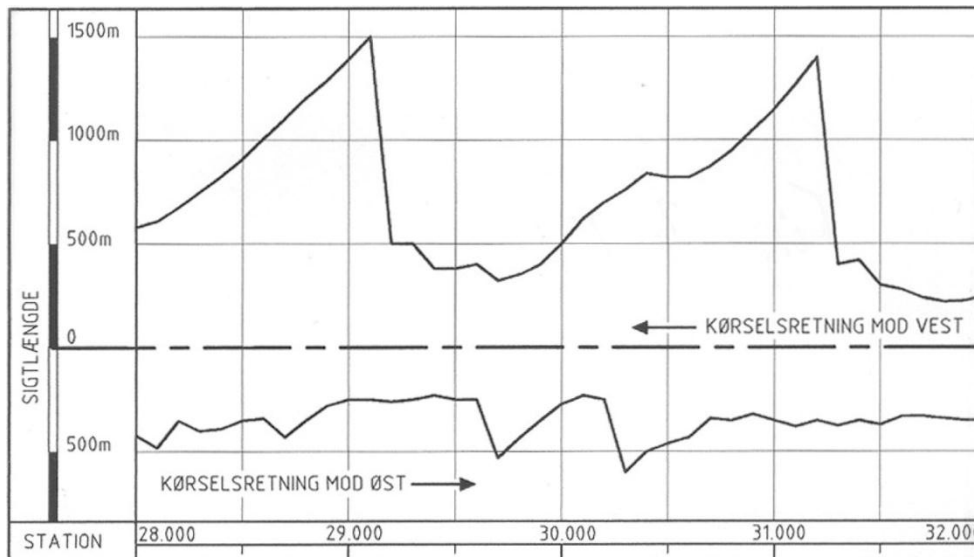
Såfremt stopsigt falder uden for vejarealet, undersøges om tracéet kan forbedres med f.eks. større horisontalradius. Såfremt dette ikke er muligt, skal sigtarealet uden for vejareal pålægges en oversigtsservitut.

Der kan eventuelt pålægges en hastighedsbegrænsning, jævnfør afsnit 4.2.

4.7.2 Mødesigt og overhalingssigt

Til vurdering af vejens sigtforhold kan der optegnes et sigtdiagram, som angiver den maksimale sigtlængde til et modkørende køretøj, når øjepunktet bevæger sig ud ad vejlinjen.

Beregningen og optegningen sker for begge kørselsretninger.



Figur 4.1 Eksempel på sigtdiagram.

Der skal her tages hensyn til bevoksningshøjder, autoværn og om sigtarealet ligger på vejareal.

Strækninger med manglende mødesigt og manglende overhalingssigt markeres på en plan, og det vurderes, om sigtforholdene disse steder er acceptable.

Længere strækninger med manglende mødesigt og derfor med dobbelt spærrelinje er normalt uacceptable.

Længere strækninger med sigt lige netop over mødesigt findes normalt også uacceptable, da trafikanterne finder, at dette ikke giver dem en reel overhalingsmulighed.

Overhalingsstrækninger bør tilbydes med passende mellemrum jf. håndbogen "Tværprofiler i åbent land" (2013). Alternativt kan vejen udformes med overhalingsstrækninger som en 2+1 vej.

Såfremt sigtforholdene ikke er acceptable, undersøges om tracéet kan forbedres, og/eller der kan tinglyses oversigt på arealer uden for vejareal.

5 LINJEFØRING

5.1 Generelt

Dette afsnit omhandler linjeføringen for vejstrækninger med konstant hastighed. For vejstrækninger med variabel hastighed, f.eks. ramper, strækninger hen mod kryds m.v., henvises til afsnittet om hastighedsovergangsstrækninger i kapitel 6 i håndbogen "Toplanskryds i åbent land".

Linjeføringen af en vej er projektionen af vejens tracé på et vandret plan. Som linjeføring benyttes normalt projektionen af vejens midtlinje.

Linjeføringen består af rette linjer, cirkelbuer og overgangskurver. Overgangskurven forbinder den rette linje med cirkelbuen eller forbinder to cirkelbuer. Overgangskurven ændrer krumningen jævnt fra 0 for den rette linje til $1/R_h$ for cirkelbuen. Direkte knæk mellem to rette linjer må ikke forekomme. Hvis en ret linje går over i en kurve, skal linjen være tangent til kurven. Hvor to kurver mødes, skal de have fælles tangent.

Valget af linjeføring og dens elementer afhænger af vejens funktion og type, placering af kryds samt af bindingerne fra det landskab, som vejen skal gennemløbe.

5.2 Vejkryds

Linjeføringen bør fastlægges under hensyntagen til placeringen af kryds. Dette kan enten ske ved at linjeføringen gennemgås for at udpege de optimale tilslutningspunkter eller ved, at linjeføringen tilpasses de ønsker, der måtte være til placering af tilslutninger.

Færdsel i kryds kan være en kompleks manøvre, hvor trafikanterne skal være opmærksomme på flere forhold som f.eks. de øvrige trafikanters placering og hastighed, krydsets udformning, omgivelser, vejvisning etc. Det er derfor vigtigt, at kryds har en god synlighed for trafikanter, der er på vej mod krydset. Dette indebærer bl.a., at der bør være god oversigt frem mod krydset, så trafikanterne i god tid kan orientere sig i forhold til deres færden. Ligeledes bør der også være god oversigt fra krydset ad primærvejen. Dette er nærmere beskrevet i håndbogen "Planlægning af vejkryds i åbent land".

Gode oversigtsforhold opnås bl.a. ved at kryds ikke placeres i horisontale kurver med små radier. Særligt tilslutninger i kurvens inderside bør undgås. Derudover har mange trafikanter svært ved at vurdere afstand og hastighed for øvrige trafikanter, der kører i en horisontal kurve frem mod krydset. Tilslutninger i små kurver kan derfor føre til forringet trafiksikkerhed.

Udover at sikre god tilgængelighed til de omkringliggende områder kan et kryds udformet som en rundkørsel også medvirke til en mere fleksibel linjeføring, idet det giver mulighed for at etablere "knæk" på både linjeføringen og længdeprofilen.

5.3 Rette linjer

5.3.1 Brug af rette linjer

Den rette linje er den korteste vej mellem to punkter, og vil af trafikanten også ofte opfattes som den naturlige, hvis man kan se målet.

Brug af rette linjer kan være begrundet i ønsket om overhalingsmulighed eller om tilstrækkelig oversigt i forbindelse med vejkryds.

Anvendelse af rette linjer kan også begrundes med afvandingsmæssige forhold, især hvis længdefaldet er lille eller stort, idet en retlinet strækning med tagformet tværprofil især på 2-sporede veje giver en væsentlig bedre afvandning end en kurve med ensidigt fald.

5.3.2 Lang ret linje

I en linjeføring bør der ikke være for lange rette linjer. Uheldsfrekvensen er ofte større på veje med lange lige stræk end på veje med korte retlinede stræk, da lange lige veje virker ensformige og sløvende. En ret linje bør derfor normalt ikke være længere end 0,5 - 2,0 km, mindst for små veje, da det kan gøre det svært at opnå et harmonisk tracé.

5.3.3 Kort ret linje

Retlinede vejstrækninger kan også blive for korte. Specielt virker en meget kort ret linje mellem to ensvendte horisontalkurver æstetisk uheldig. En lang sammenhængende horisontalkurve med større radius vil give et æstetisk bedre resultat.

Den rette linje her kan også erstattes af en stor cirkelbue, der krummer samme vej som de to horisontalkurver og tangerer dem begge.

5.4 Cirkelbuer

Horisontalkurver for veje udføres normalt som enkelte eller sammensatte cirkelbuer eller som en kombination af overgangskurver og cirkelbuer.

5.4.1 Minimumsradius

Valg af kurveradier baseres på fire kriterier:

- Oversigtsforhold, herunder
 - stopsigt
 - stopsigt ved kø
 - mødesigt
 - overhalingssigt
- Kørselsdynamik
- Trafiksikkerhed
- Kørselskomfort
- Æstetik.

5.5 Beregning af radius i horisontalkurver baseret på oversigt

I det følgende er der forudsat en plan cirkelbue, hvor vertikalkurven ikke har betydning for sigtforholdene. I beregningen skal bevoksning på de arealer, som sigtlinjen passerer, indgå i beregningen, jf. afsnit 4.5.

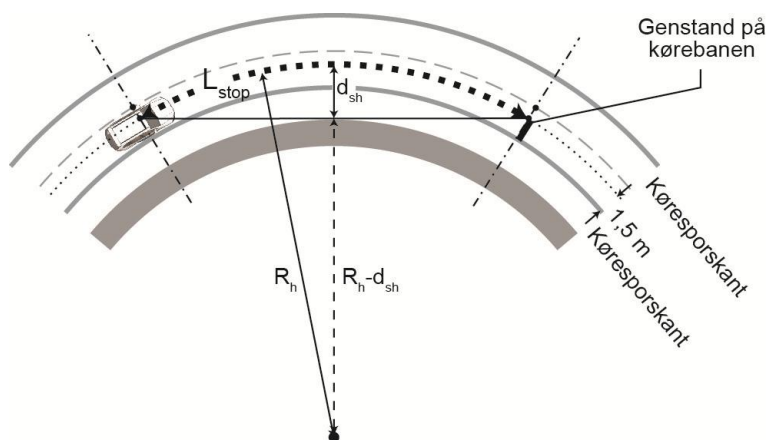
Ud fra ønsket om en given sigtlængde kan tilhørende radier for horisontalkurver R_h beregnes. Omvendt kan sigtlængder også beregnes ud fra en given kurveradius.

I horisontalkurver er det normalt genstande, bevoksninger eller skrånninger i indersiden af kurven, som begrænser sigtlængden, men på flersporede veje kan det også være genstande i midterrabatten, f.eks. autoværn. Disse forhold skal indgå ved beregning af sigtforhold, jf. afsnit 4.5.

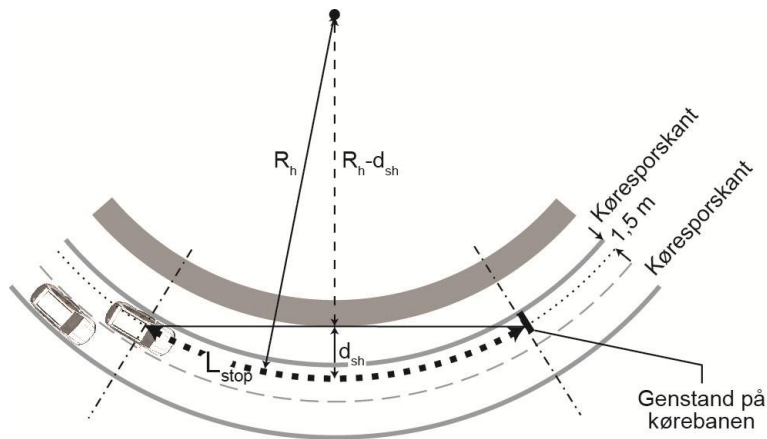
Der anvendes en øjepunktshøjde $h_{\text{øje}}$ på 1,0 m og en objektpunktshøjde h_{obj} på henholdsvis 1,0 m for motorveje og 0,3 m for øvrige veje.

5.5.1 Sigt i lang horisontal kurve (længere end sigtlængden)

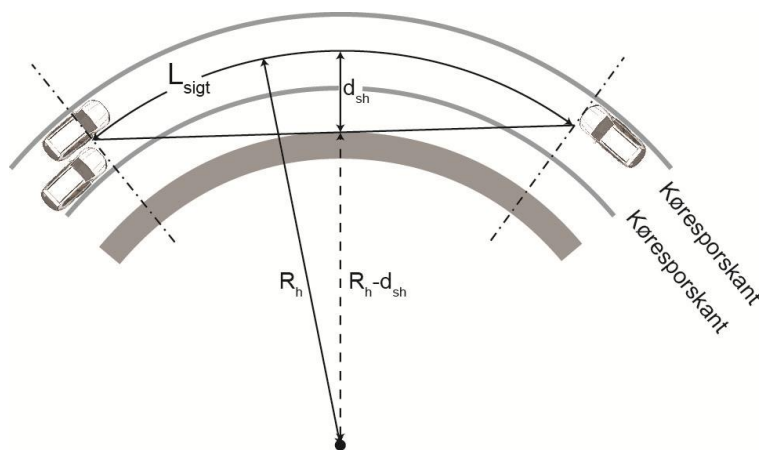
I de tilfælde, hvor kurven er længere end sigtlinjen, foregår beregning af stopsigt med udgangspunkt i køresporets midte. Normalt anvendes en afstand mellem køresporskant og køresporsmidte på 1,5 m for både højre- og venstredrejede kurver som vist i figur 5.1 og 5.2. Figur 5.3 viser forholdene ved beregning af mødesigt og overhalingssigt. I det beregningen af møde- og overhalingssigt sker med udgangspunkt i vejmidten er forudsætningerne de samme for højre- og venstredrejende kurver.



Figur 5.1 Oversigtsforholdene i en lang højredrejet kurve, stopsigt.



Figur 5.2 Oversigtsforholdene i en lang venstredrejet kurve, stopsigt.



Figur 5.3 Oversigtsforholdene i en lang højredrejet kurve, mødesigt og overhalingsigt.

På figurerne 5.1-5.3 er det forudsat, at kurven er så lang, at sigtlængden falder helt inden for horisontalkurven. Endvidere forudsættes det, at trafikanten følger en plan cirkel med radius R_h og skal se en forhindring længere fremme på samme cirkel.

Kurveradius i en lang horisontal kurve kan beregnes ved hjælp af formel 5.1:

$$R_h = \frac{L_{sigt}^2}{8 \times d_{sh}} \quad (5.1)$$

Hvor R_h er kurvens radius [m]
 L_{sigt} er sigtlængden er baseret på V_d [m]
 d_{sh} er afstand til sigthindrende genstand [m]

Det er i formel 5.1 forudsat, at R_h er væsentlig større end d_{sh} .

Ved beregning af stopsigt er d_{sh} sammensat af:

- Afstand fra midte af kørespor til køresporskant (fastsættes normalt til 1,5 m)

- Bredden af en eventuel kantbane
- Bredden af et eventuelt nødspor
- Rabatbredden.

Ovennævnte forudsætninger beskriver øjepunktets placering. Ved fastlæggelse af den nødvendige kurveradius, der skal tilgodese stopsigt, bør der i stedet for halvdelen af køresporsbredden regnes med den fulde køresporsbredde. I praksis vil betydningen heraf være minimal.

For stopsigt langs en kø vurderes bredderne i hvert enkelt tilfælde.

Ved beregning af mødesigt og overhalingssigt er d_{sh} sammensat af:

- Køresporsbredden
- Bredden af en eventuel kantbane
- Bredden af et eventuelt nødspor
- Rabatbredden.

Møde- og overhalingssigt måles fra et øjepunkt til et køretøjspunkt placeret i vejens midterlinje 1 m over kørebanen.

Eksempel på beregning af radius i lang horisontal kurve

For en given 2-sporet strækning med en planlægningshastighed på 80 km/h ønskes beregnet hvilke radier, der tilgodeser stopsigt, mødesigt og overhalingssigt i lange horisontalkurver.

For at tage hensyn til trafikanternes hastighedsadfærd har den projekterende ved beregning af stopsigt valgt at anvende et hastighedstillæg på 20 km/h. Dette er for at imødekomme situationer, hvor der sker en ulykke som følge af, at en bilfører kører hurtigere end planlægningshastigheden, og hvor ulykken med stor sandsynlighed vil ramme andre personer end føreren af den bil, der kører hurtigere end planlægningshastigheden.

Hastighedstillægget betyder, at den dimensionerende hastighed er 100 km/h ved beregning af stopsigt og 80 km/h ved beregning af møde- og overhalingssigt. Der anvendes normalt ikke hastighedstillæg ved beregning af møde- og overhalingssigt.

Standselængden kan beregnes vha. formel 7.4 i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer". I nedenstående er anvendt standselængder for en kurve på vandret vej. I samme håndbog kan mødesigt- og overhalingssigtlængden findes ved tabelopslag i afsnit 7.3.

Den pågældende vej er 2-sporet med en køresporsbredde på 3,0 m og 0,5 m kantbane i begge sider. Rabatten er 1,5 m bred i begge sider. Det betyder, at afstanden til sigthindrende genstand d_{sh} for de enkelte sigtlængder er:

- 3,5 m ved beregning af stopsigt (over rabat) bestående 1,5 m fra køresporskant til køresporsmidte, en kantbanebredde på 0,5 m og rabatbredde på 1,5 m
- 2,25 m ved beregning af stopsigt (langs kø) bestående 1,5 m fra køresporskant til køresporsmidte og en afstand fra køresporskant til bagende af bil i kø på 0,75 m
- 5,5 m ved beregning af mødesigt og overhalingssigt bestående af køresporsbredde på 3,5, en kantbanebredde på 0,5 m og rabatbredde på 1,5 m

Med udgangspunkt i ovennævnte forudsætninger kan de ønskede radier beregnes ved hjælp af formel 5.1. Resultaterne af disse beregninger fremgår af tabel 1.

Sigt	Hastighed	L_{sigt}	d_{sh}	R_{min}
Stopsigt (over rabat)	$V_d = 100$ km/h	160 m	3,5 m	1.000 m
Stopsigt (langs kø)	$V_d = 100$ km/h	160 m	2,25 m	1.500 m
Mødesigt	$V_p = 80$ km/h	240 m	5,5 m	1.400 m
Overhalingssigt	$V_p = 80$ km/h	625 m	5,5 m	8.900 m

Tabel 1 Beregning af minimumsradius for stopsigt (med hastighedstillæg), mødesigt og overhalingssigt på en lige og vandret vej. Radier er rundet op til nærmeste 100 m.

De vejgeometriske konsekvenser ved ikke at anvende hastighedstillæg ved beregning af stopsigt kan gennemføres ved at reducere den dimensionerende hastighed. Resultatet af denne beregning fremgår af tabel 2.

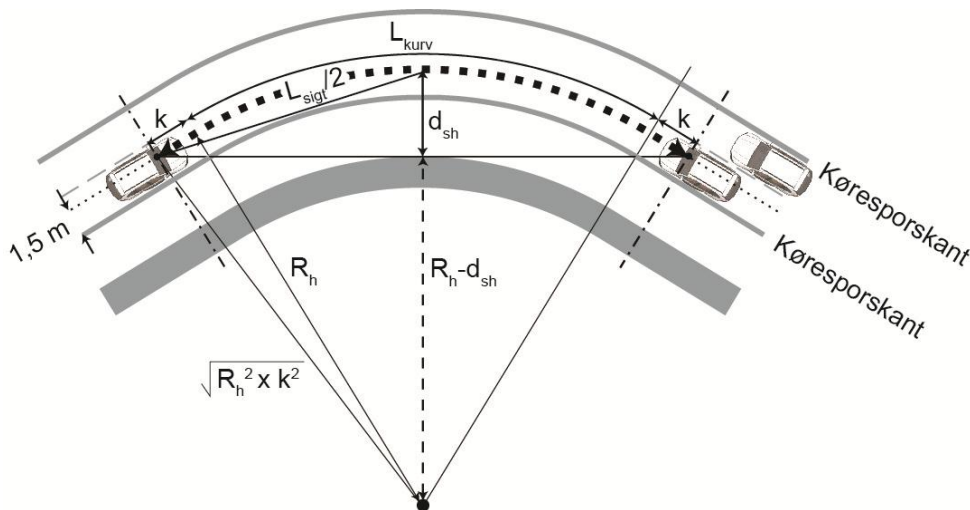
Sigt	Hastighed	L_{sigt}	d_{sh}	R_{min}
Stopsigt (over rabat)	$V_d = 80$ km/h	111 m	3,5 m	500 m
Stopsigt (langs kø)	$V_d = 80$ km/h	111 m	2,25 m	700 m

Tabel 2 Beregning af minimumsradius for stopsigt (uden hastighedstillæg) på en lige og vandret strækning. Radier er rundet op til nærmeste 100 m.

5.5.2 Sigt i kort horisontalkurve (kortere end sigtlinjen)

I de tilfælde, hvor kurven er kortere end sigtlinjen, er oversigtsforholdene noget bedre, og det er på den sikre side at anvende de i figur 5.1, 5.2 og 5.3 angivne værdier eller formel 5.1 for lang kurve.

Det er dog også muligt at gennemføre en eksakt beregning. Den situation, hvor der er dårligst oversigt, er når kurven ligger midt i mellem øjepunkt og objektpunkt, se figur 5.4.



Figur 5.4 Oversigtsforholdene i en kort horisontalkurve.

Kurveradius i en kort horisontal kurve kan beregnes ved hjælp af formel 5.2:

$$(2 \times L_{sigt} - L_{kurv}) \times L_{kurv} = 8 \times R_h \times d_{sh} \quad (5.2)$$

Hvor L_{sigt} er sigtlængden er baseret på V_d [m]
 L_{kurv} er kurvens længde [m]
 R_h er kurvens radius [m]
 d_{sh} er afstand til sigthindrende genstand [m]

En vej bør ikke tracers med radier, der lige netop giver mødesigt, da trafikanterne vil opleve, at en sådan vej giver utilfredsstillende overhalingsforhold.

5.5.3 Kørselsdynamik

En kurve skal kunne gennemkøres med planlægningshastigheden, hvis den resulterende sidehældning er 70 ‰, uden, at de maksimalt tilladelige sidefriktionskoefficienter (se kapitel 8) overskrides. Så små radier må kun anvendes, hvis længdefaldet er ubetydeligt, og hvis man er i stand til at sikre tilstrækkelige oversigtsforhold.

5.5.4 anbefalinger

Veje med en planlægningshastighed mindre end 70 km/h dimensioneres for stopsigt. Dog etableres 1-sporede veje med dobbeltrettet trafik (herunder 2÷1 veje) for mødesigt.

2-sporede veje med en planlægningshastighed større end eller lig 70 km/h gives normalt radier, så der er mere end mødesigt.

2-sporede veje med en planlægningshastighed over 70 km/h bør dimensioneres, så der er overhalingssigt på store dele af vejen.

For 4- og 6-sporede veje bør det vurderes, om der er risiko for kø f.eks. ved frakørsler, og her bør der dimensioneres for stopsigt ved kø.

En vejstrækning bør tracéres med radier af nogenlunde ens størrelse, og hvis dette ikke er muligt med radier uden store spring (se i øvrigt afsnit 7.5).

5.5.5 Trafiksikkerhed

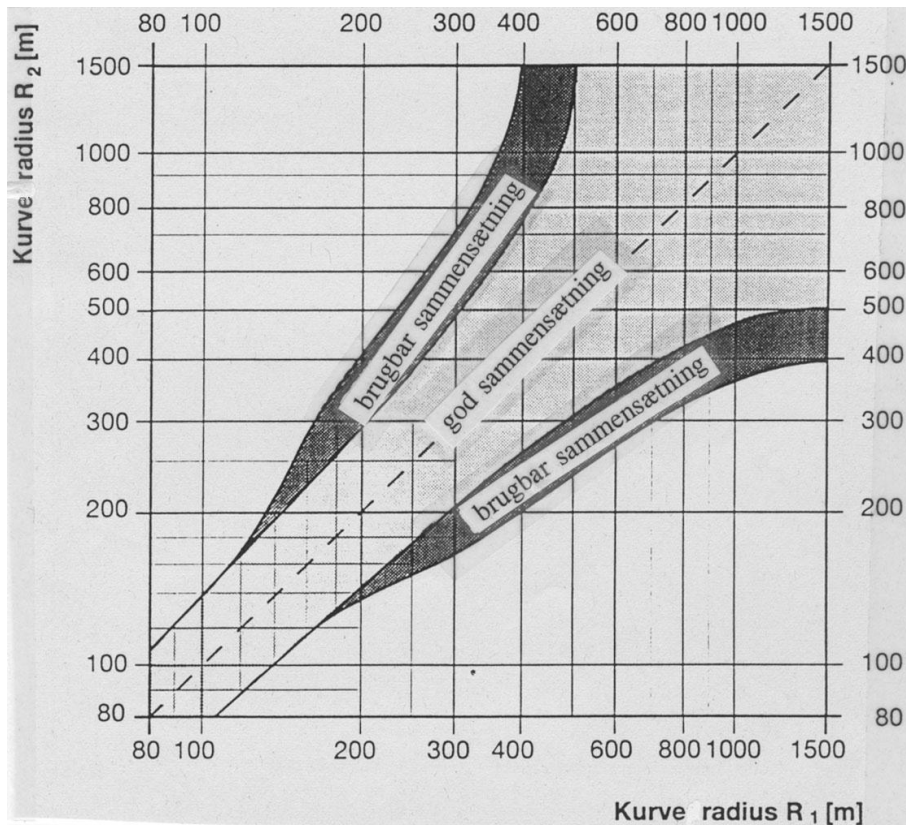
Kurver med radius under 400 m har ofte en ret stor uheldsfrekvens, specielt hvis de følger efter en længere ret linje. Dette gælder kun ved hastigheder større end 70 km/h.

Reglerne i figur 5.5 bør i øvrigt være overholdt.

Længde af ret linje	Mindste radius
$l = 300$ m	min $R > 400$ m
$l < 300$ m	min $R > l$

Figur 5.5 Mindste kurveradius efter ret linje.

Sammensatte kurver skal af hensyn til trafiksikkerheden vælges svarende til figur 5.6.



Figur 5.6 Krav til nabokurver i horisontalkurven.

5.5.6 Æstetik

Kurve radius skal vælges i harmoni med det landskab, som vejen skal placeres i. Ved sammensatte ensvendte cirkelbuer bør forholdet mellem den mindste og den største radius være mindst 0,7 af æstetiske og sikkerhedsmæssige grunde.

Nabokurver, hvor fællestangenten er kortere end to gange den mindste radius, bør have et indbyrdes størrelsesforhold i henhold til figur 5.6.

For kurver mellem rette linjer bør vinkelændringer under 15° normalt undgås, hvis de rette linjer kan ses sammen.

Såfremt små vinkelændringer (mindre end 5°) er nødvendige, bør kurvelængden af æstetiske grunde være mindst 30 gange kørebanebredden. Ved valg af en passende stor radius kan overhøjde i kurven undgås jf. figur 8.5.

5.5.7 Overhalingsforhold

Ved valg af kurveradius bør der tages hensyn til overhalingsforholdene, så der med passende mellemrum skabes overhalingsmuligheder (overhalingssigt).

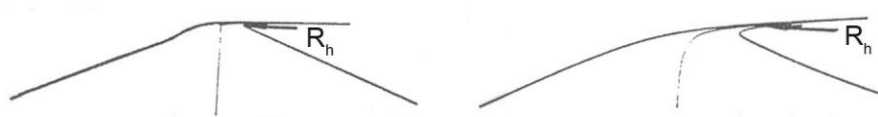
For kurvede veje kan overhalingsstrækningen forbedres i S-kurver ved at indlægge en ret linje mellem de to kurver.

Hvis rimelige overhalingsmuligheder ikke kan etableres, f.eks. ved lange ensvendte kurver, bør det overvejes at udføre vejen med mindre kurveradier og med længere retlinjede strækninger imellem. Alternativt kan det overvejes at udføre vejen som en 2+1 vej jf. håndbogen "Tværprofiler i åbent land" (2013).

5.6 Overgangskurver

Overgangskurver medfører en gradvis ændring af sideaccelerationen, med de deraf følgende komfort- og sikkerhedsmæssige fordele.

Også set fra et æstetisk synspunkt er overgangskurver fordelagtige.



Figur 5.7 Kurve uden og kurve med overgangskurve.

Det tilsyneladende knæk, se den venstre del af figur 5.7, når der ikke indlægges en overgangskurve, forårsages af, at der skal etableres overhøjde inden kurven, hvilket i det perspektiviske billede medfører et udadgående knæk i den yderste kørebanelinje.

De visuelle fordele ved overgangskurver gør sig ikke blot gældende på store veje. Det kan derfor anbefales at benytte overgangskurver også på små veje og på stier.

Overgangskurver benyttes især til at forbinde retlinjede strækninger og cirkelbuer eller til at sammenknytte cirkelbuer med forskellige radier. Overgangskurver kan også anvendes som selvstændigt hovedelement.

Det anbefales altid at anvende overgangskurver på veje, hvor planlægningshastigheden er 80 km/h eller derover. På strækninger med lavere hastigheder bør overgangskurver overvejes i det enkelte tilfælde.

S-kurver må ikke forekomme uden enten overgangskurver eller ret linje mellem de to cirkelbuer.

Ved kurveradier under 500 m, specielt efter en længere ret linje, bør anvendelsen af lange overgangskurver vurderes, idet en overgangskurve kan gøre det vanskeligt for trafikanten at vurdere kurveradius med deraf følgende risiko for uheld. Der kan eventuelt anvendes en meget lille overgangskurve.

5.6.1 Klotoider

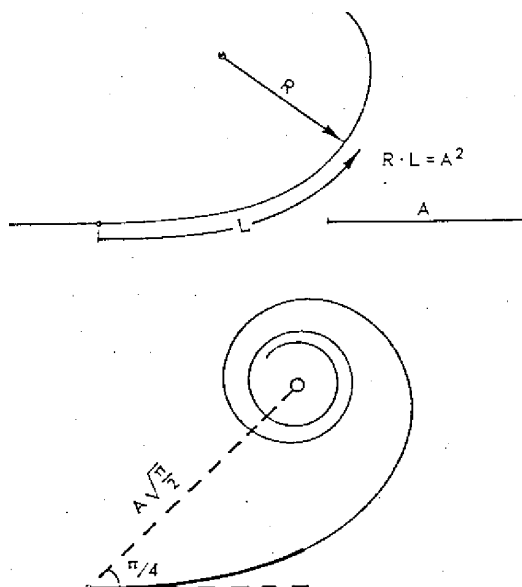
Som overgangskurve har klotoiden den egenskab, at krumningen tiltager konstant gennem kurven ved konstant hastighed. Det svarer til, at rattet drejes med konstant vinkelhastighed, og betyder, at også sideaccelerationen tiltager lineært.

Enkeltklotoiden anvendes som overgang mellem en ret linje og en cirkelbue.

Mellem modsatrettede cirkelbuer anvendes vendeklotoiden som overgangskurve. Den består af to enkeltklotoider med fælles uendeligheds punkt.

Mellem sammensatte ensvendte cirkelbuer med forskellige radier anvendes ægklotoiden, som er en del af en klotoid.

Klotoiden er en spiral, og det er kun den første del af klotoiden, der anvendes som overgangskurve. Klotoiden ses på figur 5.8.



Figur 5.8 Klotoid.

Klotoiden beskrives ved formel 5.7:

$$L \times R_h = A^2 \quad (5.7)$$

Hvor L er overgangskurvens længde [m]
 R_h er cirkelens radius
 A er klotoidparameteren

Klotoidparameteren bestemmer klotoidens størrelse.

Sædvanligvis beregnes klotoider ved hjælp af CAD-programmer som en del af linjeføringsberegningen.

5.6.2 Valg af klotoidestørrelse

Når klotoiden anvendes som overgangskurve, er cirkelbuens radius kendt, og det gælder da om at vælge en klotoidparameter, således at klotoiden får en passende længde.

Klotoidens visuelle virkning skal være tydelig. Dette sikres ved, at klotoidparameteren A har en passende størrelse i forhold til cirkelbuens radius R_h .

Klotoideparameteren bør vælges relativt større, jo mindre cirkelbuens radius er. Som vejledning kan benyttes følgende:

$$R_h < 300-400 \text{ m:} \quad 1/2 R_h \leq A \leq 2/3 R_h$$

$$300-400 \text{ m} < R_h < 4000-5000 \text{ m:} \quad 1/3 R_h \leq A \leq 1/2 R_h$$

$$R_h > 4000 - 5000 \text{ m:} \quad 1/5 R_h \leq A \leq 1/3 R_h$$

Kravet om $A < 1/2 R_h$, når $R_h < 300 - 400 \text{ m}$, er ikke blot æstetisk, men også kørselsdynamisk begrundet, idet det skal sikre, at rykket ikke bliver for stort. Man skal imidlertid, specielt ved projektering af mindre veje, være opmærksom på, at sådanne klotoider bliver relativt lange.

Vedrørende valg af klotoideparameter på ramper henvises til håndbogen "Topplanskryds i åbent land".

Overgangskurver ved små radier kan medføre uheld, idet overgangskurven gør det vanskeligt for trafikanten at vurdere kurvens radius og dermed finde den passende hastighed, se også afsnit 5.5.5.

Baggrunden for ovennævnte anbefalinger af klotoidestørrelser er følgende:

1. Overhøjde bør kunne tilvejebringes gennem overgangskurven med en stigningsforskel mellem de 2 kørebaneanter på højst 6 ‰. Regnes med en tagformet kørebane med bredden b på den retlinjede strækning og en sidehældning i_r på

$$i_r = \frac{v_p^2}{2 \times R_h \times g} \quad (5.8)$$

skal A være:

$$A \geq v_p \times \sqrt{8,5 \times b} \quad (5.9)$$

v_p indsættes i m/s og b i m. Anvendes en anden sidehældning i kurven, eller er kørebanelan ikke tagformet, fås et ændret krav til A .

2. Den hastighed, hvormed sideaccelerationen vokser, det såkaldte ryk, bør af komfortsyn ikke overstige $0,5 \text{ m/s}^3$, hvilket betyder, at:

$$A \geq \sqrt{2 \times v_p^3} \quad (v_p \text{ indsættes i m/s}) \quad (5.10)$$

3. Klotoiden skal have en passende vinkeldrejning, hvilket normalt vil sige mindst 3° , hvilket betyder, at:

$$A \geq \frac{1}{3} \times R_h \quad (5.11)$$

For $R_h > 4.000-5.000$ m vil brug af større klotoideparametre end nævnt ovenfor medføre meget lange næsten retlinede stræk i nærheden af klotoidernes uendelighedspunkter, hvilket vil være særlig udtalt ved vendeklotoider mellem store modsat vendte cirkelbuer. Dette kan dels være æstetisk utilfredsstillende, og dels give problemer med at finde det rette sted for vending af vejens tværfald.

I flade eller storlinede landskaber kan der opstå det problem, at en vendeklotoide bliver for kort, hvorved vejforløbet kommer til at fremtræde stærkt slynget. Der kan da indlægges en kort retlinet strækning udført med tagformet tværsprofil, mellem de to modsat vendte klotoider.

På veje med radier større end ca. 1.000 m kan en klotoide anvendes som et selvstændigt tracéringselement, idet klotoideparameteren vælges så stor som $A=R_h$. På veje med meget små radier kan dette imidlertid være sikkerhedsmæssigt uheldigt, idet vejen ender med at krumme langt kraftigere, end det ser ud til ved indgangen til kurven.

Endelig kan en meget stor klotoideparameter benyttet på hver side af en cirkelbue føre til, at cirkelbuen bliver meget kort. Dette er æstetisk uheldigt, idet det giver indtryk af et knæk i linjeføringen.

Mellem ensvendte cirkelbuer bør der ligeledes, hvis forholdet mellem radierne er mindre end ca. 0,7, indlægges en overgangskurve - en ægklotoide. Klotoideparameteren vælges her i intervallet $\frac{1}{2} R_h < A < R_h$, hvor R_h er den mindste cirkelbues radius.

5.7 Stier

Stier, der udgør en del af en vej, har normalt samme linjeføring som vejen. I det åbne land kan det dog være hensigtsmæssigt at placere stierne (cykelstierne) med afvigelser fra vejens linjeføring, da denne er bestemt af biltrafikkens krav og kan virke monoton på cyklisterne.

5.7.1 Stier som en del af vejen

Stierne kan anlægges som enkeltrettede eller dobbeltrettede stier. Dobbeltrettede stier har normalt en større uheldsfrekvens. Der bør normalt etableres en skillerabat mellem kørebane og sti, jf. håndbogen "Tværsprofiler i åbent land" (2013).

Ved kryds er det af hensyn til svingende store køretøjer hensigtsmæssigt, at der ikke er nogen skillerabat og stien skal have et forløb, så chaufføren kan se stitrafikanten 70 m bagud til højre, jf. håndbøgerne "Planlægning af vejkryds i åbent land" og "Prioriterede vejkryds i åbent land".

Normalt følger stien kørebanen i skillerabattens afstand og har dermed kørebanens linjeføring. Ved buslommer, vigepladser og svingbaner kan cykelstien få nogle bratte forløb, og her bør stien gives en selvstændig linjeføring ud fra kørselsdynamik og oversigtsforhold, således at de bratte forløb undgås.

Ud fra disse hensyn planlægges linjeføringen for stien.

5.7.2 Stier i eget tracé

Stier i eget tracé bør af æstetiske grunde etableres i så stor afstand fra vejen, at de to færdselsårer med sikkerhed opfattes som adskilte. Dette kan understreges ved hjælp af beplantning. Det anbefales, at stier i eget tracé på strækninger er mindst 5 m fra vejen eller uden for eventuel skrånning eller grøft. Stien skal udformes, så stitrafikanterne ikke er i tvivl om, hvor den fører hen.

Trafikstier bør planlægges, så de etablerer meget direkte forbindelser. Hvis veje og sådanne cykelstier ikke kan placeres, så de giver lige korte forbindelser, bør biltrafikken pålægges den længste vej, så det undgås, at cyklisterne benytter bilvejen. Stier, hvis formål navnlig er rekreativt, kan derimod planlægges med større vægt på et afvekslende forløb.

Stiforløbet bør være afvekslende og æstetisk tilfredsstillende, hvilket man kan opnå blandt andet ved at tilpasse stien til omgivelserne. I selve linjeføringen bør man søge at undgå lange rette linjer og korte rette linjer mellem ensvendte horisontalkurver.

Uden for byer vil man undertiden kunne sammensætte et stiforløb ved på delstrækninger at benytte eksisterende mindre trafikerede lokalveje.

Den bedste linjeføring opnås ved at anvende klotoider, hvilket giver et mere glidende forløb af stiafgrænsningen. Især i kuperet terræn er dette af betydning for opnåelsen af bedst mulig tilpasning mellem sti og landskab.

Klotoidparameteren bør normalt ligge i intervallet fra $1/4 R_h$ til $1/2 R_h$. I kurver med lille radius kan parameteren dog antage værdien R_h .

Ved S-kurver kan det overvejes at etablere overgangskurver eller ret linje mellem de to cirkelbuer.

5.7.3 Horisontalradius

Fastsættelsen af horisontalradius kan baseres på kørselsdynamik eller på oversigtsforhold.

Kørselsdynamik

For stier på landet vil knallertrafik normalt være tilladt.

Ned ad bakke vil hastigheder på 40-50 km/h ikke være usædvanlige.

En sti som en del af en vej vil ofte ligge med fald væk fra kurvens centrum (falsk overhøjde), f.eks. ved buslommer og vigepladser, hvilket kombineret med kraftigt længdefald kan give anledning til uheld.

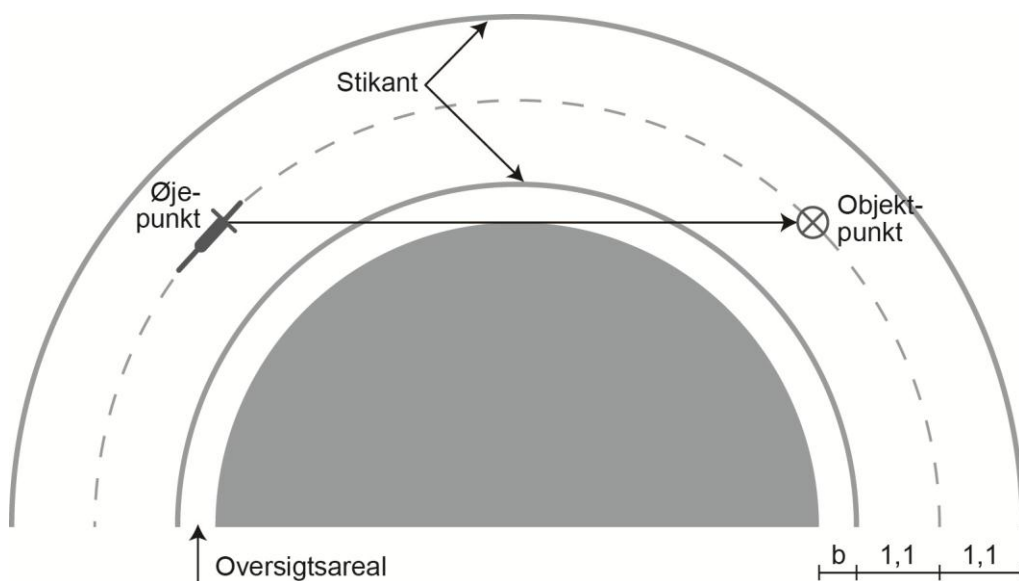
På strækninger med længdefald større end 30 ‰ bør falsk overhøjde undgås i kurver med radius mindre end 50 m. Endvidere bør skarpe kurver ved foden af bakker forvarsles, så stitrafikanterne har mulighed for at nedsætte hastigheden inden kurven.

Oversigtsforhold

Der skal være stopsigt på alle typer stier. Stopsigt vil normalt være til stede med sigt hen over rabatarealer. Imidlertid kan rabatbredden være helt ned til 0,3 m uden for kørearealets kant.

Oversigtsberegninger for en sti kan gennemføres analogt til beregningerne for biltrafik ved hjælp af formel 5.1. Standselængderne på stier med henholdsvis cykel- og knallertrafik kan findes i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer".

Figur 5.9 viser beregningsforudsætninger for beregning af de værdier for mindste horisontalradier som fremgår af figur 5.10.



Figur 5.9 Forudsætninger for beregning af oversigt på 2,2 m brede ensrettede stier.

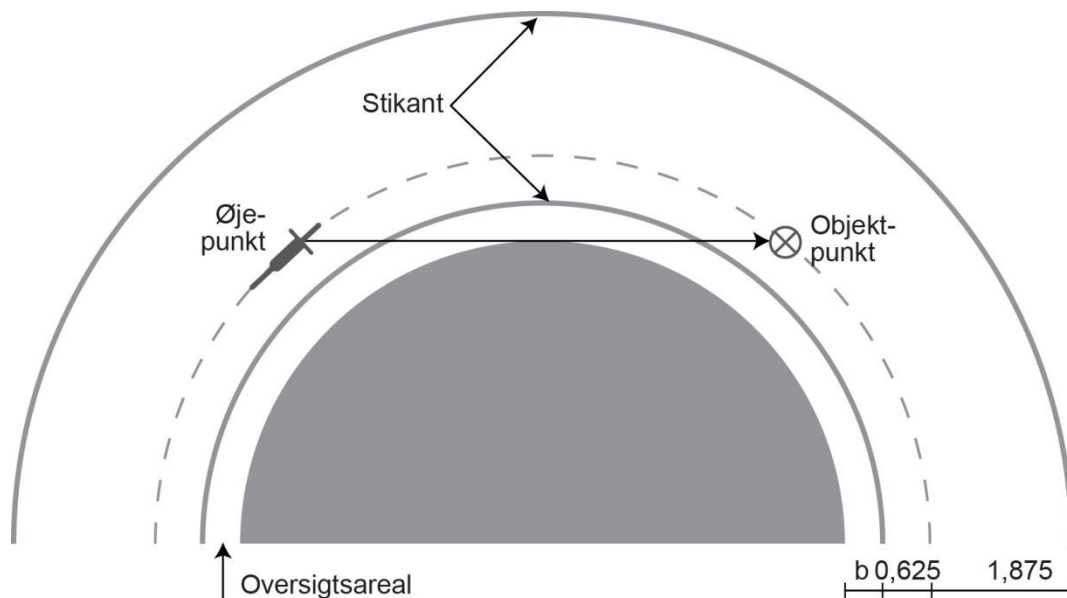
I figur 5.10 er angivet mindste horisontalradier for stier med og uden knallertrafik på vandret strækning og ved stigning henholdsvis fald på 50 ‰ for en 2,2 m bred sti med henholdsvis 1,0 m og 0,3 m rabatbredde (b). Op ad bakke er der for knallertkørere forudsat samme hastighed som på vandret strækning, mens cyklister vil have lavere hastighed op ad bakke.

Stitype	Gradient (‰)	Stopsigt, $d_{sh}=2,1$ m	Stopsigt, $d_{sh}=1,4$ m
Sti kun med cykeltrafik	+50	20 m	29 m
	0	41 m	61 m
	-50	143 m	215 m
Sti med knallertrafik	+50	58 m	86 m
	0	69 m	104 m
	-50	353 m	530 m

Figur 5.10 Mindste horisontalradier baseret på stopsigt.

De angivne længder i figur 5.10 sikrer stopsigt i henhold til de kørselstekniske grundværdier, som er anført i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer", og forudsætningerne angivet i figur 5.8, hvis der er oversigt over henholdsvis et 1,0 og 0,3 m bredt rabatareal uden for stikanten.

På dobbeltrettede stier vil det være hensigtsmæssigt at etablere mødesigt. Forudsætningerne for beregning af mødesigt fremgår af figur 5.11. Krav om mødesigt vil medføre store horisontalradier. I sådanne situationer kan det i stedet overvejes at etablere en bredere rabat for at tilvejebringe de nødvendige sigtlængder.



Figur 5.11 Forudsætninger for beregning af oversigt på 2,5 m brede dobbeltrettede stier.

Eksempel på beregning af radier i horisontal kurve på dobbeltrettet sti med knallertrafik

For en given dobbeltrettet sti med knallertrafik ønskes beregnet hvilke radier, der tilgodeser stopsigt og mødesigt.

Standselængden kan aflæses i afsnit 7.3 i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer". Mødesigtlængden er lig to gange standselængden.

Den pågældende sti har en gradient i_t på 0 og er 2,5 m bred med 1,5 m yderrabatter. Herved er afstanden til sigthindrende genstand d_{sh} lig 2,125 m bestående af 0,625 m mellem stitrafikant og stikant og 1,5 m yderrabat.

Med udgangspunkt i ovennævnte forudsætninger kan de ønskede kurveradier beregnes ved hjælp af formel 5.1. Resultaterne af disse beregninger fremgår af tabel 1.

Sigt	i_t	L_{sigt}	d_{sh}	R_{min}
Stopsigt	0	34 m	2,125 m	70 m
Mødesigt	0	68 m	2,125 m	275 m

Tabel 1 Beregning af minimumsradius for stopsigt og mødesigt på vandret sti. Radier er rundet op til nærmeste 5 m.

6 LÆNGDEPROFIL

6.1 Generelt

Længdeprofilet er en afbildning af vejens vertikale forløb langs stationeringslinjen. Længdeprofilet for en vej er i høj grad afhængigt af den valgte linjeføring sammenholdt med det terræn, som vejen gennemløber.

Længdeprofilet består af rette linjestykker og cirkelbuer, som betegnes vertikalkurver.

6.2 Gradient

Ved en vejs eller stis gradient forstås dens længdefald eller stigning.

Gradienten i_t angives i promille, med positivt fortegn for stigning og negativt fortegn for fald, regnet i stationeringsretningen.

6.2.1 Strækninger

Længdeprofilet bør søges anlagt med så svage stigninger som muligt under hensyn til terrænforholdene samt adgangsforholdene til ejendommene ved vejen. Desuden har stigninger også indflydelse på bilernes hastighed, idet specielt tunge køretøjers hastighed er følsom over for stejle stigninger.

Stærkt fald giver tunge køretøjer problemer med at bremse og styre, og medfører høje cykelhastigheder.

Jo højere hastighedsklasse for vejen, des mindre gradient kan accepteres, og under alle omstændigheder bør den ved nyanlæg ikke overstige 60 ‰.

Den maksimale resulterende hældning på kørebanen bør ikke overstige 70 ‰, hvilket begrundes i at bilerne skal kunne manøvrere selv på isglatte veje med ekstremt lav friktion.

Gradienter større end 30 ‰ kan betyde langsgående skyl i vejrabatter og dermed erosion, især hvis vejen har ensidigt tværfald.

For veje, hvor vandet opsamles ved kørebanekanten, vil fald mindre end 5 ‰ medføre, at der skal træffes særlige foranstaltninger for at lede vandet væk fra kørebanekanten, f.eks. tættere liggende brønde eller en vandrende med større fald.

6.2.2 Ekstra spor

På frie strækninger, hvor der ikke er særlige forhold, som reducerer hastighedsniveauet, vil det være den vertikale geometri, der bestemmer den tunge trafiks hastighedsprofil. Ved lange strækninger med stigning over 35 ‰ vil den tunge trafiks hastighed blive nedsat væsentligt og, det bør da overvejes at etablere et ekstra spor til den tunge trafik.

Der er til denne håndbog udarbejdet en model, som kan anvendes til at beregne, hvornår der bør etableres et ekstra spor til tung trafik. Modellen kan også anvendes til at bestemme længden af det ekstra spor.

I modellen indtastes indledningsvist et forenklet stigningsforløb, hvorefter hastighedsgrænsen og det hastighedstab for den tunge trafik, hvorved det ekstra spor ønskes påbegyndt. Som udgangspunkt påbegyndes det ekstra spor, hvor hastigheden falder med 15 km/h, og afsluttes hvor hastigheden igen er 10 km/h under vejens hastighed.

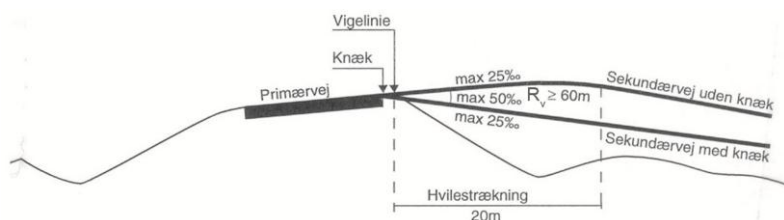
Hvis hastighedsnedsættelsen for lastbiler er større end 15 km/h bør det på større veje overvejes at anlægge et ekstra kørespor op ad bakken, hvis strækningen er længere end 400 m.

6.2.3 Vejkryds

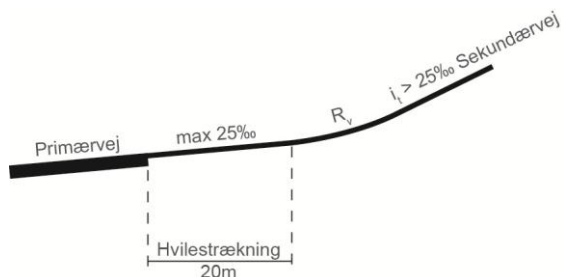
Det bør om muligt undgås at anlægge vejkryds, hvor en trafikvejs gradient er større end 25 ‰.

Rundkørsler og strækningerne 20 m på begge sider af disse bør aldrig have en gradient større end 25 ‰.

Sekundærvejen bør aldrig have større længdefald eller stigning end 25 ‰ på en hvilestrækning af 20 m, målt fra vigeinjen på sekundærvejen.



Figur 6.1 Tilslutning af sekundærvej med stigning mod primærvejen.



Figur 6.2 Tilslutning af sekundærvej med fald mod primærvejen.

Længdeprofilets tilslutning til cirkulationsarealet kan udføres med et knæk. Differencen mellem vejgrenens længdegradient og cirkulationsarealets sidehældning bør da ikke overstige 50 ‰. Et knæk i længdeprofilet kan være en fordel af hensyn til:

- Formindskelse af højdeforskellen mellem vejgrenen og omgivelserne kan give op til 10 cm forskel i højden
- Forbedring af sigt til vigelinje, når de to længdegradienter hælder væk fra hinanden (konvekst knæk)
- Eventuel bedre styring af, at overfladevand ikke løber ud på cirkulationsarealet.

I en rundkørsel kan vejgrenenes længdeprofil tilsluttes til cirkulationsarealet ved den ydre begrænsningslinje med en afrundingskurve på mindst 60 m af hensyn til bussers og specialkøretøjers passage. Dette giver den æstetisk pæneste løsning.

Vejgrenenes tværhældning tilpasses cirkulationsarealets hældning ved den ydre begrænsningslinje ved en vipning af de to kørebanelhalvdele over så kort en strækning som muligt. Der bør dog normalt være højst 10 ‰ forskel mellem længdegradienterne i siderne af et kørespor.

Ved meget små længdegradienter på vejgrene kan det være nødvendigt at udføre en partiel vipning eller vandrende højderyg for at undgå for store vandhindetykkelser.

Hvor der færdes fodgængere ved en rundkørsel, bør et eventuelt areal med lille hældning placeres, så risikoen for oversprøjtning af fodgængere fra større vandhindetykkelser bliver mindst mulig.

Et 4-benet signalreguleret kryds kan passeres med høj hastighed på tværs af den vej, der har tagformet eller ensidigt hældende tværprofil. For ikke at skabe et utilsigtet bump skal længdeprofilen udformes specielt, f.eks. med større vertikalkurver eller mindre tværhældning på den vej, der krydses.

6.2.4 Broer

Der er normalt tilstrækkeligt fald på tværprofilelementerne til at sikre afløb fra disse til dybdelinjerne. Visse steder kan det dog være nødvendigt af hensyn til vandafledningens effektivitet at etablere større fald eller modfald i tværprofilelementerne på broerne, end vejens generelle tracé betinger (et typisk eksempel herpå er vendekurver beliggende på broer).

Længdefaldet i dybdelinjer i belægning og konstruktionsbeton bør være mindst 10 ‰ for at opnå en tilfredsstillende afvanding af overfladevand og eventuelt drænvand. Dette bør så vidt muligt etableres ved at vejens længdefald på broen er mindst 10 ‰. Såfremt der ikke kan etableres så stort længdefald, bør der etableres kunstigt fald i dybdelinjer eventuelt kombineret med ekstra nedløbsbrønde og dryprør på broen.

Det er af afgørende betydning, at der ved fastlæggelse af den overførte vejs længdeprofil tages hensyn til afvandingen. Erfaringer viser, at der er sammenhæng mellem utilstrækkeligt længdefald og antal af skader som følge af vandgennemsvævninger.

Ved kortere broer indtil ca. 15 m længde er egenvægten ikke så afgørende ved broens dimensionering, hvorfor drænavvandingen klares i længderetningen ved ikke at udføre overside af konstruktionsbetonen parallel med broens overside, men med tagformet profil eller ensidigt fald i længderetningen på mindst 25 ‰. Der etableres også ved disse broer kontrabanket i såvel belægning som konstruktionsbeton langs kantbjælken.

6.2.5 Jernbaneoverkørsler

Den krydsende vejs længdeprofil må på en hvilestrækning, de nærmeste 20 m fra stoplinjen ikke have større fald eller stigning end 25 ‰.

Hvor dette ikke kan opnås ved anvendelse af de normale afrundingsradier, kan længdeprofilets afrundingsradius nedsættes, men radius bør normalt ikke være mindre end 500 m.

Vejens længdeprofil imellem stoplinjerne bør så vidt muligt være retlinet uden lunger og pukler. Ujævnheder i længdeprofilet kan medføre, at f.eks. snerydningsmateriel i så fald kan ødelægge sporkonstruktionerne.

Vejprofilet bør udformes, således at vejvand ledes bort fra området mellem stopstregerne.

Hvor jernbanen er beliggende i horisontal kurve, skal vejens længdeprofil tilpasses skinnernes overhøjde i en jævn kurve.

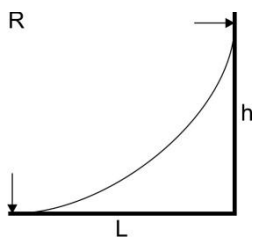
Belægning i og ved spor bør være udformet således:

- At jernbaneoverkørslen kan passeres af vejtrafikken uden væsentlig nedsat komfort og hastighed
- At vejtrafikkens passage af jernbaneoverkørsel ikke påfører omgivelserne væsentlig øget støjbelastning
- Af hensyn til afmærkning på kørebanen, minimering af tilsmudsning af afmærkning og signaler samt hindring af grus og sten i sporriller bør kørebanelægningen de nærmeste 15 m på hver side af en jernbaneoverkørsel være udført med asfalt eller anden tilsvarende fast belægning.

6.3 Vertikalkurver

Som vertikalkurver anvendes cirkelbuer. Til mindre beregninger kan cirkelbuen tilnærmes til en parabel med formel 6.1:

$$h = \frac{L^2}{2 \cdot R} \quad (6.1)$$



Figur 6.3 Afrunding mellem rette linjer.

Vertikalkurvernes radius bestemmes ud fra hensyntagen til oversigt, komfort og æstetik.

6.3.1 Konvekse vertikalkurver

Mindsteradius for konvekse vertikalkurver bestemmes først og fremmest af oversigtsforholdene. Oversigtsforholdene beregnes som beskrevet i afsnit 6.4.

Som hovedregel gælder, at:

- Alle veje skal have stopsigt til et objekt på kørebanen
- 2-sporede veje skal udføres med dobbelt spærrelinje, når der ikke er mødesigt ved den tilladte hastighed
- En vej bør ikke traceres med lange vertikalkurver, som har radier, der lige netop giver mødesigt, da trafikanterne vil opleve, at en sådan vej giver utilfredsstillende overhalingsforhold.

For at tilgodese komfort, så kørsel i vertikalkurver ikke skal føles ubehagelig, må centrifugalaccelerationen højst være $0,5 \text{ m/s}^2$. Dette gælder, hvad enten der er tale om konvekse kurver eller konkave kurver. Betingelsen kan udtrykkes som:

$$\frac{v_p^2}{R_v} \leq 0,5 \text{ eller } R_{v,min} = 2 \times v_p^2 \quad (6.2)$$

Hvor v_p er planlægningshastigheden [m/s]
 R_v er vertikalkurvens radius [m]

6.3.2 Konkave vertikalkurver

Mindsteradius for konkave vertikalkurver bestemmes af komfort, oversigt under broer samt af, at bilernes lys skal kunne belyse kørebanen. Endvidere skal en række æstetiske krav tilgodeses.

Ved små vinkler mellem de rette linjer i længdeprofilet skal det af æstetiske hensyn sikres, at kurvelængden angivet i meter mindst er lig planlægningshastigheden i km/h. Heraf fås, at:

$$R_{v,min} = \frac{V_p}{\Delta i_t} \quad (6.3)$$

Hvor V_p er planlægningshastigheden [km/h]
 Δi_t er stigningsændringen i rent tal

Det vil normalt være æstetisk bedst, hvis konvekse vertikalkurver placeres i afgravninger og konkave vertikalkurver i påfyldning.

I konkave vertikalkurver gælder de samme komfortmæssige hensyn som for konvekse vertikalkurver, jf. formel 6.2.

Der bør normalt ikke indføres et kort retlinet stykke i længdeprofilet mellem to ensvendte kurver, især konkave. Den rette linje bør da erstattes af en eller flere cirkelbuer.

Kapitel 7 indeholder en detaljeret gennemgang af de æstetiske hensyn, som skal tages, når længdeprofilet og dets sammenhæng med linjeføringen skal fastlægges.

6.4 Beregning af radier i vertikalkurver baseret på oversigt

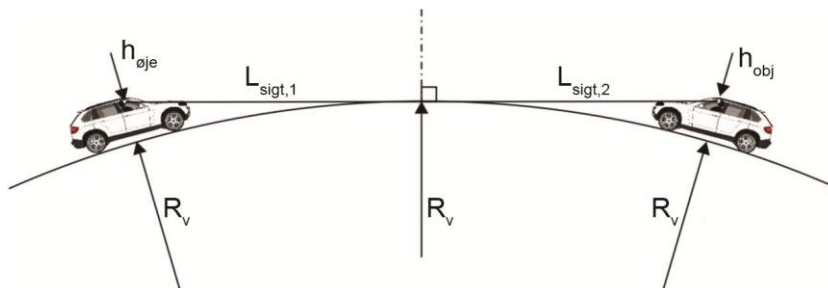
Oversigtsproblemet er forskelligt i konvekse og i konkave vertikalkurver. Over en bakketop er det selve vejen eller terrænet, der begrænser udsynet. I en konkav kurve kan det f.eks. være en bro. I begge tilfælde spiller øjets højde over kørebanen en væsentlig rolle. Jo lavere føreren sidder, des ringere udsyn over bakken, men des bedre udsyn under broen. I konvekse kurver regnes der med en øjepunktshøjde på 1,0 m. I konkave kurver regnes der med en øjepunktshøjde på 2,5 m, svarende til en højt placeret lastbilchauffør.

Der anvendes en objektpunktshøjde h_{obj} på henholdsvis 0,5 m for motorveje og 0,3 m for øvrige veje.

Hvis vejen ikke er retlinet, kan bevoksning uden for kørebanen få betydning for sigtberegninger, jf. afsnit 4.5.

6.4.1 Sigt i lang konveks vertikalkurve

Oversigtsforholdene i en lang konveks vertikalkurve fremgår af figur 6.4.



h_{obj} kan være et objekt på kørebanen (0,5 m på motorveje eller 0,3 på øvrige veje) ved stopsigt eller en modkørende bil (1,0 m) ved mødesigt og overhalingssigt.

Figur 6.4 Oversigt i en lang, konveks vertikalkurve.

Kurvens radius kan beregnes af formel 6.4:

$$R_{v,min} = \frac{L_{sigt}^2}{2 \times (\sqrt{h_{øje}} + \sqrt{h_{obj}})^2} \quad (6.4)$$

Hvor L_{sigt} er sigtlængden er baseret på V_d [m]

$h_{øje}$ er øjepunktshøjden

h_{obj} er objektpunktshøjden som enten kan være et objekt på kørebanen ved stopsigt eller en modkørende bil ved mødesigt og overhalingssigt

Sammenhængen mellem stopsigtlængden L_{stop} , stigningsændringen Δi_t (*i heltal*) og radius R_v i en lang konveks vertikalkurve fremgår af figur 6.6, til højre for den stiplede linje. Afhængigheden mellem møde- og overhalingssigtlængden $L_{møde}/L_{over}$, Δi_t og R_v fremgår tilsvarende af figur 6.7.

Eksempel på beregning af radius i konvekse vertikale kurver

For en given 2-sporet strækning med en planlægnings hastighed (skiltet hastighed) på 80 km/h ønskes beregnet hvilke radier, der tilgodeser stopsigt, mødesigt og overhalingssigt i konvekse vertikalkurver.

For at tage hensyn til trafikanternes hastighedsadfærd har den projekterende ved beregning af stopsigt valgt at anvende et hastighedstillæg på 20 km/h. Dette er for at imødekomme situationer, hvor der sker en ulykke som følge af, at en bilfører kører hurtigere end planlægningshastigheden, og hvor ulykken med stor sandsynlighed vil ramme andre personer end føreren af den bil, der kører hurtigere end planlægningshastigheden.

Hastighedstillægget betyder, at den dimensionerende hastighed er 100 km/h ved beregning af stopsigt og 80 km/h ved beregning af møde- og overhalingssigt. Der anvendes normalt ikke hastighedstillæg ved beregning af møde- og overhalingssigt.

Standselængden kan beregnes vha. formel 7.4 i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer". Der er anvendt standselængde for en vandret og retlinet strækning, hvor der ikke tages højde for gradienterne omkring kurven. Dette afviger fra de faktiske forhold, men betydningen heraf er minimal. I samme håndbog kan mødesigt- og overhalingssigtlængden findes ved tabelopslag i afsnit 7.3.

Øjepunkthøjden $h_{øje}$ er 1,0 m. Ved beregning af stopsigt er objektpunkthøjden 0,3 m, men der regnes med en værdi på 0,25 m for at sikre, at trafikanten kan se de øverste 5 cm af objektet og dermed har mulighed for at erkende det pågældende objekt på kørebanen. Ved mødesigt og overhalingssigt anvendes en objektpunkthøjde på 1,0 m.

Med udgangspunkt i ovennævnte forudsætninger kan de ønskede radier beregnes ved hjælp af formel 6.4. Resultaterne af disse beregninger fremgår af tabel 1.

Sigt	Hastighed	L_{sigt}	$h_{øje}$	h_{obj}	R_{min}
Stopsigt	$V_d = 100$ km/h	160 m	1,0 m	0,25 m	5.700 m
Mødesigt	$V_p = 80$ km/h	240 m	1,0 m	1,0 m	7.200 m
Overhalingssigt	$V_p = 80$ km/h	625 m	1,0 m	1,0 m	48.900 m

Tabel 1 Beregning af minimumsradius for stopsigt (med hastighedstillæg), mødesigt og overhalingssigt på vandret og retlinet vej. Radier er rundet op til nærmeste 100 m.

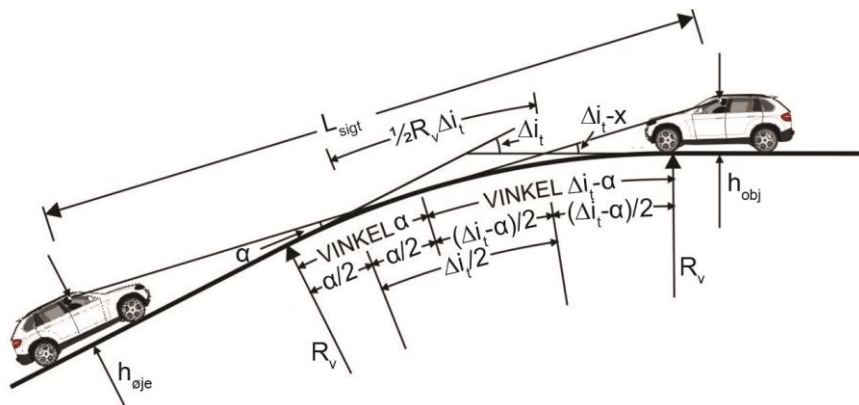
De vejgeometriske konsekvenser ved ikke at anvende *hastighedstillæg* ved beregning af stopsigt kan gennemføres ved at reducere den dimensionerende hastighed. Resultatet af denne beregning fremgår af tabel 2.

Sigt	Hastighed	L_{sigt}	$h_{øje}$	h_{obj}	R_{min}
Stopsigt	$V_d = 80$ km/h	111 m	1,0 m	0,25 m	2.800 m

Tabel 2 Beregning af minimumsradius for stopsigt (uden hastighedstillæg) på vandret og retlinet vej. Radier er rundet op til nærmeste 100 m.

6.4.2 Sigt i kort konveks vertikalkurve

Oversigtsforholdene i en kort konveks vertikalkurve er vist i figur 6.5.



Figur 6.5 Oversigt i en kort, konveks vertikalkurve.

Hvis stigningsændringen er så lille, at vertikalkurven bliver kortere end sigtlængden, er ovenstående beregning ikke længere helt korrekt, men på den sikre side. En korrekt beregning kan foretages efter nedenstående fremgangsmåde.

Det antages, at både øje- og objektpunkterne $h_{\text{øje}}$ og h_{obj} befinder sig uden for buen, som vist på figur 6.5. Sigtlængden kan beregnes af formel 6.5:

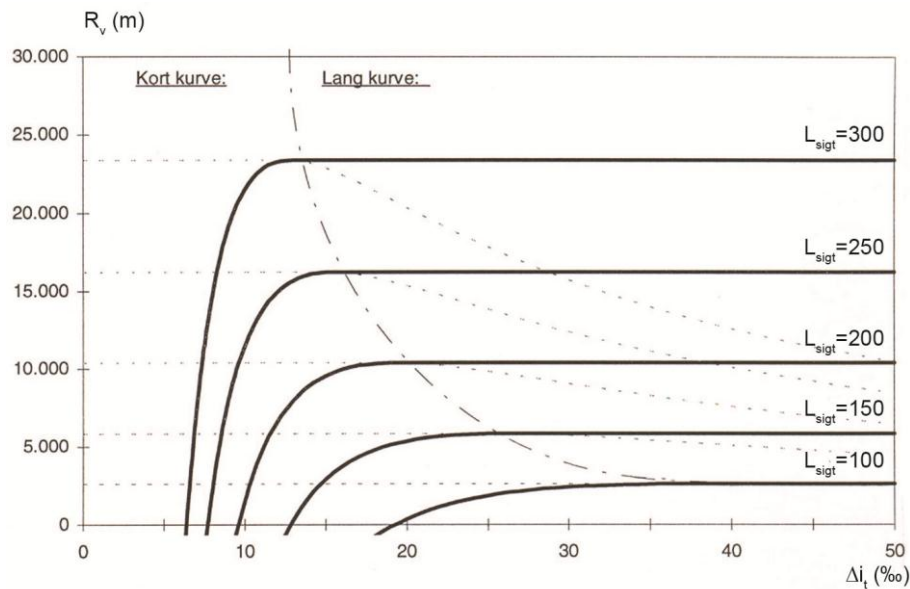
$$L_{\text{sigt}} = \frac{h_{\text{øje}}}{\sin \alpha} + 0,5 \times R_v \times \Delta i_t + \frac{h_{\text{obj}}}{\sin(\Delta i_t - \alpha)} \sim \frac{h_{\text{øje}}}{\alpha} + \frac{R_v \times \Delta i_t}{2} + \frac{h_{\text{obj}}}{\Delta i_t - \alpha} \quad (6.5)$$

Hvor L_{sigt} er sigtlængden er baseret på V_d [m]
 $h_{\text{øje}}$ er øjepunktshøjden [m]
 h_{obj} er objektpunktshøjden [m]
 R_v er vertikalkurvens radius [m]
 Δi_t er vinklen mellem de to stigninger
 α er vinklen mellem sigtlinjen og den ene tangent

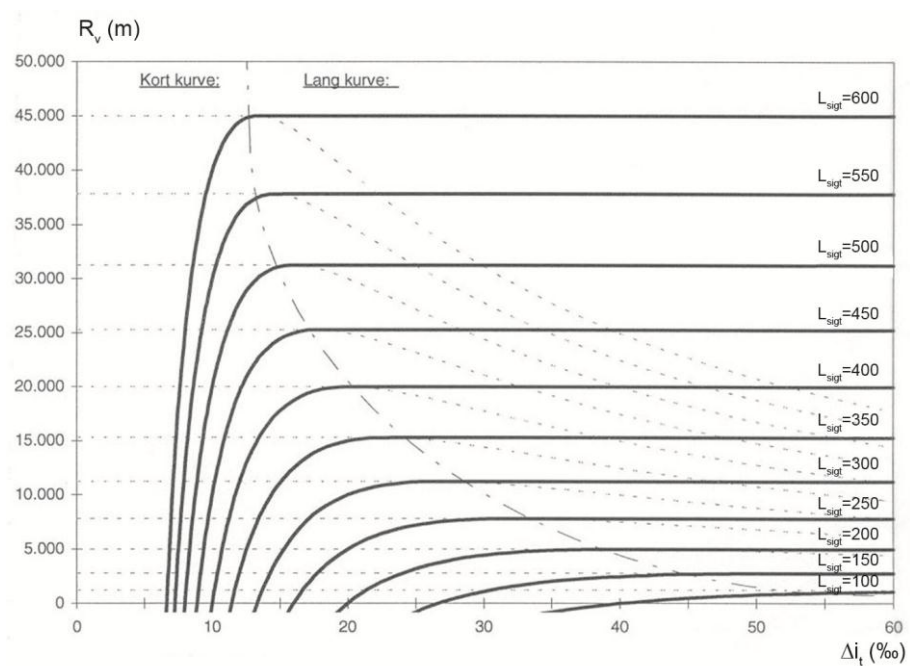
Minimumsradius kan beregnes ved omskrivning af formel 6.5 til formel 6.6:

$$R_{v,\text{min}} = \frac{2}{\Delta i_t^2} \times (\Delta i_t \times L_{\text{sigt}} - (\sqrt{h_{\text{øje}}} + \sqrt{h_{\text{obj}}})^2) \quad (6.6)$$

Sammenhængen mellem stopsigtlængden L_{stop} , stigningsændringen Δi_t og radius R_v i en kort konveks vertikal kurve fremgår af figur 6.6 til venstre for den stiplede linje. Sammenhængen mellem møde- og overhalingssigtlængden $L_{\text{møde}} / L_{\text{over}}$, Δi_t og R_v fremgår tilsvarende af figur 6.7.



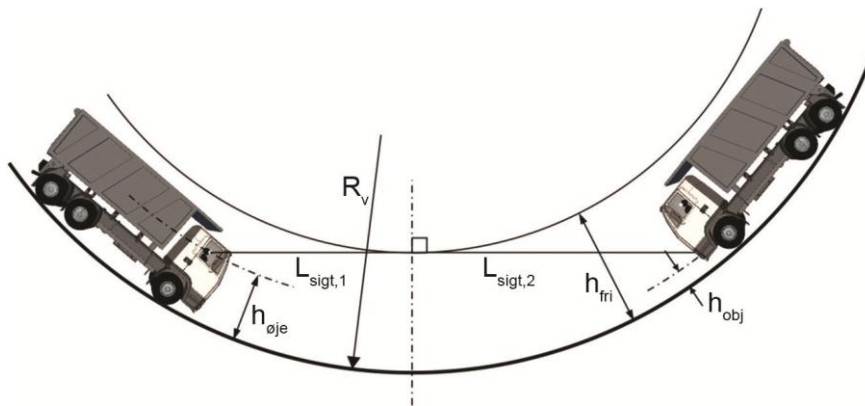
Figur 6.6 Sammenhæng mellem radius R_v i konveks vertikalkurve og stigningsændringen Δi_t for forskellige stopsigtlængder L_{sigt} .



Figur 6.7 Sammenhæng mellem radius R_v i konveks vertikalkurve og stigningsændringen Δi_t for forskellige møde- og overhalingsigtlængder L_{sigt} .

6.4.3 Sigt i konkav vertikalkurve

I konkave vertikalkurver kan sigtlængden under en bro eller lignende hindring bestemmes på tilsvarende måde som for konvekse kurver, jævnfør figur 6.8.



$h_{\text{øje}}$ er her 2,5 m svarende til en højtplaceret lastvognschauffør. h_{obj} kan være et objekt på kørebanen (0,5 m på motorveje eller 0,3 på øvrige veje) ved beregning af stopsigt, eller en modkørende bil (1,0 m) ved mødesigt og overhalingssigt.

Figur 6.8 Oversigt i konkav vertikalkurve beliggende i tunnel (figuren er fortegnet).

Radius kan bestemmes ved hjælp af formel 6.7:

$$R_{v,\min} = \frac{L_{\text{sigt}}^2}{2 \times (\sqrt{h_{\text{fri}} - h_{\text{øje}}} + \sqrt{h_{\text{fri}} - h_{\text{obj}}})^2} \quad (6.7)$$

Hvor L_{sigt} er sigtlængden er baseret på V_d [m]
 h_{fri} er frihøjden [m]
 $h_{\text{øje}}$ er øjepunktshøjden [m]
 h_{obj} er objektpunktshøjden som enten kan være et objekt på kørebanen ved stopsigt eller en modkørende bil ved mødesigt og overhalingssigt [m]

For små stigningsændringer, hvor vertikalkurven bliver kortere end sigtlængden, gælder analoge betragtninger. Dog skal der anvendes forskellige beregningsparametre for konvekse og konkave kurver.

Eksempel på beregning af radius i konkave vertikale kurver

For en given 2-sporet strækning med en planlægningshastighed (skiltet hastighed) på 80 km/h ønskes beregnet hvilke radier, der tilgodeser stopsigt, mødesigt og overhalingssigt i konkave vertikalkurver under bro.

For at tage hensyn til trafikanternes hastighedsadfærd har den projekterende ved beregning af stopsigt valgt at anvende et hastighedstillæg på 20 km/h. Dette er for at imødekomme situationer, hvor der sker en ulykke som følge af, at en bilfører kører hurtigere end planlægningshastigheden, og hvor ulykken med stor sandsynlighed vil ramme andre personer end føreren af den bil, der kører hurtigere end planlægningshastigheden.

Hastighedstillægget betyder, at den dimensionerende hastighed er 100 km/h ved beregning af stopsigt og 80 km/h ved beregning af møde- og overhalingssigt. Der anvendes normalt ikke hastighedstillæg ved beregning af møde- og overhalingssigt.

Standselængden kan beregnes vha. formel 7.4 i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer". Der er anvendt standselængde for en vandret og retlinet strækning, hvor der ikke tages højde for gradienterne omkring kurven. Dette afviger fra de faktiske forhold, men betydningen heraf er minimal. I samme håndbog kan mødesigt- og overhalingssigtlængden findes ved tabelopslag i afsnit 7.3.

Øjepunktshøjden er 2,5 m, mens objektspunktshøjden er 0,25 m ved stopsigt og 1,0 m ved både møde- og overhalingssigt. Frihøjden er 4,5 m.

Med udgangspunkt i ovennævnte forudsætninger kan de ønskede radier beregnes ved hjælp af formel 6.7. Resultaterne af disse beregninger fremgår af tabel 1.

Sigt	Hastighed	L_{sigt}	$h_{øje}$	h_{obj}	h_{fri}	R_{min}
Stopsigt	$V_d = 100$ km/h	160 m	2,5 m	0,25 m	4,5 m	1.100 m
Mødesigt	$V_p = 80$ km/h	240 m	2,5 m	1,0 m	4,5 m	2.700 m
Overhalingssigt	$V_p = 80$ km/h	625 m	2,5 m	1,0 m	4,5 m	18.500 m

Tabel 1 Beregning af stopsigt (med hastighedstillæg), mødesigt og overhalingssigt på vandret og retlinet vej.

De vejgeometriske konsekvenser ved ikke at anvende hastighedstillæg ved beregning af stopsigt kan gennemføres ved at reducere den dimensionerende hastighed. Resultatet af denne beregning fremgår af tabel 2.

Sigt	Hastighed	L_{sigt}	$h_{øje}$	h_{obj}	h_{fri}	R_{min}
Stopsigt	$V_d = 80$ km/h	111 m	2,5 m	0,25 m	4,5 m	510 m

Tabel 2 Beregning af stopsigt (uden hastighedstillæg) på vandret og retlinet vej.

6.5 Stier

Længdeprofilen for cykelstier langs veje følger normalt vejenes længdeprofil. Cykelstier i eget tracé kan i højere grad følge terrænet og tilpasses dets stigninger og fald.

6.5.1 Gradient

For cykelstier i eget tracé bør stigninger og længder afpasses efter hinanden, som angivet i figur 6.9. Større sammenhængende værdier af stigninger og længder vil medføre, at mange cyklister må stå af og trække.

Stigning		Største længde	Overvundet højdeforskel
50 ‰	1:20	50 m	2,5 m
45 ‰	1:22	100 m	4,5 m
40 ‰	1:25	200 m	8,0 m
35 ‰	1:29	300 m	10,5 m
30 ‰	1:33	500 m	15,0 m

Figur 6.9 Sammenhæng mellem stigning og stigningslængder for stier med cykeltrafik.

For cykelstier langs veje med stærk stigning over længere strækninger bør det overvejes at anlægge cykelstien i eget tracé for at opnå de i figur 6.9 nævnte forhold mellem stigninger og længder.

Som udgangspunkt for planlægningen og udformningen af gangbaner mv. skal hensynet til handicappede overvejes nøje. Navnlig i forbindelse med anlæg af rekreative stier, blandt andet naturstier, kan det være nødvendigt at afveje de indgreb, som hensynet til bevægelsehæmmede vil betyde, imod kvaliteterne i det eksisterende landskab.

Af hensyn til handicappede bør ramper foretrækkes frem for trapper.

Med hensyn til detailudformningen af trapper og ramper henvises til håndbogen "Færdselsarealer for alle - håndbog i tilgængelighed".

6.5.2 Vertikalkurver

Med udgangspunkt i de kørselstekniske grundværdier, som er anført i håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer", kan mindsteradier for konvekse vertikalkurver på stier beregnes ved hjælp af formel 6.4. Cyklister og knallertkøreres øjepunktshøjde sættes ved beregning af sigtforhold til 1,00 m, og objektpunktshøjden til 0,3 m (beregningmæssig værdi på 0,25 m).

Ved en bro bør der ske en vurdering af, om stopsigt er til stede under den, jævnfør kapitel 4.

I figur 6.10 er angivet mindsteradier, som sikrer henholdsvis stopsigt og mødesigt i konvekse vertikalkurver på cykelstier med og uden knallerttrafik.

Stityper	Stopsigt	Mødesigt
Sti kun med cykeltrafik	155 m	305 m
Sti med knallertrafik	260 m	515 m

Figur 6.10 Mindsteradier for konvekse vertikalkurver på stier. Der er regnet med standselængde svarende til vandret vej. Radier er rundet op til nærmeste 5 m.

7 TRACÉ

7.1 Generelt

En vejs tracé er den rumkurve, der fremkommer, når linjeføring og længdeprofil kombineres. Vejens linjeføring sammensættes, som det er detaljeret beskrevet i kapitel 5, af rette linjer, cirkelbuer og overgangskurver. Længdeprofilet består, som beskrevet i kapitel 6, af rette linjer og cirkelbuer.

Tracéet fastlægges på grundlag af en samlet vurdering af kørselsdynamik, oversigtskrav og æstetiske hensyn. Det er således et fundamentalt krav, at der sikres tilstrækkelige sigtlængder.

I dette kapitel beskrives nogle generelle, æstetisk motiverede, krav til vejes tracé. I afsnit 7.2, 7.3 og 7.4 behandles vejes indre harmoni, også kaldet deres æstetiske egenværdi, og i afsnit 7.5 vejes ydre harmoni, tilpasningen mellem veje og landskab. Endelig er der i afsnit 7.6 beskrevet forskellige tekniske metoder til vurdering af vejes tracé.

7.2 Linjeføring

7.2.1 Rette linjer

Brug af rette linjer kan være begrundet i ønsket om overhalingsmulighed eller om tilstrækkelig oversigt i forbindelse med vejkryds. Desuden kan brug af rette linjer give mulighed for anvendelse af tagformet profil, med deraf følgende god overfladeafvanding. Rette linjer er imidlertid normalt vanskelige at tilpasse landskabsformerne, og virker stærkt opdelende på landskabet.

Dog kan brug af rette linjer være begrundet, hvor veje i flade landskaber skal forløbe langs retlinjede landskabstræk af en vis udstrækning (højspændingsledninger, skovbryn, hegn, diger, kanaler, jernbaner etc.), især hvis linjeføringen kan kombineres med et længdeprofil, der gør det muligt at se den retlinjede strækning på hele forløbet.

Lange retlinjede strækninger synes at forøge uheldsrisikoen, idet de virker trættende og hæmmer afstandsbedømmelsen. Korte retlinjede strækninger mellem ensvendte kurver giver en æstetisk uheldig linjeføring.

Det er imidlertid ikke muligt at anføre eksakte nedre eller øvre grænser for længden af retlinede strækninger. Under hensyn til de stedlige forhold vil 0,5 - 2,0 km dog normalt være acceptabelt.

7.2.2 Cirkelbuer

Cirkelbuernes radius udformes ud fra sikkerheds- og komfortkrav og tilpasses landskabets konturer. Sikkerhedshensyn kræver, at kurveradierne i et linjeforløb ikke ændres for brat, især ved små radier, jf. figur 5.6.

Af æstetiske grunde bør kurvelængden ved vinkeldrejninger mindre end 5° i øvrigt ikke være kortere end 30 gange vejens kronebredde.



Figur 7.1 Korte kurver ligner knæk. Længere kurver passer bedre til landskabet.

En kort ret linje mellem ensvendte horisontalkurver er æstetisk uheldig og en lang sammenhængende horisontalkurve med større radius vil give et æstetisk bedre resultat.

7.2.3 Overgangskurver

Overgangskurver medfører en gradvis ændring af sideaccelerationen, med de deraf følgende komfort- og sikkerhedsmæssige fordele.

Også set fra et æstetisk synspunkt er overgangskurver fordelagtige.

7.3 Længdeprofil

Udformningen af en vejs længdeprofil, specielt valget af vertikalradier, skal altid ske i sammenhæng med den linjeføring, det skal kombineres med.

Mellem modsat rettede cirkelbuer i længdeprofilet bør der, for at sikre det flydende forløb, og for at modvirke risikoen for, at vejen i det perspektiviske billede forsvinder på en delstrækning, etableres overgangsstrækninger.

Da radierne i længdeprofilets cirkelbuer er meget større end i linjeføringens, er det ikke nødvendigt at bruge overgangskurver.

De rette linjer og cirkelbuerne kan passende udgøre omtrent lige store dele af længdeprofilet. De retlinjede strækninger skal dog som minimum dække tilstrækkeligt store dele af linjeføringens vendeklotoider.

Mellem ensvendte cirkelbuer i længdeprofilet bør der, hvor linjeføringen følger en ret linje eller en cirkelbue, aldrig indføres et kort retlinet stykke, idet en sådan ret linje vil ligne en modkrumning. I sådanne tilfælde bør den rette linje erstattes af en eller flere cirkelbuer.

7.4 Sammensætning af linjeføring og længdeprofil

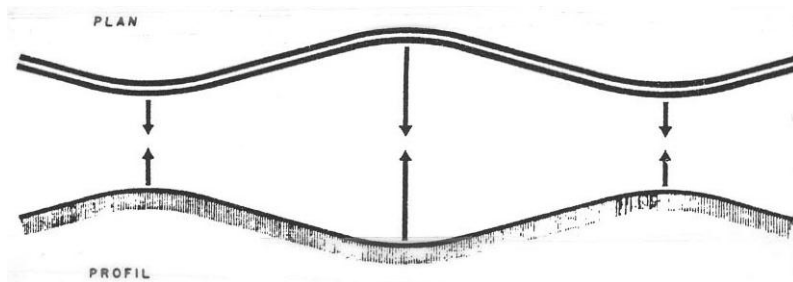
En linjeføring må aldrig fastlægges endeligt, før det er dokumenteret, at der kan udføres et tilhørende længdeprofil, som sikrer tilstrækkelige sigtlængder, og samtidig sikrer et harmonisk, optisk godt og dermed trafiksikkert vejforløb.

Tracéringens grundregler fremgår af de følgende afsnit.

7.4.1 Cirkelbue i linjeføringen

En horisontalkurve bør kombineres med en vertikalkurve, og det bør tilstræbes, at horisontalkurven overlejrer vertikalkurven, dvs. begynder før og slutter efter vertikalkurven. Hvis vertikalkurven er konkav, må denne dog ikke være for kort, da den så kan tage sig ud som en horisontal kontrakurve i vejbilledet.

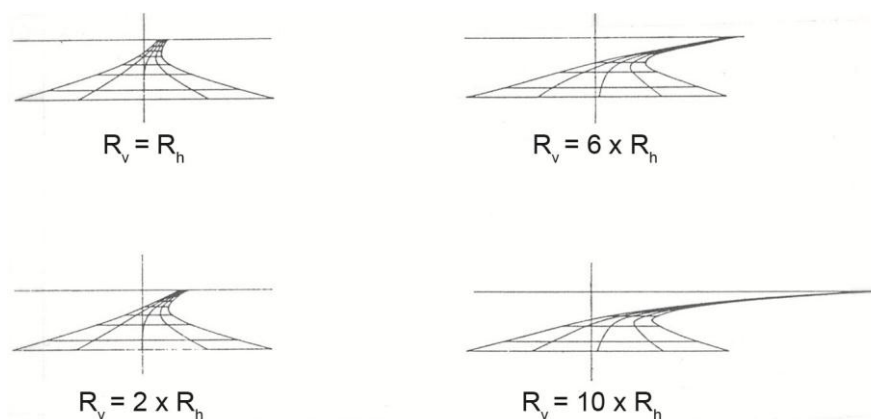
Faserne og faseskiftene skal med andre ord være sammenfaldende i linjeføring og længdeprofil.



Figur 7.2 Rigtig sammensætning af linjeføring og længdeprofil, med sammenfaldende faser og sammenfaldende faseskift.

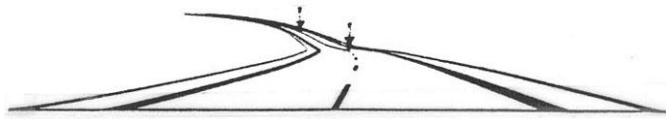
Samtidig skal vertikalradius være meget større end horisontalradius, helst mere end ti gange så stor. Dette illustreres på figur 7.3.

For $R_v = R_h$ og $R_v = 2 \times R_h$ er det længdeprofilet der tegner vejbilledet, og det er ikke særlig tydeligt at man befinder sig i en højredrejende horisontalkurve. Ydersiden af kurven krummer således modsat linjeføringen. For $R_v = 10 \times R_h$ er længdeprofilets indflydelse på vejbilledet elimineret. Grænsen ligger mellem $R_v = 6 \times R_h$ og $R_v = 8 \times R_h$.



Figur 7.3 Forskellige forhold mellem R_v og R_h .

Figur 7.4 viser vejbilledet, når der bruges en for lille R_v i en desuden kort konkav vertikalkurve i forbindelse med en lang horisontalkurve. Forløbet af vejens inderside er uharmonisk, og der er en modkrumning i vejens yderside.



Figur 7.4 Kort konkav vertikalkurve med lille radius i forbindelse med længere horisontalkurve.

Ovenstående regler for forholdet mellem R_v og R_h gælder også for konvekse vertikalkurver. Hvis der her benyttes for små vertikalradier, vil man ikke kunne se horisontalkurven til ende, men i stedet få det indtryk, at vejen er skåret af forude, se figur 7.5.



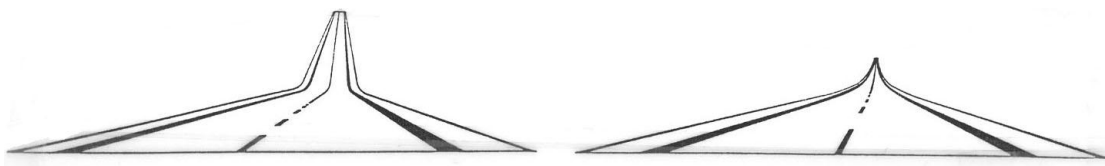
Figur 7.5 En for lille konvex vertikalradius skærer vejen af. En tilstrækkelig stor vertikalradius giver det korrekte vejbillede.

7.4.2 Klotoide i linjeføringen

Hvor der benyttes overgangskurver i linjeføringen, skal længdeprofilet så vidt muligt være retlinet hen over klotoiden. En kurve i længdeprofilet kan dog godt række ind over den krumme ende af klotoiden, men ikke længere end at R_v fortsat er mindst 6-8 gange større end klotoidens radius det pågældende sted.

7.4.3 Ret linje i linjeføringen

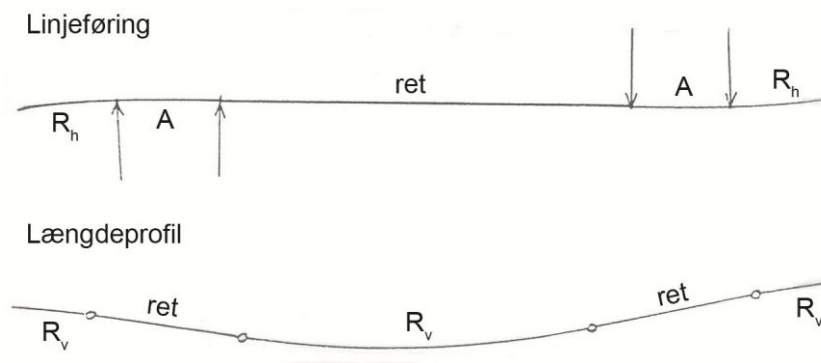
På linjeføringens retlinjede stræk bør længdeprofilet være retlinet eller beskrive en lang konkav vertikalkurve. Af figur 7.6 ses forskellen på en kort og en lang vertikalkurve.



Figur 7.6 En kort konkav vertikalkurve giver knæk i vejbilledet. En lang vertikalkurve giver et harmonisk vejbillede.

På figur 7.7 illustreres tre af de omtalte grundregler for kombineret linjeføring og længdeprofil:

- Længdeprofilets konkave vertikalkurve dækker 3/4 af linjeføringens rette linje
- Længdeprofilet er retlinet hen over klotoiderne
- Horisontalkurverne overlejrer vertikalkurverne.



Figur 7.7 Sammenhørende linjeføring og længdeprofil.

Hvis en retlinet strækning i linjeføringen i stedet kombineres med en konveks vertikalkurve, er det vanskeligere at opnå et godt vejbillede. Ved små vertikalradier beskriver vejbilledet "vejen til himlen", og selv ved meget store vertikalradier vil det forekomme som om, at vejen er skåret af forude, se figur 7.8.



Figur 7.8 Retlinet strækning med henholdsvis lille og meget stor konveks vertikalkurve.

7.5 Landskabstilpasning

Der kan ikke opstilles et samlet sæt af regler, der i alle situationer sikrer en god tilpasning mellem vej og landskab, men det er vigtigt, at den projekterende forholder sig til de aktuelle topografiske forhold og besigtiger disse på stedet. Endvidere bør landskabstilpasningen også ses i sammenhæng med projektets jordbalance.

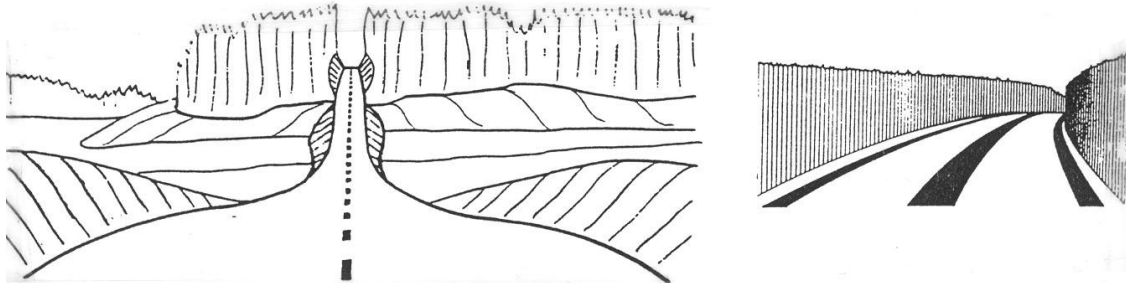
Ud over den helt afgørende hensyntagen til de specifikke forhold i hver enkelt situation vil det imidlertid være hensigtsmæssigt at have nedenstående opmærksomhedspunkter i erindring, når en vej skal placeres i landskabet.

I et fladt landskab vil det være en fordel at lægge vejen 1-2 m over terræn, idet det da for trafikanterne vil se ud som om, at den ligger i terrænhøjde. Lægges vejen derimod i terræn, vil det se ud som om, at den ligger i afgravning.

Mens der i kuperede landskaber ofte må benyttes små radier afstemt efter terrænets kurvatur, skal der i flade og storlinjede landskaber benyttes store kurveradier. Hvor der i det flade landskab allerede er markante retlinede elementer, kan - og i visse tilfælde bør - den rette linje komme på tale som linjeføringselement.

Hvor der i mere kuperede landskaber optræder egentlige afgravninger og påfyldninger, skal længdeprofilet være retlinet eller udformes med konkav vertikalradius på dæmning over en dal, og med konveks vertikalradius i afgravning gennem en bakke.

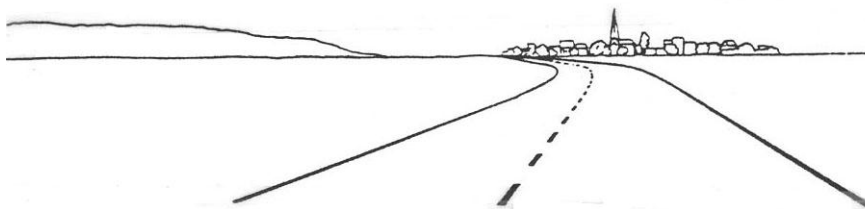
Skovgennemskæringer bør undgås. Ud over at være visuelt uheldige er de også skadelige ud fra et forstligt synspunkt, fordi træer der har stået inde i en skov ikke tåler pludseligt at blive blotlagt for sol og vind. Hvis det er uomgængeligt at skære igennem en skov, bør linjeføringen krummes, da vejen vil komme til at fremstå som et skår i landskabet, se figur 7.9. Desuden bør de nye skovbryn hjælpes i gang ved hjælp af tilplantning mellem vejen og de blotlagte stammer.



Figur 7.9 *En retlinet linjeføring er uheldig gennem en skov, og gennem et kuperet landskab. Linjeføringen bør krummes.*

Veje skal føres langt uden om naturområder, kulturminder m.m., så der efterlades en bufferzone, der så vidt muligt eliminerer miljøgenerne og virkningen af det visuelle indgreb.

Til gengæld vil det i visse situationer være muligt og ønskeligt at benytte måltracéring, det vil sige at rette en retlinet linjeføring mod et markant punkt i terrænet (f.eks. et kirketårn eller et karakteristisk landskabstræk), men bøj af i god tid inden det nås.

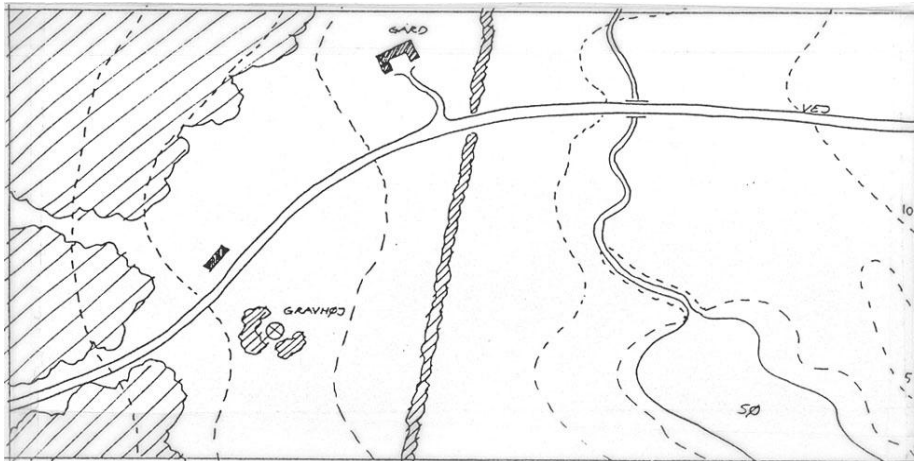


Figur 7.10 *Måltracéring.*

7.6 Visuelle arbejdsmetoder

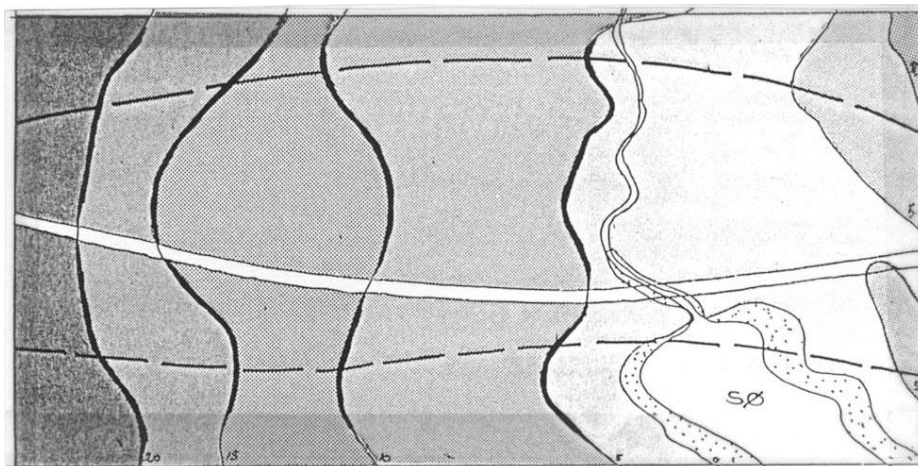
Ved projektering af nye vejanlæg i åbent land skal der tages udstrakt hensyn til de landskabelige værdier, således at linjeføring, længdeprofil, terrænmodellering mm. tilpasses topografien og de lokale karakteristika.

I det følgende er forskellige arbejdsmetoder beskrevet og illustreret ud fra et tænkt landskabsrum, se figur 7.11. Her kortlægges indledningsvist de bindinger og landemærker, som tracéet skal tilpasses.



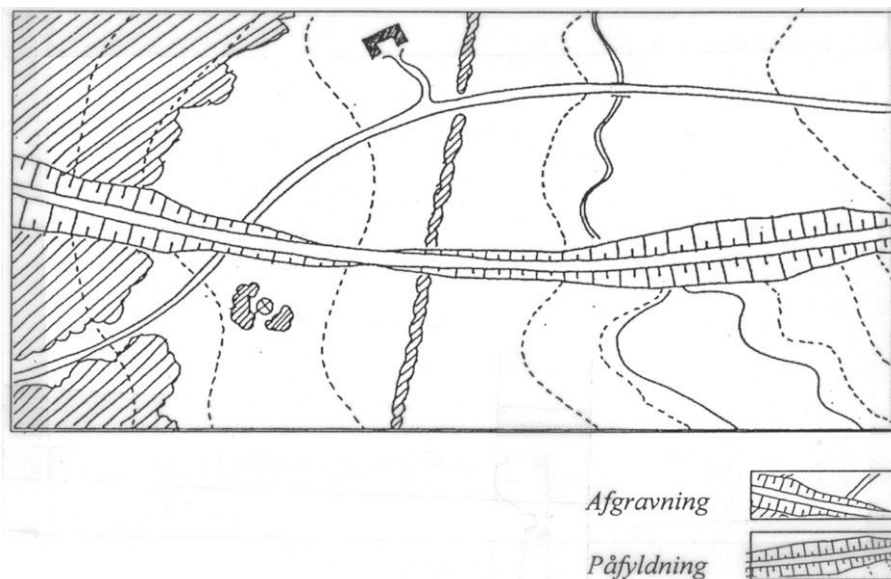
Figur 7.11 Grundkort.

Et farvelagt topografisk kort med skygning af højdekurverne vil ofte være en stor hjælp ved valg af linjeføring. Alternative linjeføringer kan indlægges på kortet, og deres forløb gennem terrænet og de afvekslende landskabsrum kan klart fornemmes.



Figur 7.12 Farvelagt højdekurvekort med linjeføringer indlagt. Her gengivet i sort/hvid.

Terræntilpasningen kan vurderes ved hjælp af et kort med terrænreguleringerne indtegnet, på hvilket linjeføringen bedømmes i forhold til indgrebet i terrænet. Afgravninger og påfyldninger kan farvelægges i henholdsvis røde og grønne nuancer, hvorved det samlede landskabsindgreb kan fornemmes. Længdeprofilet behandles tilsvarende, hvorved man desuden opnår at kunne vurdere forholdet til landskabets bevægelser.



Figur 7.13 Kort med terrænreguleringer.

Linjeføringens vertikale kurveforløb kan mest enkelt vurderes ved, at den indtegnede linjeføring betragtes på nært hold ved at placere øjet tæt på papiret. Herved tydeliggøres linjens eventuelle knæpunkter og rytme.

Det kan være udfordrende umiddelbart at danne sig det 3-dimensionale billede, som er nødvendigt for at vurdere en vejs æstetiske egenværdi og dens indpasning i landskabet. Der findes imidlertid en række hjælpemidler og metoder hertil, simple såvel som mere avancerede.

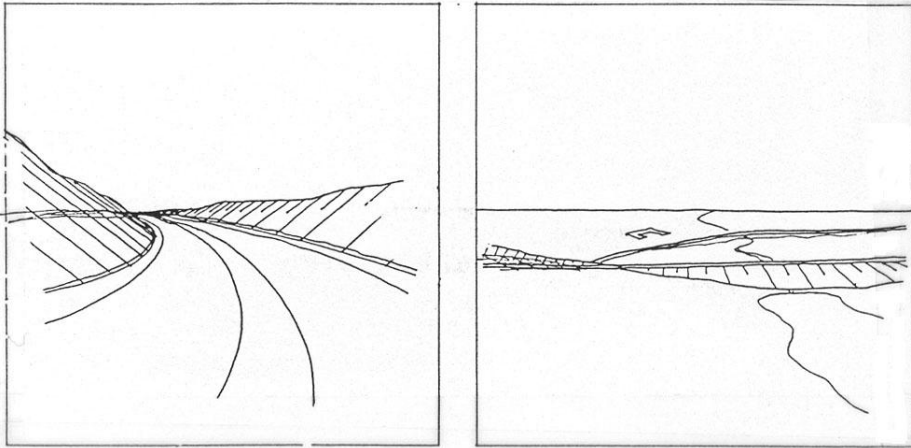
En nærmere vurdering af vejens tracéring kan foretages med mere traditionelle metoder ved hjælp af plantegninger, snit og opstalter. Disse metoder kan udbygges ved hjælp af isometri/aksonometritegninger, dvs. rejste planer set i fuglehøjde, konstruerede perspektivtegninger, samt snitperspektiver der viser de væsentlige landskabsforhold og konfliktpunkter på den udvalgte strækning.

De traditionelle metoder har den fordel, at de oftest kan udføres rimelig hurtigt med baggrund i allerede udført tegningsmateriale. Hertil kommer, at metoderne ofte giver et godt overblik over de væsentligste problemstillinger.

Ved hjælp af CAD-systemer, kan der arbejdes med perspektivudtegninger inden for terrænmodellen. Vejens forløb og terrænets fremtidige form kan herefter finjusteres.

Ved at skære vejmodellen ind i landskabsmodellen kan vejens linjeføring i landskabet yderligere belyses. Terrænfotos giver et billede af landskabsformer og beplantninger. Luftfotos giver et overbliksbillede af landskabet med de væsentligste problemstillinger.

Desuden kan den foreslåede linjeføring indtegnes på såvel terrænfotos som luftfotos, således at der dannes et mere eksakt billede af vejens linjeføring gennem landskabet. Afhængigt af det indtegnedes nøjagtighed på fotoet giver det betragteren et godt grundlag for at vurdere vejens tracé, terræntilpasning, kurveforløb, beplantninger, profil etc.



Figur 7.14 3-D perspektivudtegning.

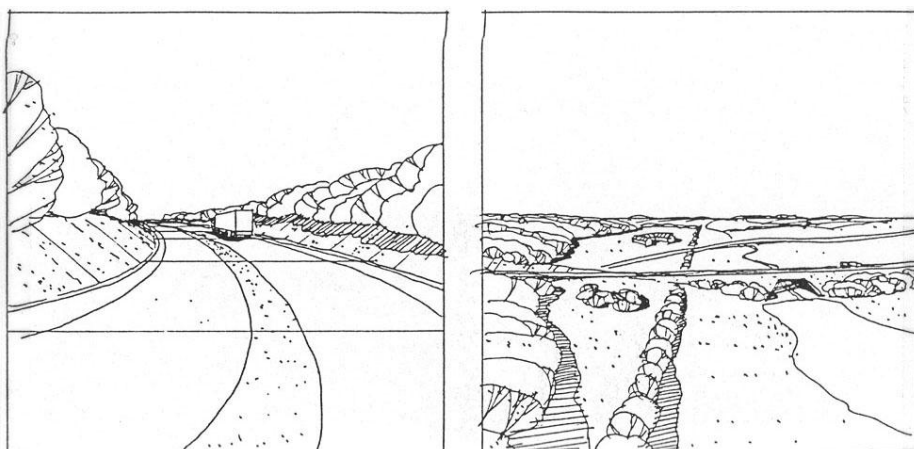
Ved hjælp af CAD-programmer kan man indlægge de nøjagtige landskabsformer, hvorefter de planlagte ændringer i landskabet lægges ind. Vejmodellen indlægges ligeledes, således at det er muligt at illustrere ændringer i forhold til det eksisterende ned til mindste detalje, eksempelvis belysning på vejanlægget.

Ønskes et mere virkelighedsnært billede, kan der indscannes fotos af strækningen, hvorefter vejanlægget indlægges ved hjælp af et tegneprogram. Tegneprogrammet kan vise vejanlægget enten som en trådmodel eller som en rendering, dvs. med overflade.

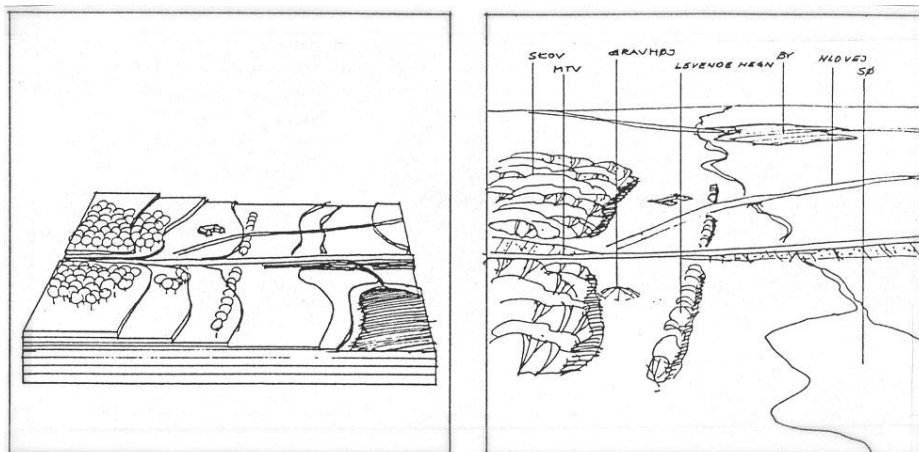
En renderet tegning med naturtro overfladegengivelser kan professionelt udført give det nærmeste man kan komme til et virkelighedsbillede af projektet, se figur 7.17.

Modelmetoden er afhængig af detaljeringsgraden og vil oftest kun blive benyttet til visualisering af delstrækninger eller områder af særlig følsom karakter. Modelfotos kan her give et godt 3-D indtryk af projektet.

Alternativet til en model kan være enkle principskitser, som har til formål at give et godt overblik over de væsentlige problemstillinger.



Figur 7.15 Fotomontage/perspektivtegning.



Figur 7.16 Terrænmodel/principskitse.

Før



Efter

Figur 7.17 Landskab før og efter indlægning af et vejprojekt.

8 KØREBANERS SIDEHÆLDNING

8.1 Sidehældning generelt

Sidehældningens opgave er:

- At bortlede regnvand fra kørebanen og
- At optage sidekraften på køretøjer ved kurvekørsel.

På veje med ringe længdefald vil der være risiko for store vandhindetykkelser som følge af stillestående vand på kørebanen, mens der på veje med større længdefald også vil være risiko for store vandhindetykkelser, fordi vandet løber en lang strækning på langs ad vejen. Den deraf følgende risiko for akvaplaning kan elimineres eller reduceres ved etablering af en passende stor sidehældning.

Sidehældningen angives i ‰ og betegnes med bogstavet i_r .

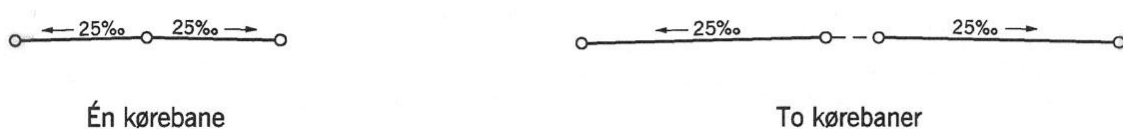
8.2 Sidehældning på retlinet strækning

På en retlinet strækning med asfalt- eller betonbelægning benyttes normalt en sidehældning på 25 ‰. I undtagelsestilfælde kan sidehældningen reduceres til minimalt 20 ‰. Hvor særlige forhold gør sig gældende, f.eks. på sætningsfølsomme strækninger, kan sidehældningen øges til maksimalt 30 ‰.

På en retlinet strækning med grusbelægning benyttes en sidehældning på 25-40 ‰.

På veje med én kørebane (almindeligvis 2-sporede veje) gives kørebanen tagformet tværprofil, se figur 8.1. Består kørebanen af kun ét spor, som f.eks. på til- og frakørselsramper, gives kørebanen ensidig hældning.

På veje med to kørebaner adskilt af en midterrabat (almindeligvis 4- eller 6-sporede veje) gives hver af de to kørebaner ensidig hældning væk fra midterrabatten, og de to kørebaners kørebanekanter mod midterrabatten lægges normalt i samme kote, se figur 8.1. I specielle situationer kan det dog være nødvendigt - eller fordelagtigt - at lægge de to kørebanekanter mod midterrabatten i forskellig kote. Udførelse af en sådan såkaldt "stabling" af tværnittet er nærmere beskrevet i afsnit 8.4.9.



Figur 8.1 Tværprofil på en retlinet strækning.

Hvis en 2-sporet vej allerede inden den anlægges påregnes udbygget til 4-sporet vej med midterrabat på et senere tidspunkt (trinvis udbygning) bør den 2-sporede vej på retlinet strækning anlægges med tagformet tværprofil, og det tagformede tværprofils placering i det fremtidige 4-sporede tværprofil bør afklares.

8.3 Sidehældning i kurve

8.3.1 Ensidig sidehældning

For at optage sidekraften (centrifugalkraften) på køretøjer, der kører i kurve, udføres kørebanens tværprofil med ensidig hældning ind mod kurvens inderside.

Sidehældningen skal af hensyn til overfladeafvandingen være mindst 25 ‰, jf. i øvrigt afsnit 8.2.

Sidehældningens maksimale værdi er afhængig af vejens længdefald, idet det resulterende fald ikke må overstige 70 ‰.

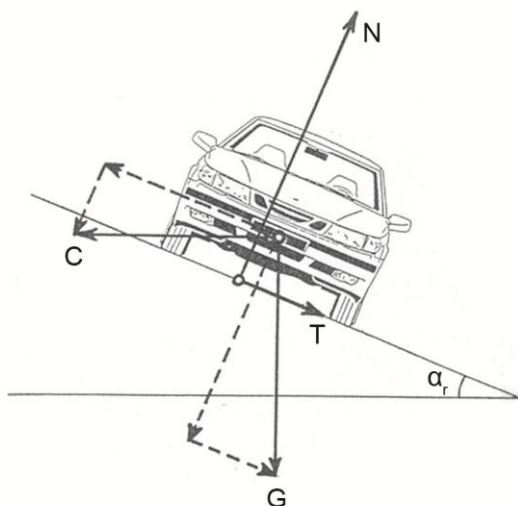
Det resulterende fald kan beregnes af formel 8.1:

$$\text{Resulterende fald} = \sqrt{(i_r^2 + i_t^2)} \quad (8.1)$$

Hvor i_r er vejens sidehældning / radiale fald [‰]
 i_t er vejens længdefald / tangentielle fald [‰]

Ved maksimalt 70 ‰ resulterende fald er der en passende stor sikkerhed for, at holdende køretøjer på en islat kørebane ikke glider på kørebanen.

Et køretøj, der kører i en kurve, er ud over den lodrette tyngdekraft påvirket af en vandret centrifugalkraft, der virker bort fra kurvens centrum. Tyngdekraftens resultant G og centrifugalkraftens resultant C virker begge gennem køretøjets tyngdepunkt, se figur 8.2.



Figur 8.2 Kraftpåvirkning af køretøj ved kørsel i kurve.

Ved etablering af sidehældning faldende ind mod kurvens inderside optages centrifugalkraften. Normalt vil kun en del af centrifugalkraften herved blive kompenseret, hvilket betyder, at resten skal optages af sidefriktionen mellem dæk og kørebane. Reaktionskræfterne fra kørebanen består derfor dels af normalkraften og dels af sidefriktionskraften, der begge virker gennem alle køretøjets hjul. Sidefriktionskraftens resultant T er beliggende i - og parallel med - kørebaneoverfladen. Normalkraftens resultant N er vinkelret på kørebaneoverfladen, og det bemærkes, at den som følge af momentbalancen generelt ikke går gennem køretøjets tyngdepunkt.

Sammenhængen mellem radius, vejens sidehældning og sidefriktionskoefficient fremgår af formel 8.2:

$$\mu_r + i_r = \frac{V_p^2}{127 \times R_h} \quad (8.2)$$

Hvor μ_r er vejens sidefriktionskoefficient
 i_r er vejens sidehældning / radiale fald [‰]
 V_p er planlægnings hastigheden [km/h]
 R_h er horisontal kurveradius [m]

Formel 8.2 kan for en given i_r og V_p benyttes til at beregne minimumsværdien af R_h ved indsættelse af maksimumsværdien for μ_r , se figur 8.3.

Formel 8.2 kan også for en given V_p , R_h og maksimumsværdi μ_r , se figur 8.3, bruges til at beregne den nødvendige sidehældning i_r .

Bemærk dog i sidstnævnte tilfælde, at i_r kan blive mindre end 0,025 (endda negativ). Dette er et udtryk for, at R_h er rigelig stor i forhold til V_p og, at sidehældningens optagelse af centrifugalkraften er unødvendig. Parameteren i_r sættes derfor til mindsteværdien, normalt 0,025 (25 ‰), jf. 8.3.1, andet afsnit.

Vær i øvrigt opmærksom på det beskrevne under 8.3.2.

Størrelsen af μ_r er et udtryk for, hvor meget trafikanten udnytter sidefriktionen. Bliver μ_r for stor, skrider køretøjet ud, men under normale køreforhold vil grænsen for komfortabel kørsel for længst være overskredet, inden denne situation opstår. Den maksimalt tilladelige sidefriktionskoefficient $\mu_{r,max}$ fastsættes derfor ud fra et komfortkriterium, og med baggrund i omfattende udenlandske undersøgelser kan $\mu_{r,max}$ fastsættes til de i skemaet figur 8.3 anførte værdier.

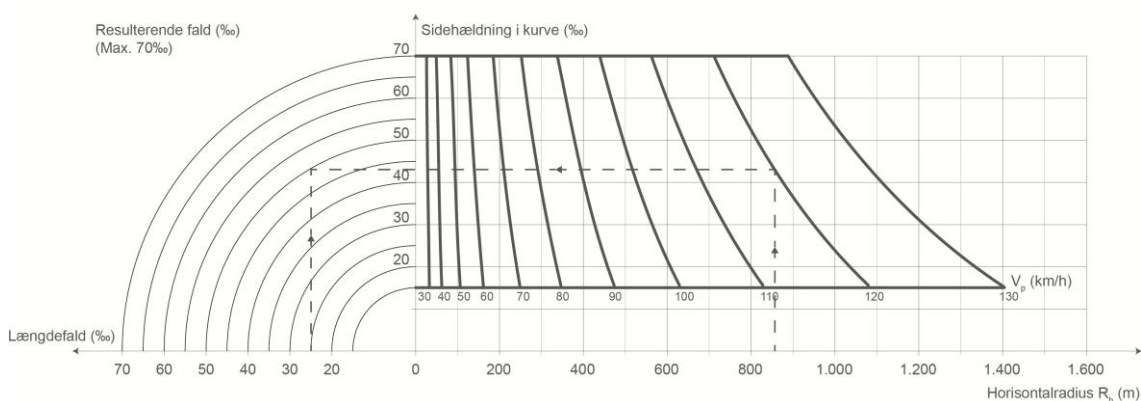
Med disse værdier er det ved hjælp af formel 8.2 muligt at beregne den nødvendige sidehældning i_r for en given horisontalradius ved en given planlægnings hastighed.

Det skal efterfølgende kontrolleres, at det resulterende fald ikke er større end 70 ‰, jf. formel (8.1).

Planlægningshastighed, V_p [km/h]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Maks. tilladelig sidefriktionskoefficient μ_r	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08

Figur 8.3 Maksimalt tilladelige sidefriktionskoefficienter (fastsat ud fra komfortkriterie) som funktion af planlægningshastigheden.

Som alternativ til en beregning af sidehældningen i_r for en given radius R_h kan højre halvdel af diagrammet i figur 8.4 benyttes. Med udgangspunkt i den givne R_h går man parallelt med y-aksen op til den pågældende hastighedskurve, hvorfra man går ind til y-aksen, hvor den nødvendige sidehældning kan aflæses. Ud fra diagrammets venstre halvdel kan det kontrolleres, at den nødvendige sidehældning ikke sammen med længdefaldet medfører et resulterende fald større end 70 %. Med udgangspunkt i længdefaldet går man parallelt med y-aksen op til den aktuelle sidehældning. Dette punkt må ikke ligge uden for den yderste cirkel, som angiver et resulterende fald på 70 %.



Figur 8.4 Sammenhæng mellem radius og sidehældning i kurver.

Bemærk, at formel 8.2 og figur 8.3 ikke uden videre kan bruges til fastlæggelse af den minimale horisontalradius ud fra en maksimalt mulig sidehældning beregnet ved hjælp af formel 8.1, da den minimale horisontalradius ofte vil være bestemt af sigtkrav, jf. afsnit 5.5.

8.3.2 Tagformet tværprofil i kurve

Hvor særlige forhold taler for det, kan der ved større horisontalradier benyttes tagformet tværprofil med en sidehældning på $i_r = 25\%$ både mod kurvens inder- og yderside. Radierne skal da være større end eller lig med de i tabellen figur 8.5 anførte værdier. Mindsteradierne i figur 8.5 er fastlagt ud fra komfortbetragtninger. Der ud over yder de en passende stor sikkerhed mod udskridning i vinterføre.

Tagformet tværprofil i en kurve kan komme på tale, hvis et ønske om at undgå vendinger af sidehældningen imødekommes. Desuden er et tagformet profil bedst, hvad angår hensynet til overfladeafvandingen ligesom det i nogen tilfælde kan være en fordel for længdeprofilen af overførte veje.

Planlægningshastighed [km/h]	Horisontalradius [m]
130	5.500
120	4.000
110	4.000
100	4.000
90	4.000
80	4.000
70	3.000
60	2.500

Figur 8.5 Mindsteværdier for horisontalradier ved brug af tagformet tværsprofil i kurver.

Brug af tagformet tværsprofil i kurve kan også være hensigtsmæssig, hvor der skal tilsluttes sideveje. Det skal dog bemærkes, at en ensidig sidehældning ind mod kurvens inderside giver en bedre visuel ledning gennem kurven. Da det endvidere må formodes, at trafikanterne ved kurvekørsel ubevidst forventer ensidig sidehældning ind mod kurvens inderside, bør dette som udgangspunkt tilstræbes.

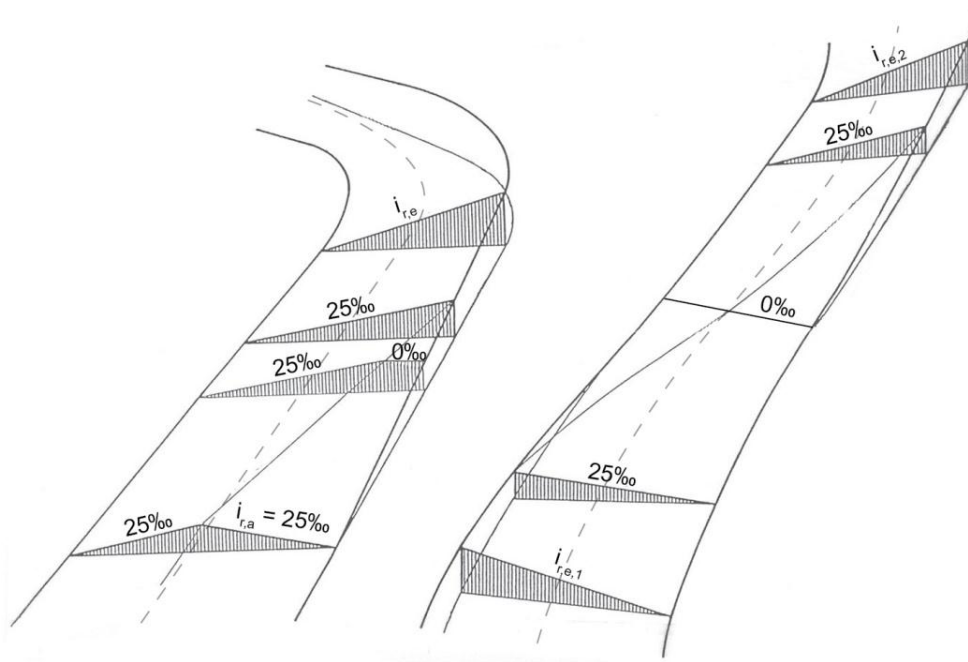
8.4 Vending af sidehældning

8.4.1 Begrundelse

Ved overgangen fra en retlinet strækning til en kurve er det nødvendigt at vende kørebanens sidehældning i den ene vejside. Desuden er det ved overgang mellem to modsat vendte horisontalkurver nødvendigt at vende kørebanens sidehældning i begge vejsider.

8.4.2 Fuld vipning

Vendingen af sidehældningen er nødvendig af kørselsdynamiske årsager, men byder på problemer i relation til overfladeafvandingen. Dette vil i særlig grad være tilfældet, hvis f.eks. en bred kørebane i hele sin bredde blot vippes om kørebanens centerlinje eller om en af kørebanekanterne (såkaldt "fuld vipning", også kaldet "hel vipning" eller bare "vipning"). Metoden fremgår af figur 8.6.



Figur 8.6 Eksempel på fuld vipning. Figuren til venstre viser vipningen fra retlinet strækning til kurve, mens den højre viser vipningen mellem to kurver.

På veje med ringe længdefald (ca. 5-7 ‰) vil der således på vendestrækningen være risiko for områder med stillestående vand på grund af ringe resulterende fald. På veje med stort længdefald vil der desuden være risiko for store vandhindetykkelser, fordi vandet løber langt på langs ad vejen. Begge dele medfører risiko for akvaplaning.

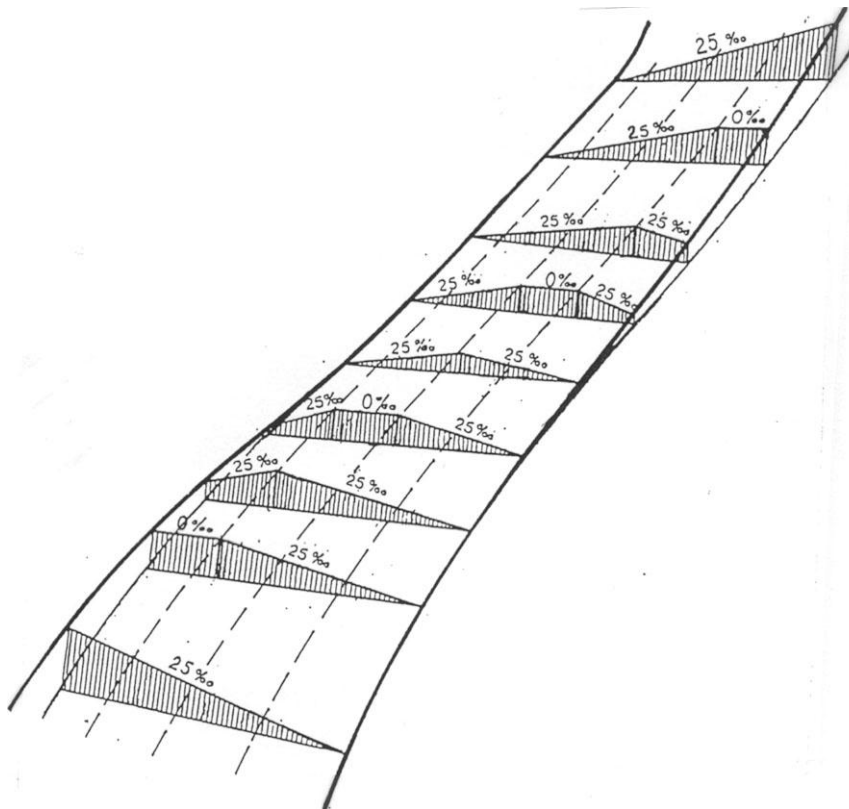
8.4.3 Vandrende højderyg

For bedst muligt at imødegå problemerne med overfladeafvandingen anbefales det derfor i princippet at vende sidehældningen ved hjælp af en såkaldt "vandrende højderyg" (også bare kaldet "højderyg"). Metoden fremgår af figur 8.9.

Den vandrende højderyg sikrer, at der uanset længdefaldet altid er tilstrækkeligt resulterende fald på kørebanen. Den vandrende højderyg lader sig dog i praksis ikke udføre i sin teoretisk korrekte form med den nu kendte asfaltudlægningsteknologi.

8.4.4 Forskudt vipning

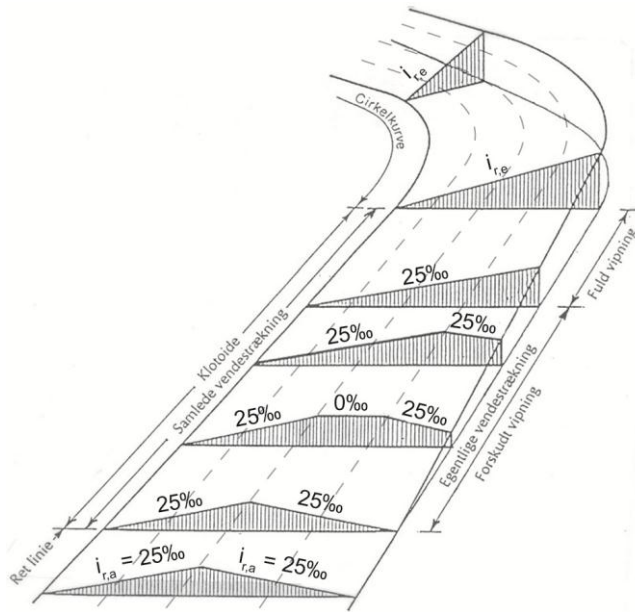
I praksis vil den vandrende højderyg blive udført som en såkaldt forskudt vipning (også kaldet "modifieret højderyg"), der består i, at man deler kørebanen op på tværs i flere eller færre langsgående baner, som efter tur undergår en fuld vipning, se eksemplet i figur 8.7.



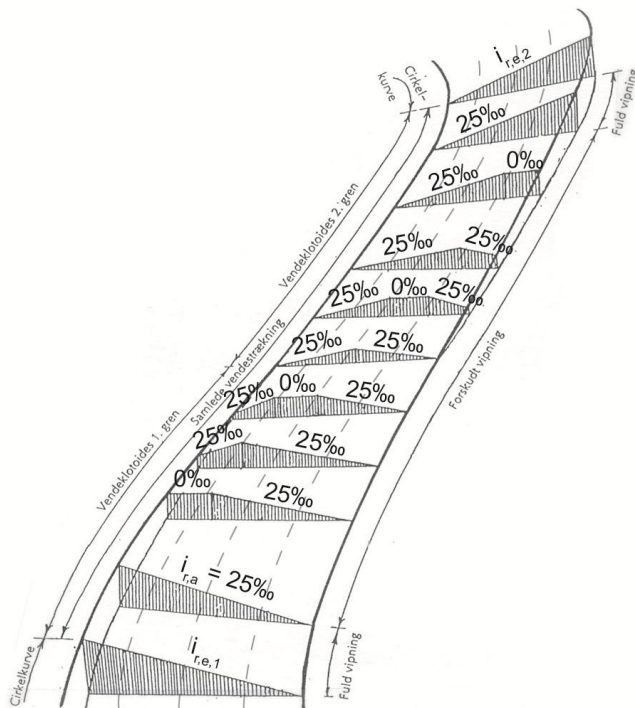
Figur 8.7 Tilnærmet vandrende højderyg bestående af forskudt vipning, hvor kørebanen er delt op i fire baner, der efter tur undergår en fuld vipning.

Jo flere baner kørebanen opdeles i, jo mere forfinet bliver den forskudte vipning, og jo bedre bliver tilnærmelsen til den teoretisk korrekte vandrende højderyg, der svarer til, at kørebanen opdeles i uendelig mange baner, der efter tur undergår fulde vipninger.

Anvendelsen af forskudt vipning som den praktiske udgave af den teoretiske højderyg har i kørselsdynamisk henseende den fordel, at højderyggen blødgøres. Ved opdeling af kørebanen i et passende antal baner, der efter tur vippes, bliver den forskudte vipning således det bedst mulige kompromis mellem hensynene til kørselsdynamik, overfladeafvandning og praktisk udførelse.



Figur 8.8 Forskudt vipning, vending af sidehældning mellem en ret linje og en kurve, hvor $i_{r,e}$ angiver sidehældningen ved fuld overhøjde, når denne er større end den almindelige sidehældning $i_{r,a} = 25 \text{ ‰}$.



Figur 8.9 Forskudt vipning, vending af sidehældning i S-kurve med overgangskurver, hvor $i_{r,e}$ angiver sidehældningen ved fuld overhøjde, når denne er større end den almindelige sidehældning $i_{r,a} = 25 \text{ ‰}$.

8.4.5 2-sporede veje

Kørebanelen opdeles i to baner (de to kørespor med eventuelle kantbaner). Ved overgang fra en retlinet strækning til en kurve tilvejebringes den ensidige hældning således ved, at det ene kørespor underkastes en (fuld) vipning. Ved overgang mellem to modsat vendte kurver gennemføres vendingen af sidehældningen ved, at de to kørespor efter tur vippes, således at der er tagformet tværprofil midt på vendestrækningen. Se figur 8.8 og 8.9.

Såfremt der er risiko for akvaplaning kan kørebanelen opdeles i 1,5 - 2,0 m brede baner, der successivt underkastes en fuld vipning. Det er vigtigt, at opdelingen i baner er naturlig (et multiplum af to) for at sikre, at vendestrækningens egenskaber naturligt bliver bevaret under en senere udlægning af nyt slidlag.

8.4.6 2+1 veje

For 2+1 veje indledes vendingen af sidehældningen med, at de enkelte kørespor i den side med to kørespor vippes enkeltvis. Af kørseldynamiske årsager indledes vendingen af sidehældningen med, at den aktuelle sidehældning $i_{r,a}$ gennem fuld vipning ændres til 25 ‰ (til samme side). Herefter følger den egentlige vendestrækning, hvor sidehældningen gennem forskudt vipning ændres fra 25 ‰ (til den ene side) til 25 ‰ (til den anden side). Vendingen afsluttes herefter med, at sidehældningen 25 ‰ gennem fuld vipning ændres til den nødvendige sidehældning $i_{r,e}$. Princippet fremgår af figur 8.8 og 8.9.

8.4.7 Vendestrækningens længde

Vendingen af sidehældningen skal ske over en passende strækningenslængde for at tilgodese hensynet til kørseldynamikken og æstetikken. Dette sikres ved, at den relative stigningsforskel mellem kørebaneanterne ikke bliver for stor. Kørebaneanternes relative længdeprofiler fremgår af figurerne 8.10-8.13. Stigningen $i_{t,e}$ bør vælges ca. halvt så stor som stigningen $i_{t,a}$, og $i_{t,a}$ må ikke være større end 6 ‰. Der kan med fordel optegnes perspektiver for vurdering af æstetikken i forbindelse med vendestrækningen. Vendestrækningens længde kan beregnes ved hjælp af formel 8.3.

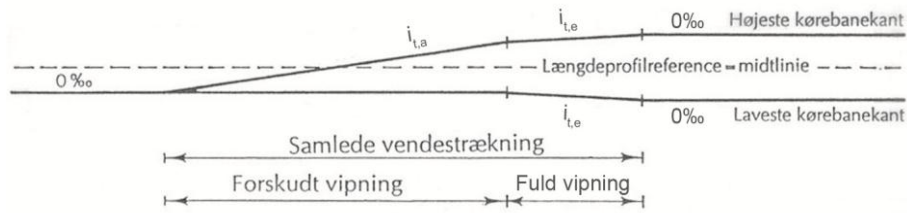
$$L_{vend} = (i_{r,e,1} - i_{r,e,2}) \times \frac{b}{0,006} \quad (8.3)$$

Hvor L_{vend} er vendestrækningens længde [m]
 $i_{r,e,1}$ er sidehældningen før vendestrækningen [‰]
 $i_{r,e,2}$ er sidehældningen efter vendestrækningen [‰]
 b er kørebanebredden [m]

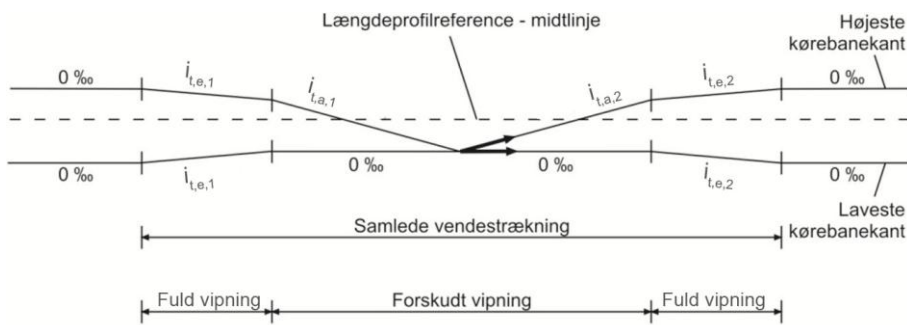
Eksempel på beregning af vendestrækningens længde

For en given 4-sporet vej ønskes vendestrækningens længde beregnet. Den pågældende vej har en belagt bredde på 12 m og 25 ‰ sidehældning. Med udgangspunkt i, at stigningen $i_{t,a}$ ikke må være større end 6 ‰, kan vendestrækningens længde beregnes ved hjælp af formel 8.3:

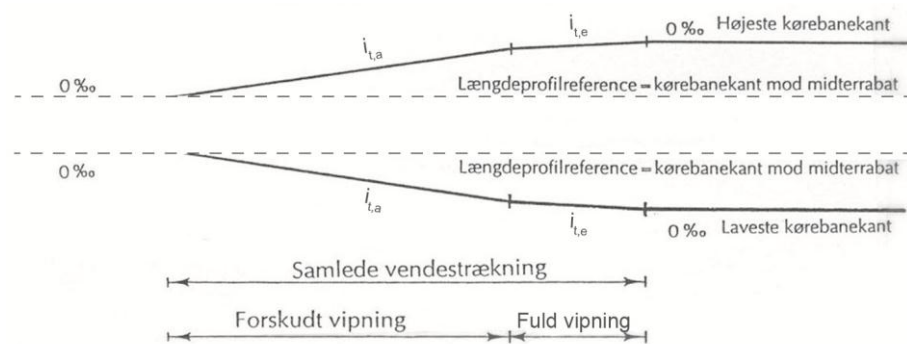
$$L_{vend} = (0,025 + 0,025) \times \frac{12}{0,006} = 100 \text{ m}$$



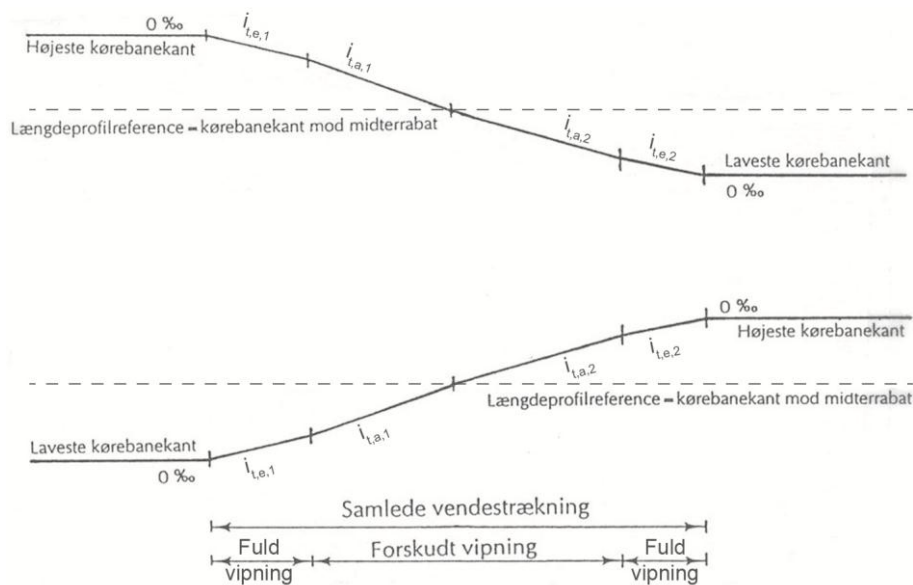
Figur 8.10 Relative længdeprofiler for vejens kørebaneanter ved vending af sidehældning mellem en ret linje og en kurve på en 2-sporet vej.



Figur 8.11 Relative længdeprofiler for vejens kørebaneanter ved vending af sidehældning i S-kurve med overgangskurver på en 2-sporet vej.



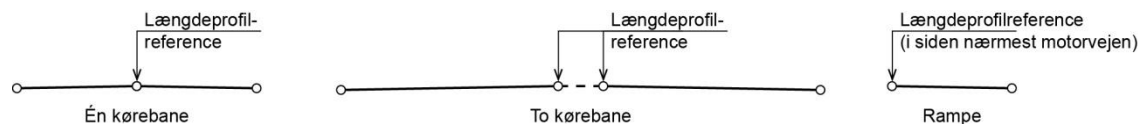
Figur 8.12 Relative længdeprofiler for vejens kørebaneanter ved vending af sidehældning mellem en ret linje og en kurve på en vej med midterrabat.



Figur 8.13 Relative længdeprofiler for vejens kørebaneanter ved vending af sidehældning i S-kurve med overgangskurver på vej med midterrabat.

8.4.8 Længdeprofil-reference

Vendingen af sidehældningen sker normalt om længdeprofilens referencelinje (se figur 8.10-8.13 og tillige figur 8.14), hvilket betyder, at koten for tværprofilens centerlinje i denne linje normalt skal være identisk med længdeprofilens kote på hele den samlede vendestrækning.



Figur 8.14 Beliggenheden af længdeprofilens referencelinje i tværprofilet (længdeprofilreferencen).

Som det fremgår af figur 8.12 er længdeprofilreferencen for veje med midterrabat normalt knyttet til begge de to kørebaneanter ind mod midterrabatten, eftersom disse kørebaneanter normalt ligger i samme kote, jf. afsnit 8.2.

8.4.9 Stabling

Der kan dog undertiden opstå grunde til at ønske de to kørebaneanter mod midterrabatten lagt i forskellig kote (såkaldt stabling). Situationen kan f.eks. opstå, hvor vejen i en horisontalkurve passerer på en bro over en dalsænkning, og hvor ønsket om størst mulig frihøjde under broen betyder, at den lavest liggende kørebane hæves. Stabling kan også være fordelagtig, hvor vejen forløber langs en skråning.



Figur 8.15 Eksempel på et staplet tværprofil.

Hvis stabling benyttes, bør den af æstetiske grunde tilvejebringes ved, at de to kørebaner gives hver sit selvstændige "flydende" længdeprofil (dvs. uden "knæk"). Stabling bør altså ikke tilvejebringes ved f.eks. hen over en vendestrækning at vende den ene kørebanes sidehældning om yderste kørebanekant. Følgen heraf kunne blive, at trafikanterne oplever et visuelt "dyk" af kørebanekanten ind mod midterrabatten.

8.4.10 Vendestrækningens placering

Ved overgang fra en retlinet strækning til en kurve sker vendingen af sidehældningen normalt inden for overgangskurven (se figur 8.8).

Ved overgang fra en horisontalkurve til en modsatvendt horisontalkurve placeres den egentlige vendestrækningens midtpunkt (hvor der er tagformet profil) så vidt muligt i overgangspunktet mellem vendeklotoidens to grene (se figur 8.9).

På veje uden overgangskurver placeres vendestrækningen på den retlinede strækning, så overhøjde er fuldt tilstede i kurven.

8.4.11 Dokumentation

Det er vigtigt, at vendestrækningens faktisk udførte overfladegeometri er omhyggeligt dokumenteret for eftertiden, så vendestrækningens egenskaber kan bevares under en senere udlægning af nyt slidlag.

8.5 Sidehældning på stier

8.5.1 Cykelstier

Cykelstier og gangstier kan anlægges med tagformet eller ensidigt profil afhængigt af omstændighederne. Ved anlæg af stier langs veje skal der tages hensyn til det samlede tværprofil og dets afvanding. Cykelstier udføres normalt med en sidehældning på 20-40 %. Ved horisontalradier mindre end 50 m bør stier i eget tracé have hældning mod kurvens centrum.

Hvor der er stor længdegradient, og stitrafikanterne derfor vil kunne opnå en høj hastighed, bør stien også ved større horisontalradier gives hældning mod kurvens centrum. Sidehældningen bør da være størst mulig, idet det påses, at den resulterende hældning ikke overstiger 70 %.

8.5.2 Grusbelagte stier

For grusbelagte stier anvendes oftest en maksimal sidehældning på 50 %.

9 BREDDEUDVIDELSER I KURVER

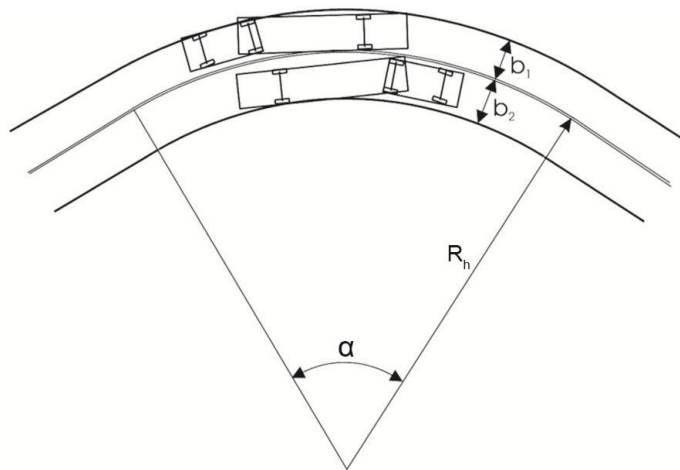
I kurver med lille radius vil det dimensionsgivende køretøj stille ekstra krav til køresporets bredde afhængigt af kurvens radius og længde. Af figur 9.1 fremgår for udvalgte radier den mindste bredde køresporet bør have, såfremt typekøretøjet SVT skal kunne gennemkøre kurven uden brug af arealer for modkørende trafik.

Kolonnen for sporareal anvendes for køresporet i kurvens yderside, mens kolonnen for sporareal + friareal anvendes for køresporet i kurvens inderside. Se figur 9.1 nedenfor.

Breddeudvidelsen bygges normalt op lineært over overgangskurvens længde. Ved lange overgangskurver kan breddeudvidelsen etableres over en kortere strækning.

I vendekurver, hvor begge kurver har breddeudvidelse, kan det være aktuelt at reducere breddeudvidelsen til det halve i vendepunktet og derefter fordele forskellen lineært på strækningen forbi vendepunktet.

Ved sammenhængende overgangskurver eller ved korte horisontalkurver bør breddeudvidelsen udføres over en længde svarende til en tredjedel af hastighedsgrænsen, hvilket ved 80 km/h svarer til 27 m.



Kurveradius R_h (m)	Kurvevinkel α (gon)	Mindste bredde af kørespor	
		Sporareal b_1 (m)	Sporareal + Friareal b_2 (m)
15	20	3,6	4,0
15	40	4,6	5,0
15	80	5,6	6,0
30	20	3,5	3,8
30	40	3,9	4,2
30	80	4,3	4,5
50	20	3,3	3,5
50	40	3,5	3,6
50	80	3,6	3,8
100	20	3,2	3,4
100	40	3,4	3,6
100	80	3,5	3,7
200	20	3,0	3,2
200	40	3,1	3,3
200	80	3,2	3,4

Figur 9.1 Mindste bredde af køresporet i kurver for typekøretøjet SVT.

10 OPMÆRKSOMHEDSPUNKTER

Ved planlægning af nyanlæg eller ombygning af eksisterende vejstrækninger vil der altid indgå kompromiser i forhold til udformning, omgivelser, sikkerhed, økonomi, osv. Det er vigtigt, at konsekvenserne af disse kompromisser har minimal betydning for sikkerheden og de omkringliggende omgivelser samtidigt med, at de økonomiske rammer er realistiske. Det er blandt andet også derfor, at valget af tracé for det pågældende vejstykke skal ses som en iterativ proces, hvor det endelige resultat optimeres.

De følgende afsnit beskriver en række af de konsekvenser, som den projekterende bør belyse i forbindelse med udarbejdelse af det politiske beslutningsgrundlag. Dette afsnit er ikke udtømmende, og den projekterende bør derfor vurdere, om der er andre konsekvenser end dem, der er omtalt i dette afsnit.

10.1 Hastighedstillæg

I forbindelse med valg af den dimensionerende hastighed er der taget stilling til, hvorvidt der i forbindelse med projekteringen skal indarbejdes et hastighedstillæg, og i givet fald hvor stort dette tillæg skal være.

Anvendelse af et hastighedstillæg vil bero på overvejelser omkring anlægsøkonomi og ønsket sikkerhedsniveau for vejen. Anlægsomkostningerne vil som regel kunne reduceres ved at udelade et hastighedstillæg. Dette vil i relation til tracéringen medføre en forringet trafiksikkerhed i form af forringede sigtforhold og/eller øget risiko for udskridning i kurver. Det er derfor vigtigt, at den projekterende i forbindelse med kvalificering af det politiske beslutningsgrundlag tydeliggør de trafiksikkerhedsmæssige konsekvenser ved valget af den dimensionerende hastighed.

Vedrørende processen og konsekvenser ved valg af dimensionerende hastighed henvises i øvrigt til håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer".

10.2 Trafiksikkerhed

Vejens tracé har betydning for trafiksikkerheden på vejen. Tracéet udformes under hensyntagen til den dimensionerende hastighed, den forventede trafikmængde og ikke mindst vejtypen. Disse parametre er afgørende for de beslutninger, der skal træffes undervejs i planlægningsprocessen. I de følgende afsnit beskrives konsekvenserne af den planlægning, der er beskrevet i de foregående kapitler i forhold til trafiksikkerheden.

10.2.1 Lille horisontalradius

Kurver med lille radius medfører risiko for uheld, især efter en længere strækning med en ret linje eller store radier. I kurver sker størstedelen af uheldene enten i starten eller i slutningen af kurven, hvorfor det er vigtigt at tage særlig hensyn til disse.

10.2.2 Stopsigt og overhalingssigt

Sigtforholdene er essentielle for trygheden og antallet af uheld på et vejstykke.

Manglende stopsigt giver trafikanterne dårligere muligheder for en sikker kørsel, idet de ikke får mulighed for at bremse op i passende tide, hvis noget spærrer for den frie passage på vejen. Derfor vil de enten ramme det pågældende objekt eller køre langsommere end planlægningshastigheden, fordi de ikke er trygge ved oversigtsforholdene. Denne problemstilling er størst hvis den dimensionerende hastighed er lig planlægningshastigheden.

Manglende overhalingssigt kan føre til hasarderede overhalinger på strækninger med mødesigt med uheld til følge.

10.2.3 Kryds

I forbindelse med proceduren for valg af tracé fastlægges fikspunkter i den indledende fase, for at sikre, at vejen opfylder basale krav om at forbinde forskellige punkter og undgå andre. Blandt sådanne fikspunkter er også kryds med andre veje. Det er vigtigt, at kryds ikke placeres i små horisontalkurver og på stejle stigninger, da det giver forøget uheldsrisiko, da oversigtsforholdene er mangelfulde. Derfor har udformningen af kryds betydning allerede i de indledende undersøgelser ved planlægning af nyanlæg eller ombygning af eksisterende vejstrækninger.

10.3 Kapacitet og serviceniveau

Valg af tracéringselementer har også betydning for vejens kapacitet og for serviceniveauet, hvilket beskrives nærmere i de følgende afsnit.

10.3.1 Maksimal stigning

Vejens maksimale længdegradient har betydning for lastvognes mulighed for at holde hastigheden og indgår i beregningen af idealkapaciteten. Ved projekteringen skal det overvejes, om problemer med stejle stigninger skal afhjælpes med en mindre maksimal stigning eller med et ekstra spor op ad bakken. Kraftige fald i længdegradienten giver ligeledes en forøget uheldsrisiko for de tungekøretøjer og bør derfor undgås.

10.3.2 Overhalingsmulighed

Manglende overhalingsmuligheder kan skyldes dårlige oversigtsforhold eller, at vejen ikke er projekteret efter, at det skal være muligt at overhale. Hvis der ikke er mulighed for at udføre overhalinger, vil det forringe vejen kapacitet.

Såfremt vejen på længere strækninger har spærrelinje på grund af manglende mødesigt eller som følge af afstribning som 2+1 vej, nedsættes rejsehastigheden på grund af lastvogne og langsomme køretøjer.

Manglende overhalingssigt opleves af trafikanterne som en lavere service på vejen og bør derfor undgås.

10.4 Landskab

Det er dog ikke kun forholdene for bilisterne på det pågældende vejstykke, som er vigtig. Det er også vigtigt at tage hensyn til de omkringliggende områder. Tracéets udformning og de deraf følgende afgravninger og påfyldninger kan have stor betydning for det landskab, vejen passerer. Dette beskrives nærmere i de følgende afsnit.

10.4.1 Natur

Vejtracéet kan påvirke naturområder, småbiotoper, spredningskorridorer og andre elementer i landskabet ved at indskrænke, forstyrre eller forurene naturområder, ved at etablere barrierer for spredningsmuligheder, ved at dræne vådområder og ved at fragmentere økologiske helheder.

Herudover kan vejtracéet også påvirke offentlighedens adgang til skove og naturområder. Vejtracéet kan desuden medføre indskrænkninger eller forstyrrelser af rekreative områder ved støj- og lyspåvirkning samt visuel forstyrrelse. Det er vigtigt, at der i videst muligt omfang tages hensyn til naturområder, således disse og adgangen dertil påvirkes mindst muligt.

10.4.2 Kulturhistorie

Vejtracéet kan medføre ødelæggelse af fortidsminder og bygninger samt fragmentering af bevaringsværdige kulturlandskaber, hvis der ikke tages tilstrækkeligt hensyn hertil. Da det kan være svært eller næsten umuligt at genoprette sådanne forekomster bør der i høj grad tages hensyn hertil.

10.5 Ejendomsforhold

Vejens tracé kan have stor betydning for den fremtidige drift af landbrugsejendomme, men ulemper kan ofte imødegås med en hensigtsmæssig jordfordeling. Samtidigt kan tracéet have stor betydning værdien af de ejendomme, som ligger i nærheden heraf. Priserne kan stige, hvis tilgængeligheden til en ejendom forbedres, men den kan samtidigt også falde, hvis det pågældende sted bliver udsat for støj og andre gener fra trafikken.

10.6 Økonomi

Vejens tracé har betydning for vejens anlægspris og driftsomkostninger. Da såvel anlægs- som driftsøkonomi har stor betydning for alle vejmyndigheder, er det vigtigt, at der er fokus på økonomien. Derfor bør den projekterende udarbejde økonomiske beregninger for de udarbejdede tracéer, så også dette element kan indgå i det politiske beslutningsgrundlag.

Vejens tracé har imidlertid stor betydning for vejens kvalitet og dermed oplevelsen af, om vejen er en rimelig investering både for brugerne og omgivelserne. Derfor kan et dårligt valg af tracé medføre ombygninger, som kan være yderst omkostningstunge. I forbindelse med ombygning af veje med bæreevneproblemer, smalle rabatter m.v. har den eksisterende vej begrænset værdi, og tracéet bør derfor ombygges til en standard, der svarer til det forbedrede tværsnit. Til håndbogen "Tværprofiler i åbent land" hører en model, som kan anvendes til at gennemføre økonomiske beregninger (forventes udarbejdet i 2013).



Niels Juels Gade 13
Postboks 9018
1022 København K
Telefon 7244 3333

vd@vd.dk
vejdirektoratet.dk

vejregler@vd.dk
vejregler.dk

EAN: 9788770608213

 **Transportministeriet**