



LINJEFØRING

ELEMENTENE

Kapitel

VII

Avsnitt

1

Side nr.

1

1.1 GENERELT

Linjeføringen bør resultere i en harmonisk romkurve hvor de enkelte elementer er innbyrdes avstemt og tilpasset vegens transportoppgave og dens omgivelser. Vegens dimensjonerende fart tjener som mål på den tilpasning.

Det er viktig med en naturlig samhörighet mellom linjeføringselementene. Detaljplanleggeren må derfor opptegne et fartsprofil som viser kjørefarten bestemt av vegens form for å kontrollere hvorvidt den valgte utforming resulterer i et jevnt fartsnivå. Raske endringer i fartsnivå reduserer vegens sikkerhetsmessige standard, og den geometriske utforming må derfor revideres der fartsprofilen eventuelt avslører slike endringer. Dimensjonerende fart og fartsprofil er nærmere beskrevet i kapittel IV.

1.2 SIKTFORHOLDENE

Den fastlagte verdi for dimensjonerende fart avgjør, sammen med vegtype og vegklasse, hvilke siktkrav som må tilfredsstilles. For vegklasse I må stoppsikt sikres. For vegklasse III må møtesikt sikres. På strekninger der det p g a topografien er vanskelig å oppnå møtesikt, bør vegen utvides til to felt. For vegklasse II må stoppsikt sikres, men målsettingen bør være å tilstrebe forbikjøringsikt.

På en veg som er dimensjonert for en relativt lav fart, vil det være strekninger hvor kjørefarten kan bli vesentlig høyere enn dimensjonerende fart. Dersom linjeførløpets karakter endres vesentlig langs en vegstrekning, for eksempel ved overgang til skarpere kurvatur, bør siktforholdene og den optiske linjeføring være så god at trafikantene kan oppdage endringer i linjeførløpet i god tid.

1.3 HORISONTALTRASEEN

Så langt det er mulig skal vegen føyes etter terrengformasjonene slik at den ikke dominerer landskapet. Utstrakt bruk av lange rettstrekninger kan lett føre til et uharmonisk linjeførløp. I flatt terreng, brede dalfører o l er imidlertid rettstrekninger mer anvendbare enn i andre landskapsformasjoner.



LINJEFØRING

SIKTFORHOLD OG SIKTLENGDER

2.1 SIKTKRAV GENERELT

Med sikt menes sammenhengende synlig veglengde foran en vognfører. Minimum sikt, stoppsikt, må være stor nok til at kjøretøyet kan stoppes før det når et uventet hinder i kjørebanelen. Andre siktkrav er møtesikt og forbikjøringssikt. Kriterier for måling av sikt er gitt under punkt 2.5.

2.2 STOPPLENGDE/STOPPSIKT

Stopplengden er den teoretisk minste lengde som medgår til reaksjon og bremsing for å stoppe et kjøretøy. Sikt som tilsvarer stopplengden kalles stoppsikt. Minimum stopplengder for ulike fart og stigningsgrad er gitt i figur VII-2.2. Ved bestemmelse av stopplengde i vertikalkurver nyttes ugunstigste verdi for stigningsgraden.

2.3 MØTESIKT

Møtesikt er sikt frem til et kjøretøy som kjører i motsatt retning i samme kjørefelt. Dimensjonerende møtesikt er summen av de to vogners stopplengde på horisontal veg pluss 10 meter som sikkerhetsavstand.

Figur VII-2.1 angir verdier av dimensjonerende møtesikt for ulike fart for rettstrekninger,

Dimensjonerende fart (km/h)	Dimensjonerende møtesikt (m)
30	60
40	80
50	110
60	150
70	190
80	240

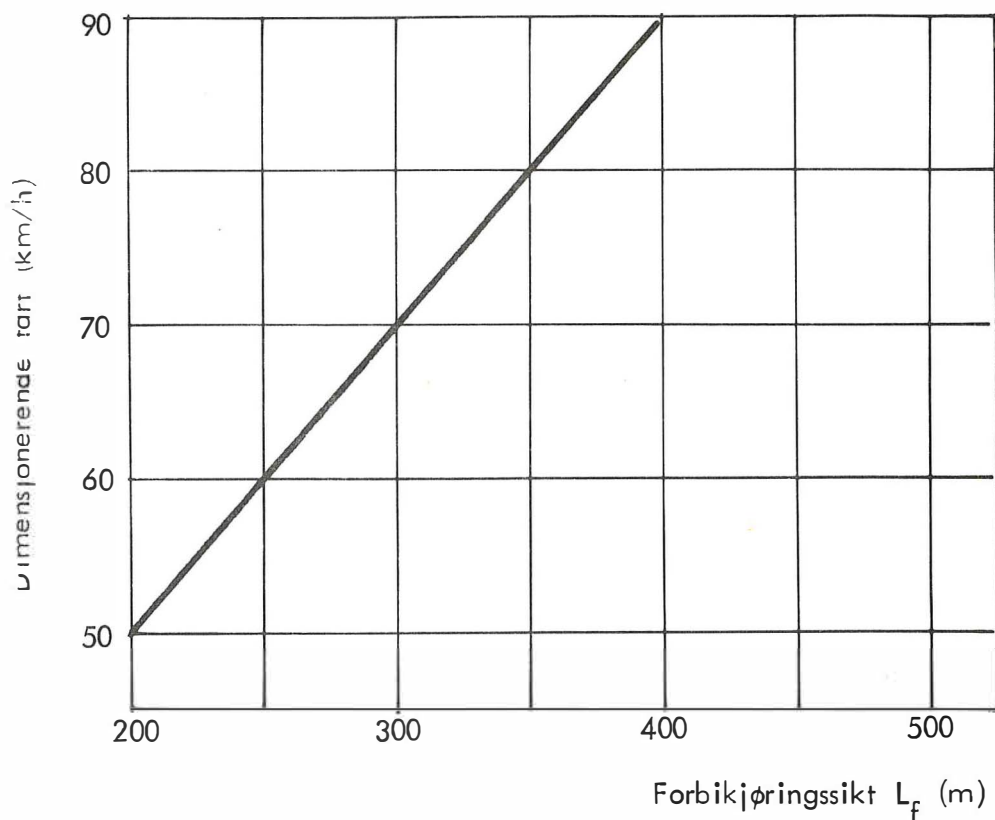
Figur VII-2.1: Dimensjonerende møtesikt ved ulike verdier av dimensjonerende fart



2.4 FORBIKJØRINGSSIKT

Med forbikjøringssikt menes nødvendige sikt til møtende kjøretøy i det øyeblikk en trygg forbikjøring starter.

Figur VII-2.3 viser nødvendig siktlengde for forbikjøring ved ulike fartsnivå

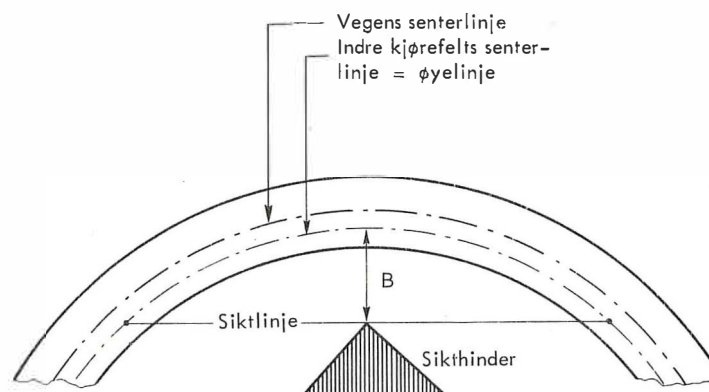


Figur VII-2.3: Nødvendig siktlengde for forbikjøring

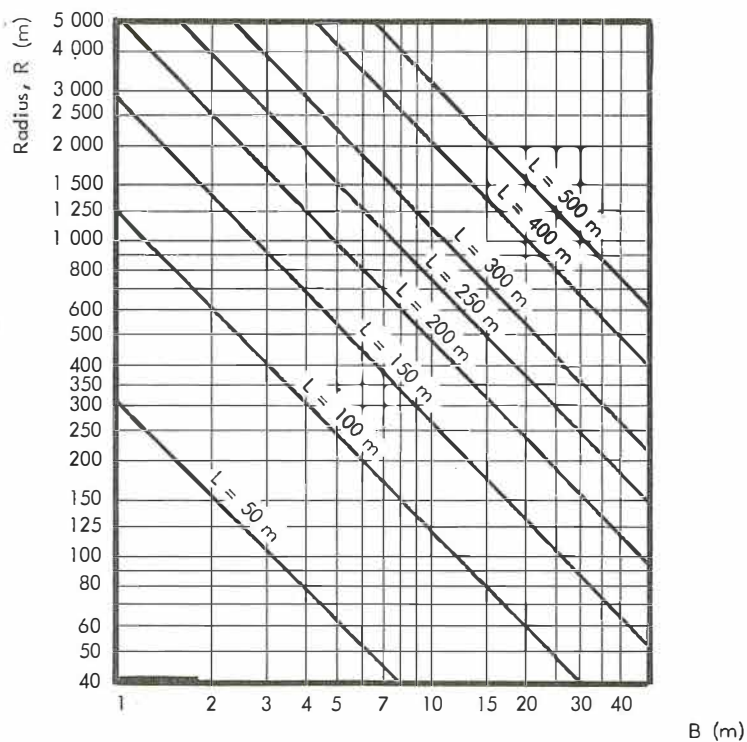


LINJEFØRING

SIKTFORHOLD OG SIKTLENGDER



Figur VII-2.4: Sikthinder og siktklinje i kurver. (Siktlengden måles langs indre kjørefelts senterlinje.)
Figur VII-2.4 viser verdier for B ved ulike siktlengder og radier.



Figur VII-2.5: Nødvendig avstand B fra indre kjørefelts senterlinje til sidehinder ved forskjellige kurveradier R og siktkrav L.



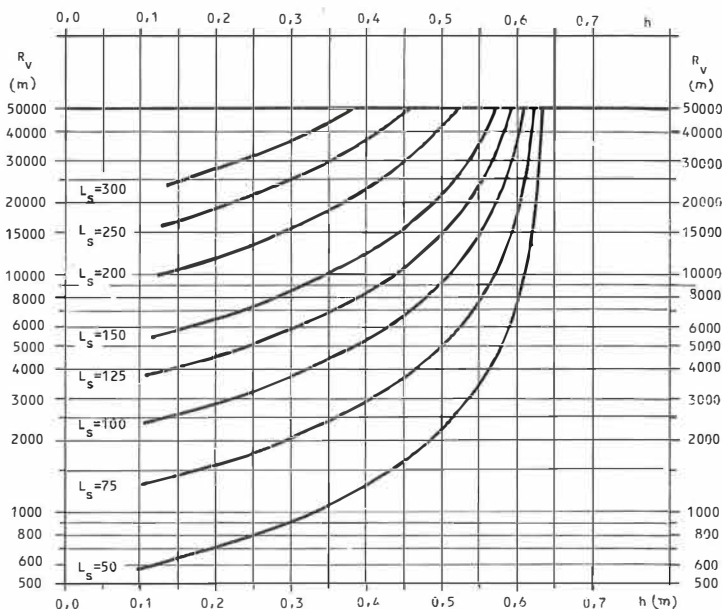
LINJEFØRING

SIKTFORHOLD OG SIKTLENGDER

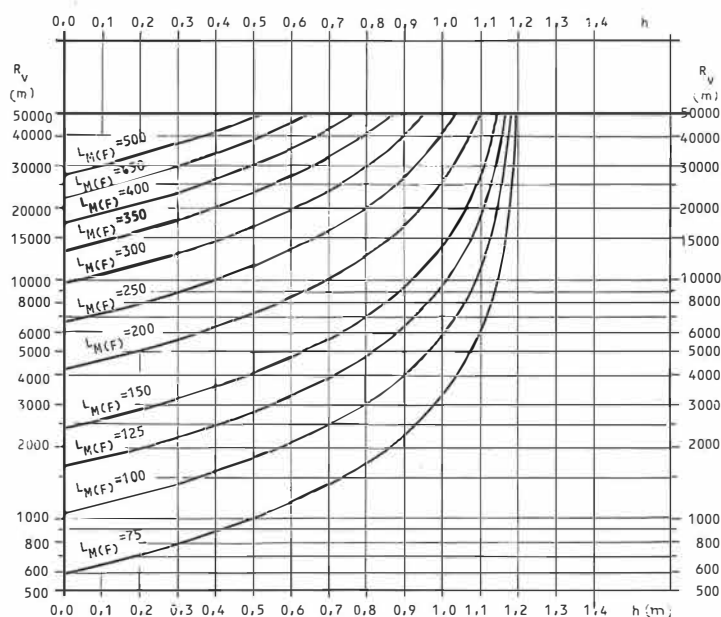
Kapitel VII

Avsnitt 2

Side nr. 7



Figur VII-2.8: Største tillatte høyde, h , for skråning eller terreng (ved sikthinder) i avstand B fra indre kjørefelts senterlinje når krav til stoppsikt skal oppfylles i ulike vertikalkurver, R_V



Figur VII-2.9: Største tillatte høyde, h , for skråning eller terreng (ved sikthinder) i avstand B fra indre kjørefelts senterlinje når krav til møtesikt og forbikjøringssikt skal oppfylles i ulike vertikalkurver, R_V



LINJEFØRING

HORISONTALTRASEEN

3.1 OVERHØYDE

Et kjøretøy blir ved kjøring i kurve utsatt for en tverrkraft som virker inn på kjøretøyets føring og på kjørekomforten. En veg legges med overhøyde gjennom kurver for delvis å motvirke den horisontale komponent av tverrkraften. Overhøyde er vegens ensidige tverrfall i kurve (regnet fra horisontalt nivå).

Betingelsen for at sideglidning ikke skal opptre er at:

$$e + f_k \geq \frac{V^2}{127 R}$$

hvor

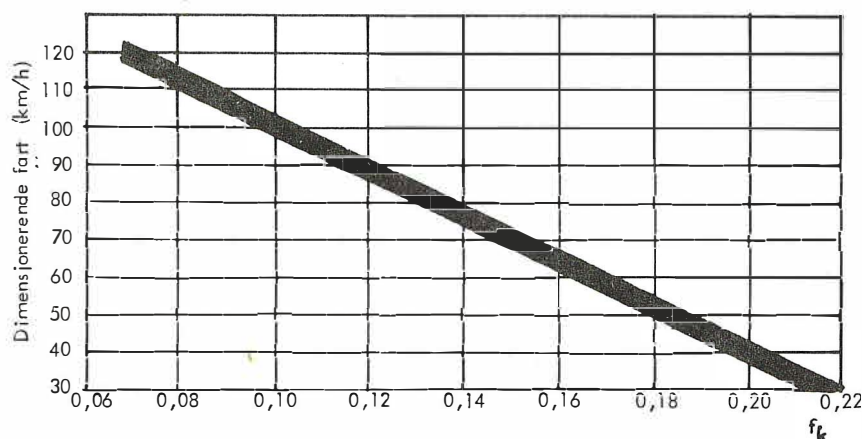
V = dimensjonerende fart (km/h)

R = kurveradius (m)

e = overhøyde (m/m)

f_k = sidefriksjonsfaktor

Figur VII-3.1 viser største tillatte verdier for f_k ved ulike dimensjonerende fart.



Figur VII-3.1: Sidefriksjonsfaktor ved ulike dimensjonerende fart

Største tillatte overhøyde er fastsatt til 7%, og overhøyden i kurver skal ingen steder være mindre enn det normale tverrfall på rettstrekning.

Den skal ha sin største tillatte verdi, $e = 0,07$, når kurveradien har sin minste tillatte verdi, R_{\min} . For kurver med radius større enn R_{\min} finnes overhøyden direkte fra figur VII-3.2.



I kurver med store radier er det ikke nødvendig å legge vegen med overhøyde. Figur VII-3.3 angir de minste kurveradier som kan brukes når vegen skal ha vanlig takprofil gjennom kurven.

Dimensjonerende fart V (km/h)	Minste kurveradius uten overhøyde (m)
≤ 60	1200
70	1500
80	2000
90	3000
100	4000
110	5000
120	7000

Figur VII-3.3: Minste kurveradius uten overhøyde for ulike verdier av dimensjonerende fart

3.2 HORISONTALKURVER

Med utgangspunkt i de største tillatte verdier for overhøyde og sidefriksjonsfaktor kan den minste tillatte kurveradius, R_{min} , ved ulike dimensjonerende fart beregnes etter formelen

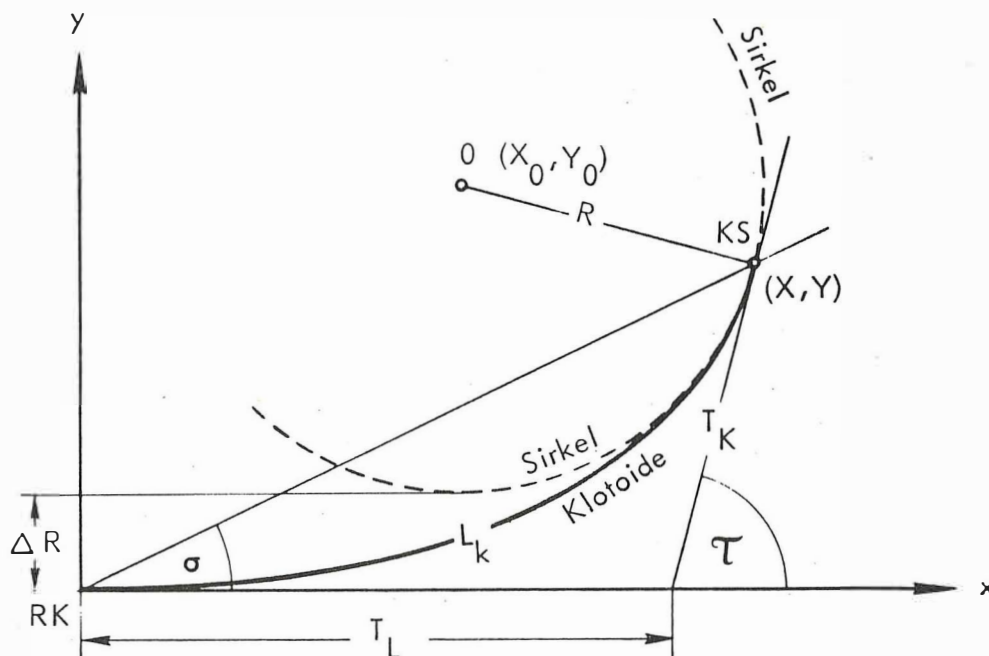
$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e + f_k)}$$

Figur VII-3.4 angir avrundede verdier av R_{min} .

Dimensjonerende fart, V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Minste tillatte kurveradius, R_{min} (m)	25	45	80	125	175	250	350	450	600	800

Figur VII-3.4: Minste tillatte kurveradius ved maksimal overhøyde 7% ved ulike verdier av dimensjonerende fart

Disse grenseverdier er fastlagt ut fra kjøredynamiske vurderinger og sikrer ikke nødvendigvis tilfredsstillende siktforhold. En siktkontroll, som omtalt i avsnitt VII-2.6, er nødvendig i alle horisontalkurver.



Figur VII-3.5: Klotoidens konstruksjonselementer

Tegnforklaring til figur VII-3.5:

- | | | |
|------------|---|--|
| RK | = | overgangspunkt rettlinje - klotoid |
| KS | = | overgangspunkt klotoid - sirkel |
| L_k | = | klotoidens kurvelengde |
| O | = | sirkelkurvens sentrum |
| R | = | sirkelkurvens (hovedkurvens) radius |
| ΔR | = | tangentavsett |
| T_K | = | den korte tangent |
| T_L | = | den lange tangent |
| X, Y | = | koordinater for overgangspunkt fra klotoid til sirkel |
| X_0, Y_0 | = | koordinater for sirkelkurvens sentrum |
| σ | = | retningsvinkel for klotoidens hovedkorde (korde fra RK til KS) |
| τ | = | klotoidens brytningsvinkel (retningsendring) |

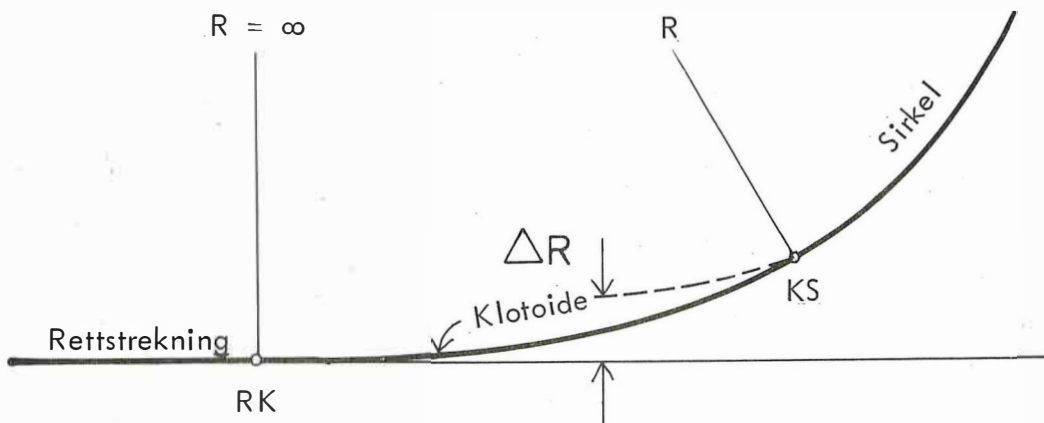


LINJEFØRING

HORISONTALTRASEEN

3.3.2 ENKEL OVERGANGSKURVE

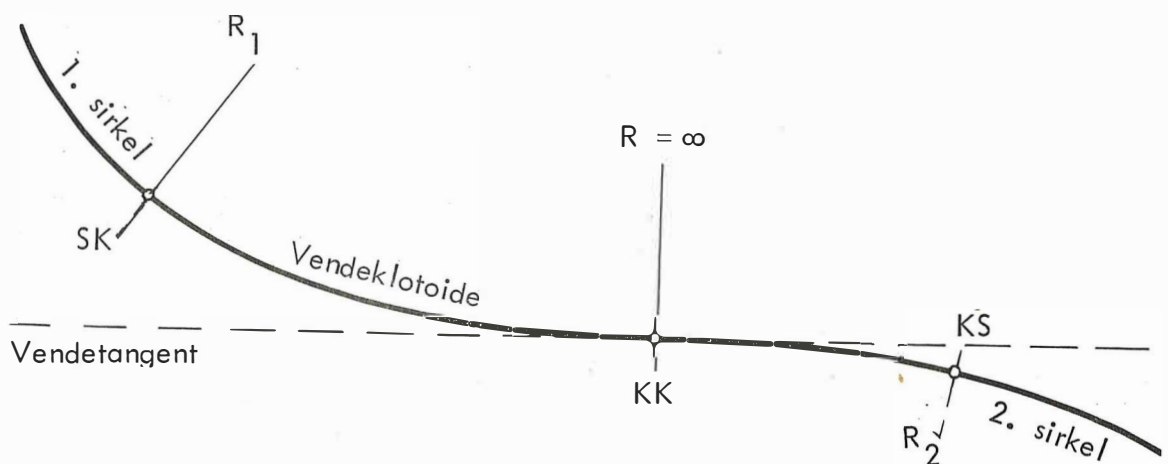
Når klotoiden benyttes som enkel overgangskurve mellom rettstrekning og sirkelkurve, skal størst mulig parameter benyttes.



Figur VII-3.7: Klotoiden som enkel overgangskurve

3.3.3 VENDEKLOTOIDE

Vendeklotoiden, S-kurven, benyttes som overgangskurve mellom to motsattrettede sirkelkurver, og kommer ofte til anvendelse i kupert terreng og på steder hvor det er nødvendig å skifte retning relativt hyppig. Et eksempel er vist på figur VII-3.8 hvor overgangskurven består av to motsattrettede klotoider av forskjellig lengde og parameter. I vendepunktet KK er $R = \infty$.

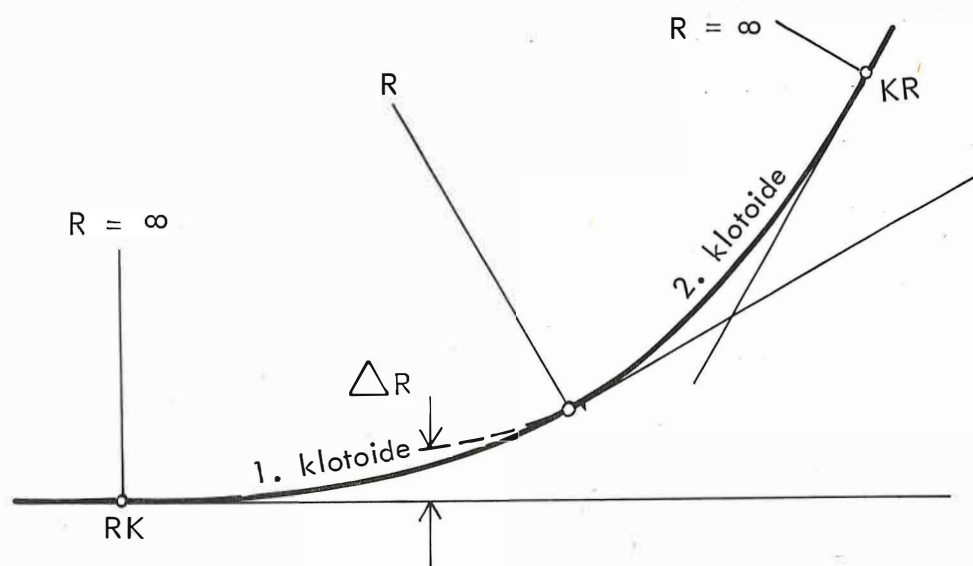


Figur VII-3.8: Begge klotoider må tilfredsstille kravene til A_{min} . Normalt bør størrelsen på klotoidparametrene harmonere med de respektive sirkelradier.



3.3.5 SAMMENSTØTENDE KLOTOIDER

I punktet hvor klotoidene støter sammen må $R \geq R_{\min}$. Kravene til A_{\min} er uforandret.



Figur VII-3.10: Sammenstøtende klotoider

3.3.6 SAMMENSATTE KLOTOIDER

Sammensatte klotoider på fri vegstrekning er kjøredynamisk uheldig og bør om mulig erstattes med eggkurve eller enkel overgangskurve. Det anbefales at $A_1/A_2 < 1,3$. Kravene til A_{\min} gjøres gjeldende for den minste klotoiden med parameter A_2 .

3.4 OPPBYGGING AV OVERHØYDE

Overhøyden skal helt eller delvis bygges opp over overgangskurvens lengde.

Full overhøyde skal være etablert i det punkt sirkelen begynner.

For overgangskurver med parameter A_{\min} og nær ned mot A_{\min} må oppbyggingen fra takfall på rettlinje til ensidig tverrfall i kurve skje med at ytre kjørefelt bygges opp til $e = 0$ på rettlinjen.



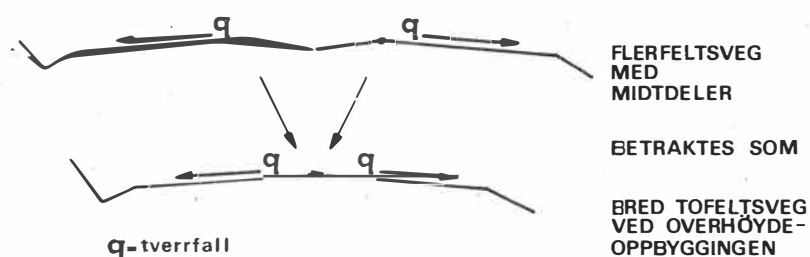
LINJEFØRING

HORISONTALTRASEEN

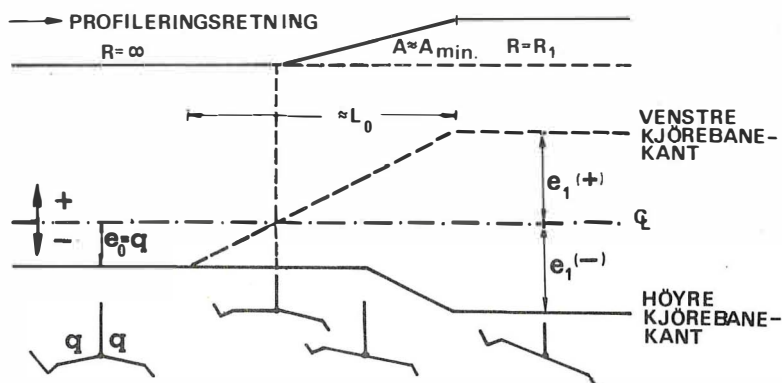
I en vendekurve med en kort rettlinje betraktes rettlinjen som en del av kloidene når lengden på rettlinjen er mindre enn

$$L = \frac{A_1 + A_2}{20}, \text{ der } L_{\min} = 10 \text{ m}$$

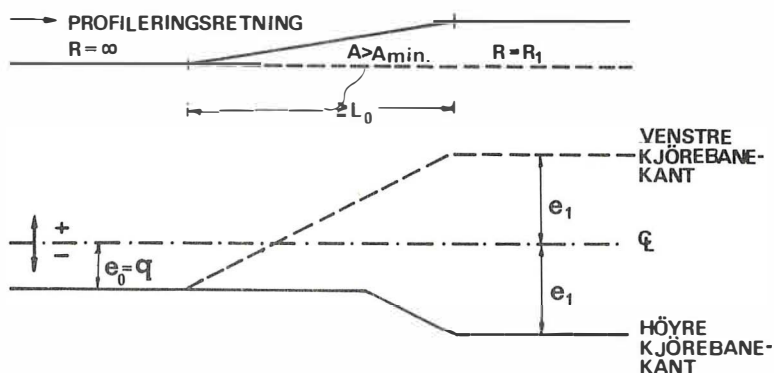
d v s tverrfallet bygges ikke ned til takfall på slike korte rettlinjer.



Figur VII-3.12: Prinsippskisse for overhøydeoppbygging for flerfeltsveger



Figur VII-3.13: Overhøydeoppbygging med overgang rettlinje - sirkel, der parameter A er tilnærmet lik A_{\min}



Figur VII-3.14: Overhøydeoppbygging ved overgang rettlinje - sirkel, der parameter A er endel større enn A_{\min}



3.5 BREDDØKNING I KURVER

Kjørefeltbredden i kurver på fri veg kan beregnes etter formlene:

$$F_{kl} = b + b_x$$

$$F_{kll} = b + b_x + b_o$$

hvor

$$F_{kl} = \text{bredden av et separat kjørefelt eller ytre kjørefelt på kjørebane med flere kjørefelter}$$

$$F_{kll} = \text{bredden av andre kjørefelter enn angitt over}$$

$$b = \text{kjørefeltets bredde på rettlinje}$$

$$b_x = \text{økningen av hjulsporavstanden}$$

$$b_o = \text{breddeøkningen p g a overheng}$$

3.5.1 2-felts veg

For å forenkle arbeidet, er det utarbeidet diagram, figur VII-3.18, for beregning av breddeutvidelse i kurver på 2-felts veg. De brukes slik:

1. Det bestemmes hvilket typekjøretøy, SP eller L, som skal være dimensjonerende for kurven.
2. I diagrammene finnes nødvendig breddeutvidelse for 2-felts veg. Verdiene avrundes til nærmeste 0,10 m.
3. Breddeutvidelsen fordeles med én halvpart på begge sider av vegen. Breddeutvidelsen utføres normalt over overgangskurvens lengde. Ved lange overgangskurver kan breddeutvidelsen utføres over en kortere strekning. I så tilfelle må det kontrolleres at breddeutvidelsen på det punkt hvor overgangskurvens krumning tilsvarer $R = 350$ m får en breddeutvidelse lik 0,4 m.

3.5.2 4-felts veg

4-felts veger med midtdeler behandles som to 2-felts veger.



LINJEFØRING

HORISONTALTRASEEN

3.6 SLYNG

De generelle regler for største tillatte stigningsgrad og resulterende fall gjøres gjeldende for indre kjørefeltkant i slyng. Dersom hensyn til trafikkavvikling på vinterstid og vintervedlikehold tilsier det, bør resulterende fall holdes så lavt som mulig.

3.6.1 Slyng på 1-felts veg

For slyng på 1-felts veg brukes samme utforming av kjørefeltkantene som for separate kjørefelter i kurve.

3.6.2 Slyng på 2-felts veg

Slyng skal tillate møte i kurven mellom dimensjonerende kjøretøy SP og P eller L og P. Slynget utformes på følgende måte:

1. Kjørefeltkantene for indre kjørefelt fastlegges (for vegens dimensjonerende kjøretøy) som for et separat kjørefelt
2. Ytre kjørefelt skal ha nødvendig bredde for typekjøretøy P. Hvis kjørefeltbredden på rettløpe er større enn den beregnede bredde i kurven, skal rettløpebredden brukes også gjennom kurven.
3. Ytre kant av ytre kjørefelt utformes som sirkelkurve over samme vinkel og med samme senter som ytre kant av indre kjørefelt.
4. Ytre kjørefelts eventuelle breddeøkning utjevnes lineært over en lengde av 10-15 m på begge sider av sirkelkurven (se figur VII-3.19).



LINJEFØRING

VERTIKAL LINJEFØRING

4.1 STIGNINGER

Øvre grense for senterlinjens stigningsgrad relateres til dimensjonerende fart, som vist i figur VII-4.1.

Ved lav dimensjonerende fart er det nødvendig å sette visse krav til resulterende fall

$$S_r = \sqrt{s^2 + e^2}$$

Dette kravet knyttes også til forholdene langs senterlinjen.

For å sikre avrenning fra vegbanen, må en sørge for at det ingen steder i vegbanen er et resulterende fall mindre enn en viss minsteverdi.

Største verdi og minste verdi for resulterende fall S_r skal være henholdsvis 105‰ og 5‰.

Dimensjonerende fart - km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Største tillatte stigningsgrad for S_r , s (‰)	100	95	90	80	70	60	55	50	45	40

Figur VII-4.1: Krav til stigning

4.2 VERTIKALKURVER

4.2.1 Generelt

Overgang fra en stigning til en annen utjevnes med en vertikalkurve. Når vertikalkurven skal velges, er hensynet til siktkravene avgjørende, men det må også tas hensyn til kjørekomfort, estetikk og drenasje.

Vertikalkurvene utformes som parabelbuer. Når stigningslinjenes teoretiske skjæringspunkt (vertikalvinkelpunktet) ligger over vegbanen, betegnes kurven som høybrekkskurve, mens den betegnes som lavbrekkskurve når skjæringspunktet ligger under vegbanen.



LINJEFØRING

VERTIKAL LINJEFØRING

4.2.3 Krav til vertikalkurven

1. Høybrekkskurver

Det siktkrav som stilles til vegen er angitt (som en funksjon av dimensjonerende fart) i figur VII-2.1, figur VII-2.2, figur VII-2.3 og figur VII-2.5.

Med utgangspunkt i siktkravet kan minste radius i parabelbuens toppunkt finnes for

- stoppsikt i figur VII-4.3
- møtesikt og forbikjøringsikt i figur VII-4.4

Av estetiske grunner bør ikke minimums verdier velges i små stigningsbrekk, selv om siktkravene tilfredsstilles.

2. Lavbrekkskurver

Av hensyn til sikt ved kjøring i mørke, settes krav til minste radius i parabelbuens toppunkt i lavbrekkskurver. Med utgangspunkt i kravene til stoppsikt finnes minimumsverdiene i figur VII-4.5. Krav til minste radius i parabelbuens toppunkt utledes av krav til kjørekraft (vertikalakselerasjon) og finnes i figur VII-4.6. Dette kan komme til anvendelse ved små stigningsbrekk hvor stoppsiktkravet tilfredsstilles ved lavere verdier enn angitt i figur VII-4.5. Av estetiske grunner bør normalt større verdier benyttes. Spesielt må kontrolleres at stoppsikt sikres ved brokonstruksjoner i lavbrekkskurver.



4.3 KRABBEFELT

En vegs kapasitet og sikkerhetsmessige standard reduseres betydelig i stigninger som er lange og bratte nok til å forårsake at en dimensjonerende tung bils fart synker under et visst minimumsnivå. Reduksjon av stigningsgraden, en mindre omlegging av selve veglinjen, utbygging til 4 kjørefelter over en lengre parsell eller bygging av eget krabbefelt for tungtrafikken kan være alternative tiltak for å bedre trafikkavviklingen på vegen i slike tilfelle. Erfaringsmessig viser det seg at en omlegging av veglinjen sjelden er et reelt alternativ hvis den medfører en forlengelse av veglengden. Økningen i kjørekostnader og vedlikeholdskostnader blir i slike tilfeller som regel større enn de besparelser som eventuelt kan oppnås i anleggskostnader. På grunn av de mange faktorer som virker inn på dette problem, er det vanskelig å gi en generell regel for hvilke tiltak som skal anvendes i de forskjellige situasjoner som oppstår. Konsekvensene av de forskjellige alternativer med hensyn til anleggs-, vedlikeholds- og kjørekostnader må vurderes før en avgjørelse blir tatt.

Hvor krabbefelt er den beste løsning for den aktuelle situasjon, skal de nødvendige beregninger foretas etter de retningslinjer som angis nedenfor. Behovet for krabbefelt uttrykkes her som en funksjon av trafikkmengder, trafikk sammensetning, stigningsgrad og stigningslengde.

4.3.1 Hovedplanlegging

For hovedplanleggingen og for preliminære kostnadsoverslag er det for tidkrevende å arbeide seg gjennom nøyaktige beregninger av krabbefeltets lengde osv for hver enkelt stigning. I tabell VII-4.3 er derfor angitt de største tillatte stigningslengder uten krabbefelt, relatert til vegtyper og alternative verdier av dimensjonerende hastighet.

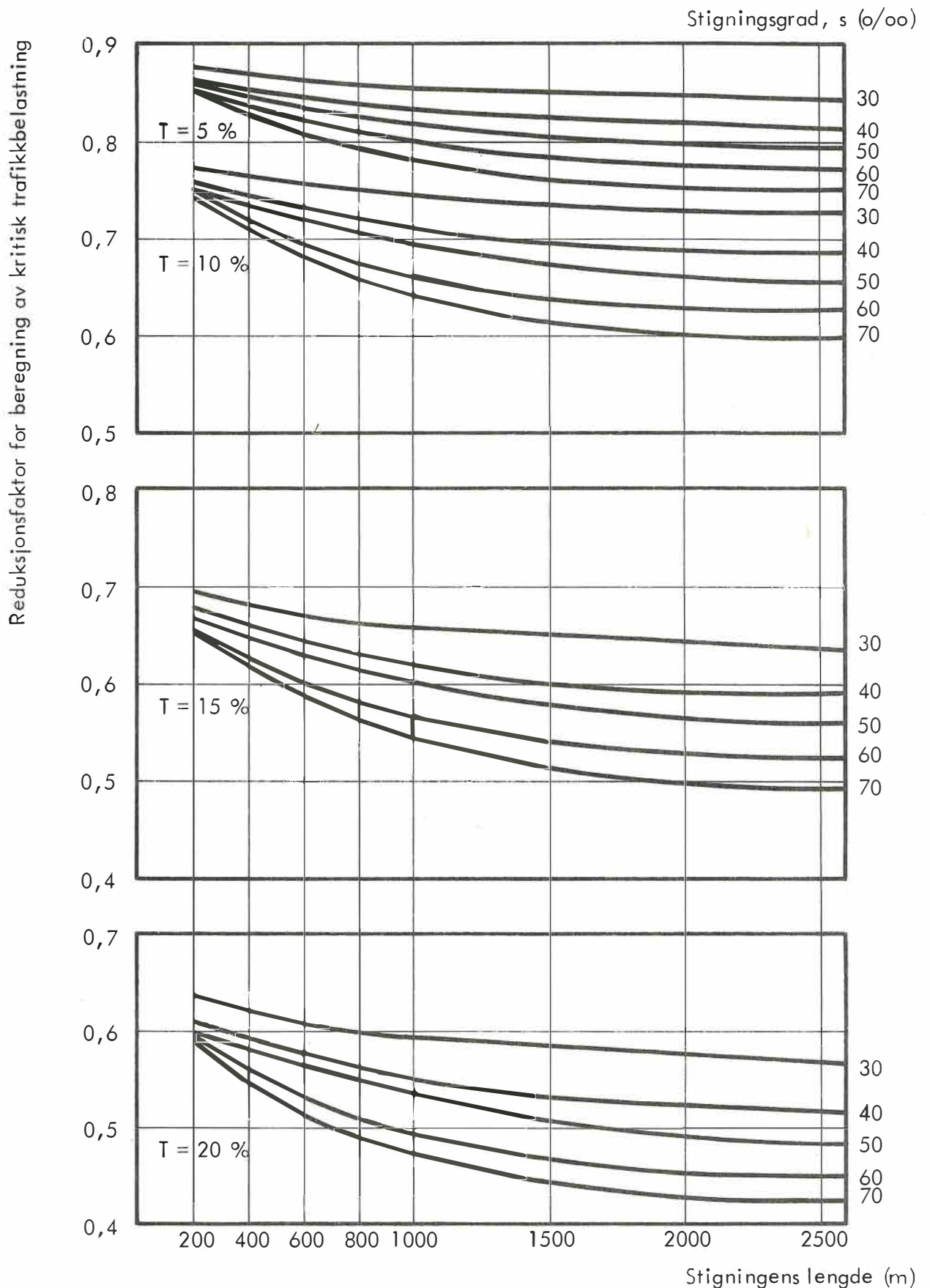
Stigningsgrad	Vegtype C og D			Vegtype A og B	
	V = 70 km/h	V = 80 km/h	V = 90 km/h	V = 80 km/h	V = 100 km/h
30 o/oo	-	-	-	-	800
40 o/oo	-	-	700	600	400
50 o/oo	-	500	400	300	-
60 o/oo	400	300	250	-	-
70 o/oo	225	-	-	-	-

Tabell VII-4.3: Største tillatte stigningslengde (m) uten krabbefelt når $M \geq 700 \cdot F_h \cdot F_s$ (kj/h).

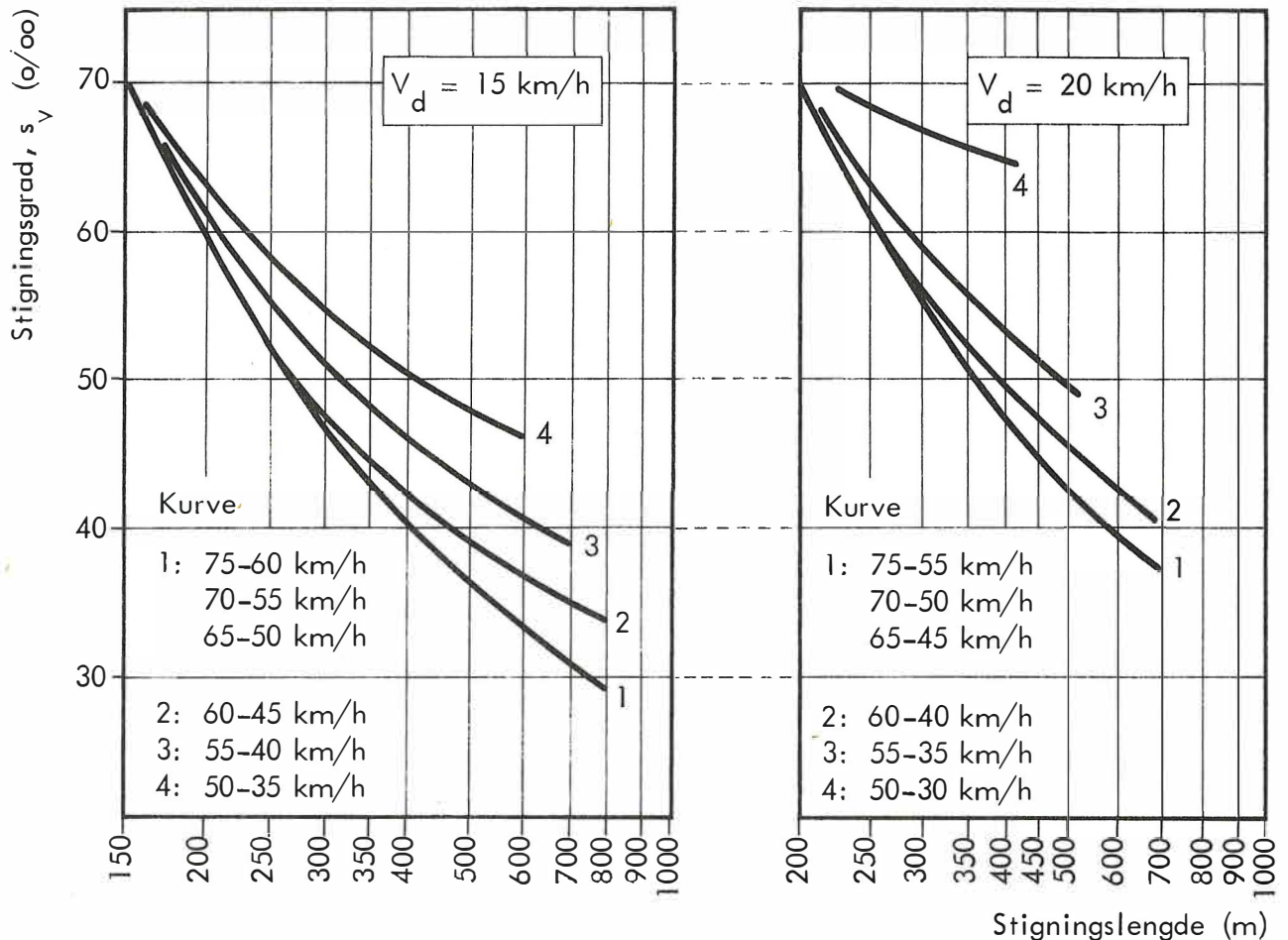


LINJEFØRING

VERTIKALTRASEEN



Figur VII-4.7: Reduksjonsfaktor for beregning av kritisk trafikbelastning ved forskjellige verdier av stigningsgrad, stigningslengde og prosentandel tunge biler, T .



Figur VII-4.8: Stigningenes kritiske lengder ved 15 og 20 km/h hastighetsreduksjon på ulike hastighetstrinn.

4.3.3 Geometrisk utforming av krabbefelt

Krabbefeltet skal ha full bredde i det punkt hvor kritisk stigningslengde er nådd. Forut for dette punkt bygges en rettlinjet overgang. Til grunn for beregning av overgangslengden legges tungtrafikkens hastighetsnivå og en sideforflytningshastighet på 1,0 m pr sekund.

Krabbefeltet gis samme bredde som det gjennomgående kjørefelt. Skulderen langs krabbefeltet bør være like bred som langs vegen forøvrig, men ikke bredere enn 0,75 m.

2-felts vegens midtlinje må være tydelig oppmerket, og hvor det er praktisk gjennomførbart bør det nyttes et lysere (eller mørkere) vegdekke på krabbefeltet enn på vegen forøvrig.



4.3.4 Anlegg av ekstra kjørefelt i uoversiktlig terreng

Krav til møte- eller forbikjøringsikt fører til at veglinjen blir vanskelig å tilpasse et kupert og uoversiktlig terreng. Dersom kravet til møtesikt skal tilfredsstilles overalt langs en 1-felts veg, kan det resultere i betydelige masseforflytninger i slikt terreng. En rimeligere løsning kan være å utvide til 2-felts veg fordi bare stoppsikt må sikres. Veglinjen blir følgelig smidigere og kan lettere tilpasses terrenget. Dette betinger imidlertid at vegens midtlinje må oppmerkes.

I enkelte tilfelle kan det være ønskelig å sikre tilstrekkelig møte- eller forbikjøringsikt langs en 2-felts veg. I likhet med 1-felts vegen fører dette til store anleggskostnader dersom terrenget er kupert. Et gunstig alternativ er da å utvide til 4 kjørefelter i slikt terreng. 4-felts vegen dimensjoneres for stoppsikt og gir de forbikjøringsmuligheter som ønskes. Veglinjen kan føyes bedre etter terrenget og til tross for et større tverrprofil kan det oppnås meget betydelige besparelser i anleggskostnadene.

En 2-felts veg som senere skal utvides til 4-felts veg skal dimensjoneres for stoppsikt. Av hensyn til vegens kapasitet og dermed fremtidige utbyggingsår er det nødvendig å undersøke i hvilken grad møte- eller forbikjøringsikt er tilstede. Det vises her til beregningsmetode for vegers kapasitet i kapittel V.

4.4 EKSEMPLER

4.4.1 Eksempel 1

Det forutsettes i dette eksempel at det for en avkjørselsfri 2-felts veg med dimensjonerende hastighet 90 km/h skal sikres tilstrekkelig møtesikt langs en gitt strekning. Det fremgår av tabell VII-2.1 at dimensjonerende møtesikt for denne vegtype er 310 m.

Tangentene til en vertikalkurve på den aktuelle vegstrekning skjærer hverandre ved pel 100. Skjæringspunktets høyde er 122,50 m. De to stigningsgradene er: $s_1 = +50$ o/oo og $s_2 = -40$ o/oo): $s_d = 90$ o/oo.

Fra figur VII-4.4 fremgår det at $L_{vk} = 900$ m. Kurvepunktene er derfor ved pel 55 og pel 145 med planumshøyder henholdsvis 100,00 og 104,50 m.



LINJEFØRING

VERTIKALTRASEEN

Kapitel

VII

Avsnitt

4

Side nr.

13

Fra figur VII-4.3 finnes $L_{vk} = 510$ m. L_{vk} avrundes vanligvis oppover til nærmeste 20 m slik at kurvepunktene faller på hel pel. I dette tilfelle settes $L_{vk} = 520$ m, og kurvepunktene blir da ved pel 574 og 626. Planumshøydenene for kurvepunktene blir henholdsvis 109,5 m og 112,1 m.

$$c = -8,65 \cdot 10^{-5}$$

for $x = \frac{L_{vk}}{2}$ blir $y = 116,65$ m.

Kurvens høyeste punkt ligger 288,89 m fra kurvens begynnelse, d v s ved pel 602 + 08,89.