

prof.dr.ir. Hans De Backer

Associate professor

Ghent University

Department of Civil Engineering

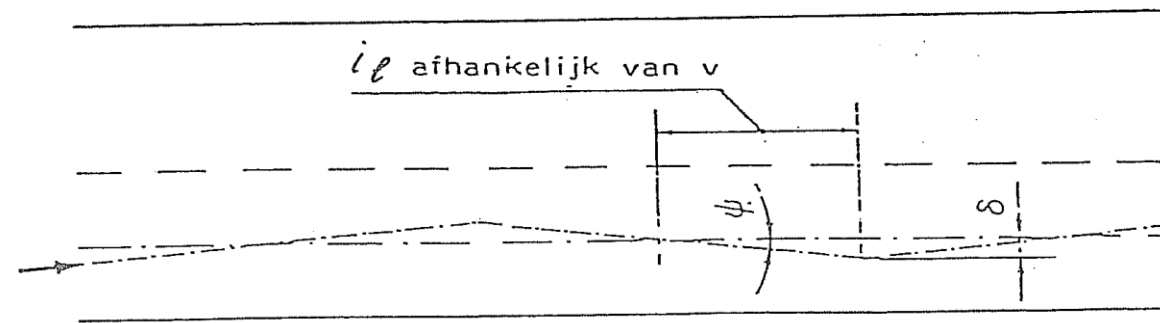
Technologiepark Zwijnaarde 60 – 9052 Zwijnaarde

- Basisgegevens ruimtegebruik
- Geometrie van het lengteprofiel
- Ruimtegebruik in het verticale vlak
- Ruimtelijke beeldvorming (lijnvorming)
- Grenswaarden voor de lijnvorming
- Praktijk: ontwerpplannen

- Om het ruimtegebruik van een nieuw aan te leggen weg te bepalen, zijn er naast de bochtstraal, de langshelling en het minimale dwarsprofiel nog enkele andere zaken waar men rekening mee moet houden:
 - Vetergang
 - De gevolgde weg bij het beschrijven van bogen
 - Bijzondere kenmerken van het voertuig
 - Nodige zichtbaarheid (horizontaal en verticaal)
 - Reserveruimte
 - Aanmeetbare intensiteit

Vetergang:

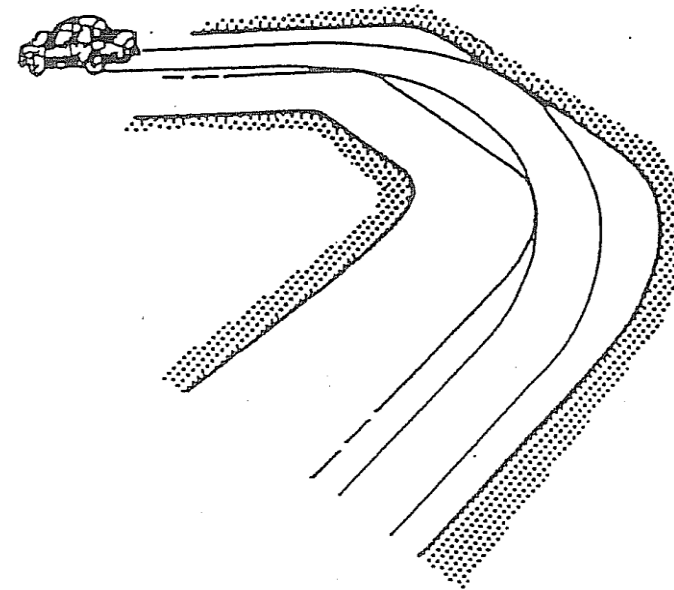
Wanneer een weggebruiker een voertuig bestuurt over een rechte weg, blijkt dat zelfs een ervaren bestuurder niet in staat is een perfect rechte lijn te volgen. Dit wordt veroorzaakt door diverse zijdelingse krachten zoals oneffenheden, wind, enz. De bestuurder tracht hierop steeds te reageren door een koerscorrectie, doch dat gebeurt pas nadat hij de afwijking heeft waargenomen en beslist heeft in te grijpen. De grootte van de afwijking wordt voornamelijk bepaald door de snelheid van het voertuig;



Vetergang van de rechtlijnige beweging

De gevolgde weg bij het beschrijven van bogen:

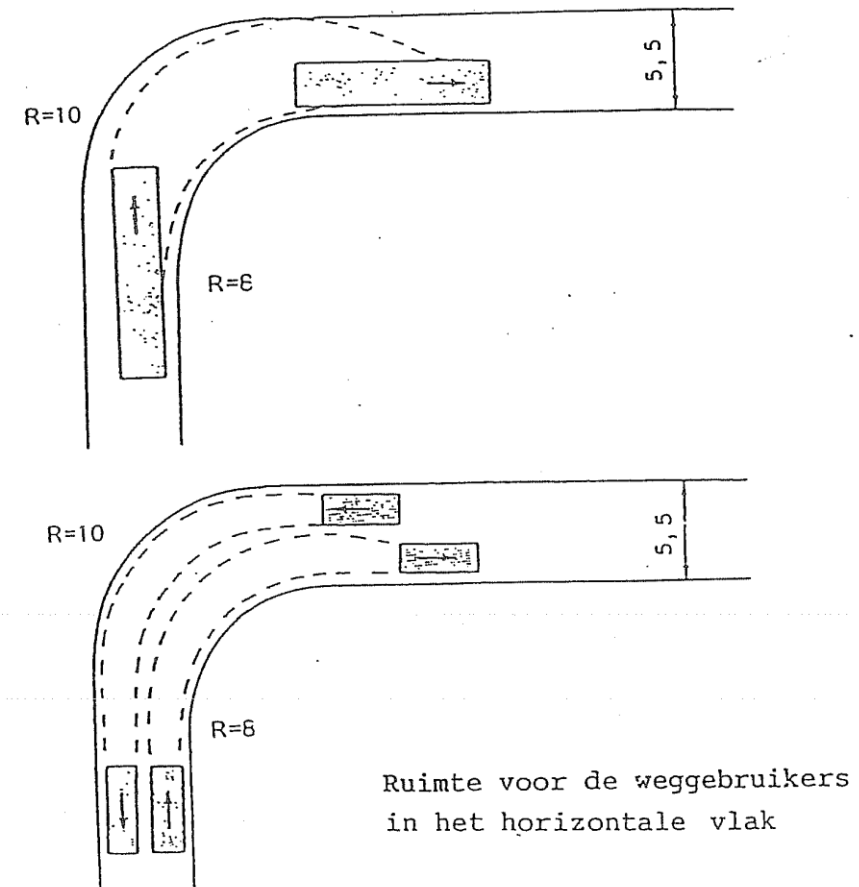
Wanneer een weggebruiker een bocht of opeenvolgende bochten beschrijft, zijn er slechts een beperkt aantal mogelijke trajecten die hij kan kiezen. De beperkingen volgen uit de snelheid van de beweging, mogelijke snelheidsveranderingen en de hoeksnelheid waarmee aan het stuur gedraaid wordt. Indien bij de lijnvorming onvoldoende rekening gehouden wordt met de rijgeometrische karakteristieken, leidt dit tot ongevallen, bvb. ongevallen met tegenliggers;



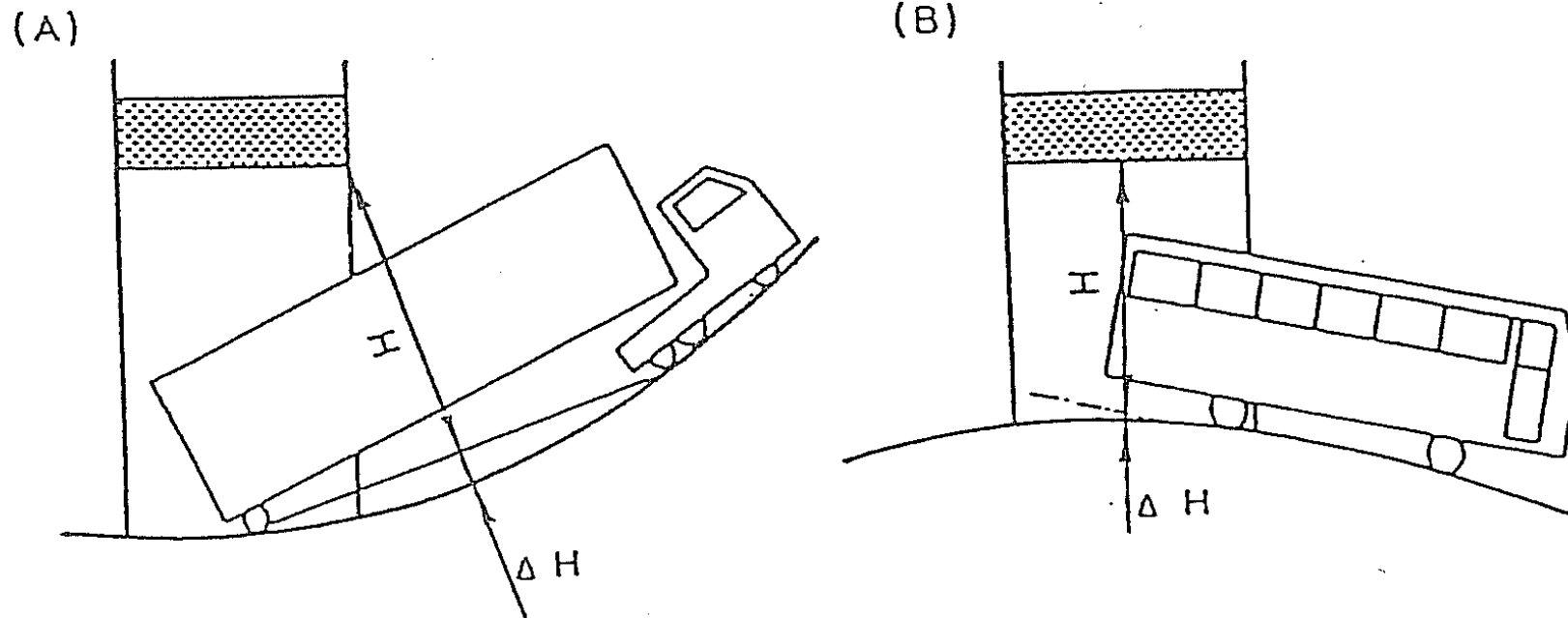
Weg gevolgd bij het beschrijven van bogen

Bijzondere kenmerken van het voertuig

Bij de verplaatsingen in een horizontaal en verticaal vlak wordt door een voertuig een grotere ruimte ingenomen, dan beschreven door de contactpunten met de weg. Concreet, steekt een wagen een beperkte afstand uit ten opzichte van de wielbasis, wat onder andere een begrenzing vormt voor de convexe en concave bogen in het lengteprofiel. Vergelijkbare problemen treden op bij een bocht in grondplan, of bij de kruising met een kunstwerk;



Bijzondere kenmerken van het voertuig



Ruimtebehoeften in een verticale concave (A) en convexe (B) bocht

Nodige zichtbaarheid (horizontaal en verticaal)

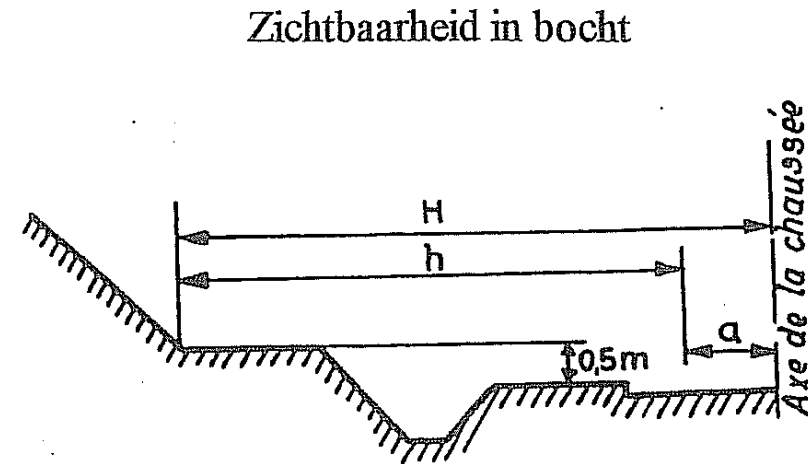
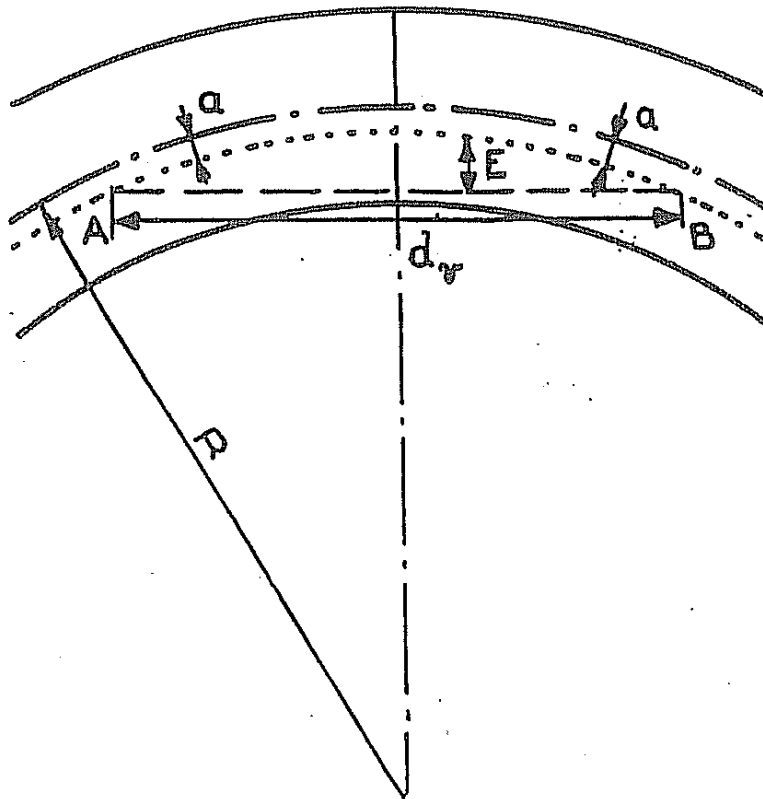
Om zich veilig te kunnen verplaatsen moet de weggebruiker niet alleen beschikken over voldoende ruimte voor zijn voertuig. Alle mogelijke vaste en mobiele obstakels dienen tijdig zichtbaar te zijn, zodat hij hierop kan anticiperen.

Eisen inzake zichtbaarheid hebben betrekking op:

- zichtbaarheid voor het inhalen;
- zichtbaarheid voor het stoppen.

- Zichtbaarheid in de bocht (horizontaal)
- Zichtbaarheid in het verticale vlak

Zichtbaarheid in de bocht (horizontaal)



Fig, 4-82

Zichtbaarheid in de bocht (horizontaal)

Weze: AB = zichtbaarheidsafstand van de weggebruiker A naar hindernis B op de eigen rijstrook (neustrajectorie)
 a = de afstand weg/ogen van de weggebruiker
 E = de pijl van de koorde AB ten opzichte van de neustrajectorie

Eis: bochtsegment $AB > \text{stopafstand } d_a$

$$\text{in } \triangle ABC: AD = \sqrt{AC^2 - DC^2}$$

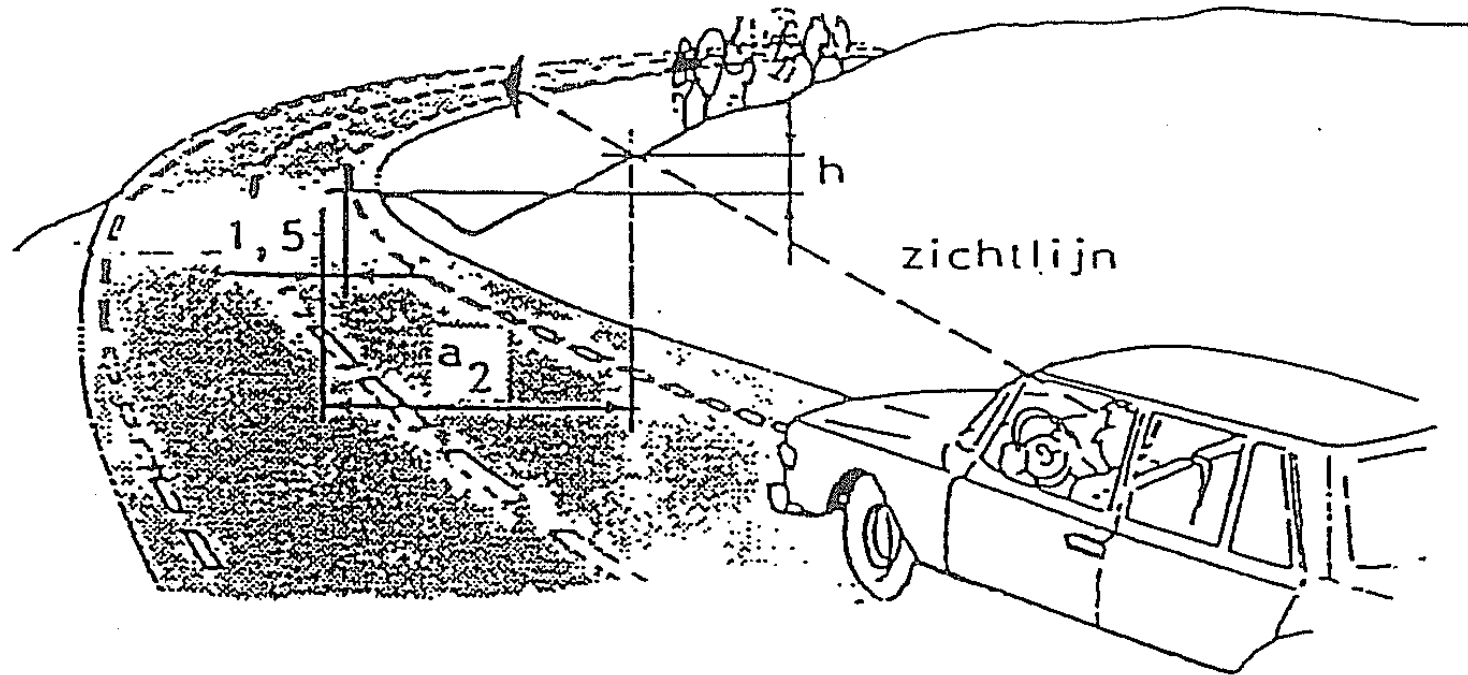
$$\text{of } \left(\frac{dv}{2}\right)^2 = (R - a)^2 - (R - a - E)^2$$

of:

$$E = \frac{dv^2}{8(R - a)}$$

m.a.w. vanaf de as dient de bocht vrijgemaakt tot $E+a$ meter met $a = 2$ m.

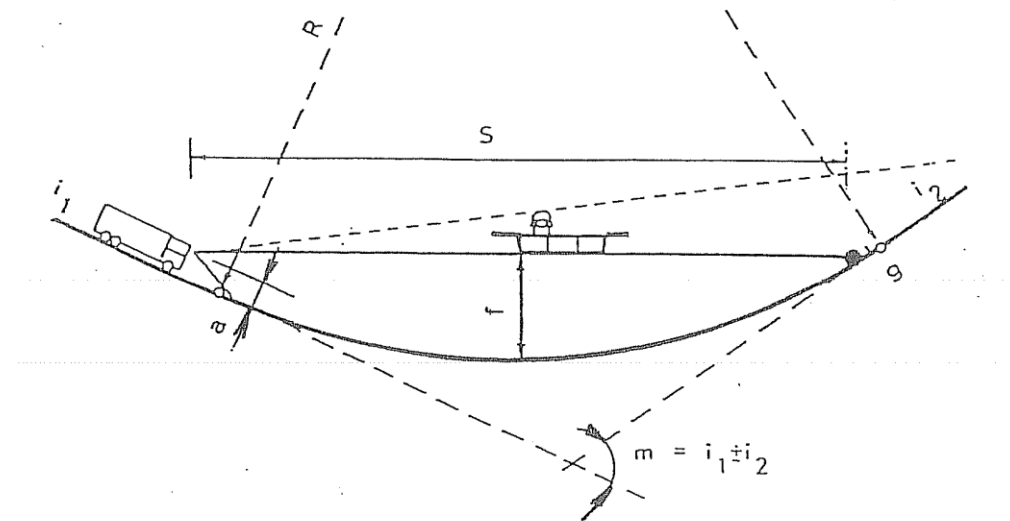
Zichtbaarheid in de bocht (horizontaal)



Zichtbaarheid in het horizontale vlak

Zichtbaarheid in het verticale vlak

De nodige zichtbaarheid moet zowel in het horizontale vlak als in het verticale vlak verzekerd zijn. Wanneer de uitzichtlengte voor het inhalen niet beschikbaar is, kan een inhaalverbod worden opgelegd. De uitzichtlengte voor het stoppen dient steeds aanwezig te zijn. Indien zou blijken dat deze niet voldoet moet een snelheidsbeperking worden opgelegd. Bij controle van de aanwezige uitzichtlengte moet men oog hebben voor elementen die in het gezichtsveld kunnen indringen; bijvoorbeeld: beplantingen die na een tijd in volume toenemen. Inhalen onder bruggen of in tunnels kan gevaarlijk zijn wanneer de snelheid groot is en de zichtbaarheid ontbreekt.



Gezichtsveld onder bruggen

Reserveruimte

Deze ruimte moet zich bevinden tussen de ruimte ingenomen bij de beweging of bewegingsruimten en de vaste voorwerpen die zich naast en boven de weg bevinden. De afmetingen van de reserveruimte zijn afhankelijk van de snelheid en de aard van het voertuig.

Aanmeetbare intensiteit

De aanmeetbare intensiteit heeft betrekking op het verkeer dat weg uit verkeerskundig oogpunt kan verwerken. De aanmeetbare intensiteit moet minstens gelijk zijn aan de te verwerken intensiteit. Het aantal rijstroken van een weg wordt onder meer hierdoor bepaald.

Om op termijn geen problemen te hebben met de te verwerken intensiteit moet men er voor waken dat de aanmeetbare intensiteit de te verwerken intensiteit in een voldoende mate overtreft. Daarvoor dient men rekening te houden met de te verwachten evoluties inzake het verkeer (zowel bij de voetgangers, de fietsers als bij het gemotoriseerd verkeer). Men kan de aanmeetbare intensiteit bij het autoverkeer vergroten door de snelheid van het verkeer te verlagen en/of door het aantal vrachtwagens te verminderen. Wat de vormgeving van de wegen voor het autoverkeer betreft kan men de aanmeetbare intensiteit vergroten door een geschikte lijnvorming of door een vergroting van het aantal rijstroken. Wat dit aantal betreft zijn er evenwel beperkingen. Aquaplanning kan weggedeelten of plaatsen met een groot aantal naast elkaar gelegen rijstroken zeer onveilig maken (ondermeer aan uit- of toeritten van autosnelwegen).

Postacademische opleiding 'Verkeersveiligheidsauditor'

- De keuze van het lengteprofiel van een weg wordt bepaald door een combinatie van factoren:
 - De basissnelheid
 - De ondergrond
 - De dwangpunten
 - De veiligheid (zichtbaarheidsafstand groter dan de remafstand)
 - De kostprijs

Geometrie van het lengteprofiel

- De basissnelheid, die functie is van de belangrijkheid van de weg, van het terrein (vlak, heuvelig, bergachtig):
 - De basissnelheid beïnvloedt rechtstreeks de maximumhelling. Met deze helling hangt ook steeds een vertraging samen die de capaciteit beïnvloedt;
 - De stralen van de convexe of concave overgangsbogen in het lengteprofiel hangen samen met de snelheid;
 - Ook de comfortvoorwaarden en de zichtbaarheid en dus de veiligheid zijn snelheidsafhankelijk;

Geometrie van het lengteprofiel

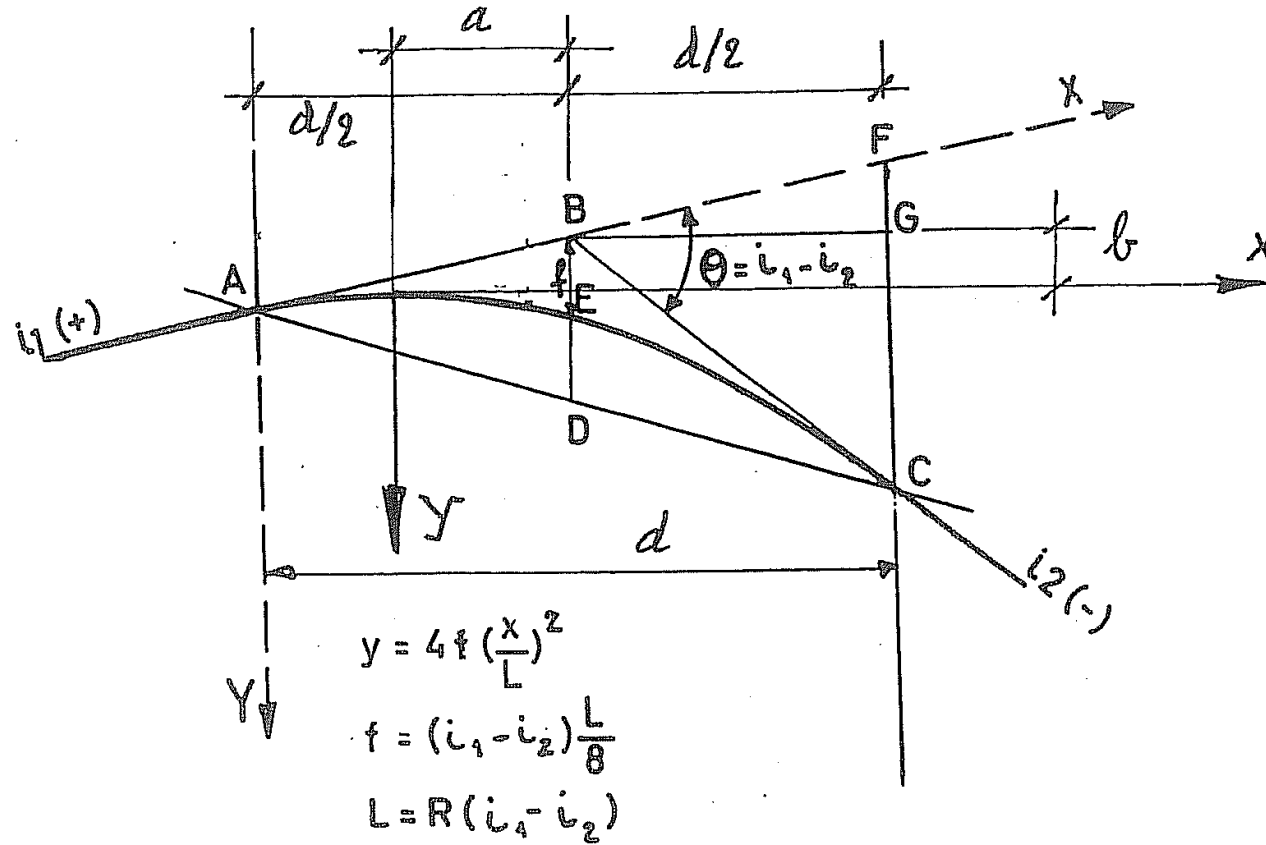
- De ondergrond:
 - De ligging van de weg ten opzichte van het freatisch oppervlak;
 - De ligging van de weg in verhouding tot het overstromingspeil van rivieren, bufferbekkens, enz.;
 - De aanwezigheid van steen en rots;
 - Mogelijke zettingen, bijvoorbeeld in mijngebieden;
- De dwangpunten:
 - Het begin- en eindpunt van de aan te leggen weg;
 - De te respecteren vrije hoogte boven rivieren, kanalen, wegen, enz.;
 - De vlotte toegang tot de aanpalende gebouwen;
 - Gelijkgrondse of ongelijkgrondse kruisingen met andere wegen;

Geometrie van het lengteprofiel

- De veiligheid
 - Men eist dat in alle omstandigheden de zichtbaarheidsafstand groter is dan de remafstand. Bij alle hoge en lage punten van het lengteprofiel dient hiermee rekening gehouden te worden, in functie van aanwezige hindernissen, kunstwerken, de invloed van koplampen, enz.;
- De kostprijs:
 - Tijdens de uitvoeringsfase zal de ondergrond en de hoeveelheid grondwerk meestal doorslaggevend zijn voor de kostprijs;
 - De exploitatiekost hangt dan weer af van het brandstofverbruik en dus de langshelling, van een mogelijke capaciteitsreductie en van de daaruit voortvloeiende vertraging en het tijdverlies.

- De overgangsboog

$$y = \frac{x^2}{2R}$$



Verticale parabolische aansluiting

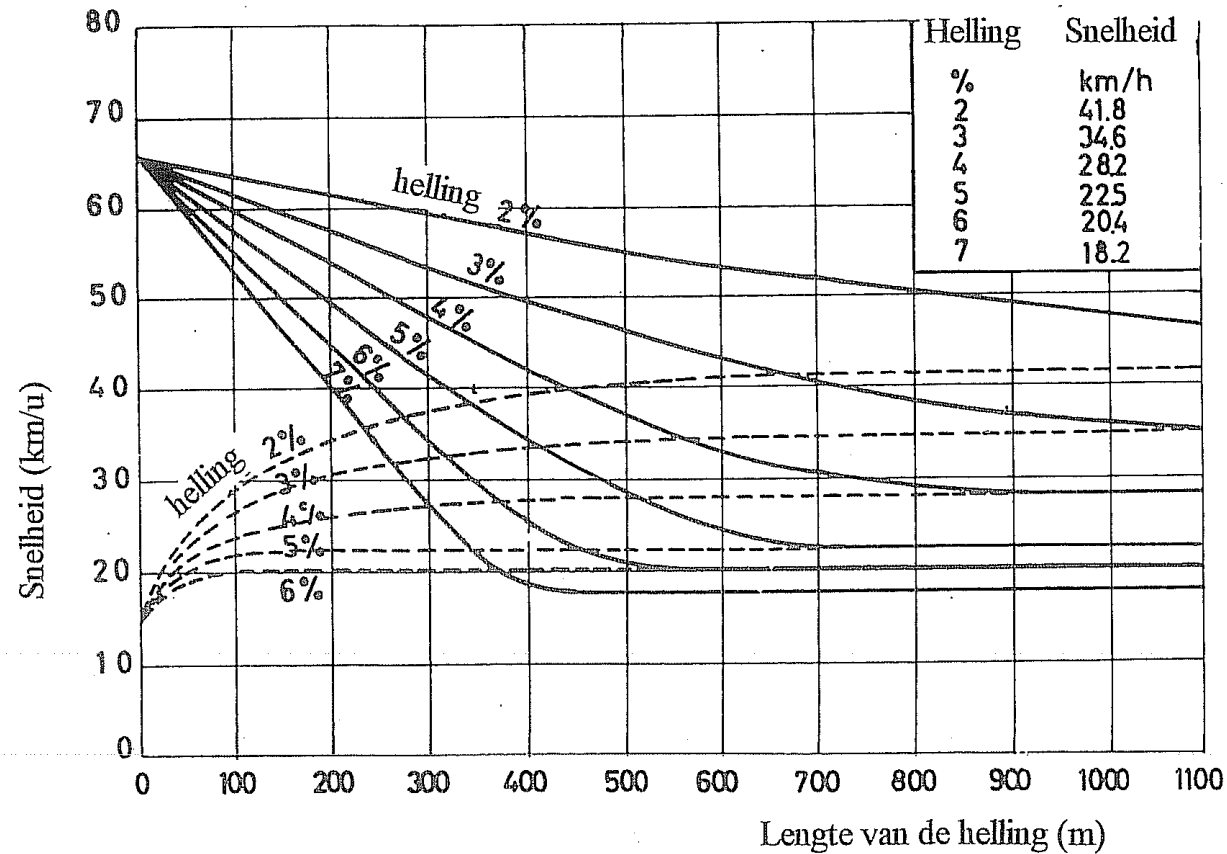
- De maximale langshelling

De maximale langshelling wordt voor een belangrijk deel bepaald door het minimaliseren van het brandstofverbruik, en dit om redenen van kostprijs en energiebesparing. Enerzijds verkiest men situaties waarbij tijdens het klimmen niet of zo weinig mogelijk geschakeld dient te worden en anderzijds dat tijdens het dalen zonder actief remmen de veiligheidssnelheid niet overschreden wordt. Het blijkt dat langshellingen kleiner dan 6% weinig invloed hebben op het verbruik van personenwagens, terwijl bij lichte vrachtwagens een hellingstoename van 3 naar 5% een toename van het verbruik van 7liter/100km betekent.

In de meeste gevallen zal de voorwaarde voor klimmend verkeer de doorslaggevende ontwerpfactor zijn. Enkel bij autosnelwegen met strikt gescheiden rijbanen, kan dan met de andere voorwaarde rekening gehouden worden.

Geometrie van het lengteprofiel

- Experimentele bepaling van de maximale langshelling, $i_{l,max}$, met een bijhorende maximale hellingslengte L_{max}



- Beschrijving experiment

Neem een vrachtwagen (14 ton) met een vermogen van 106 P.K. (aan de rem) die rijdt op een klimmende helling met:

- initiële snelheid: V_0
- eind (regime) snelheid: V_e

a) $V_0 = 66$ km/u: het voertuig zal vertragen op een helling van 2, 3, 4, ... 7 %

b) $V = 14$ km/u: het voertuig zal versnellen.

Door berekening en proeven blijkt men een economisch maximum $i_{l, \max}$ vast te stellen met een bijhorende maximum hellingslengte L_{\max} (volgens USA-proeven).

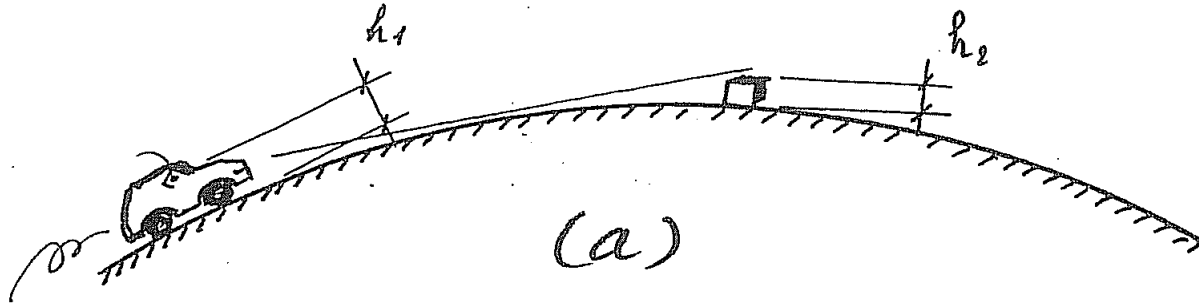
Het blijkt dat er een economisch maximum bestaat voor de maximale langshelling,

$i_{l, \max}$, met een bijhorende maximale hellingslengte L_{\max} .

Tussen twee sectoren waar de maximumhelling toegepast wordt, kunnen best horizontale of flauw hellende delen uitgebouwd worden om de snelheid niet te sterk te reduceren of de snelheid terug op te drijven. Een analoge redenering kan opgebouwd worden voor dalende hellingen (om de remmen af te koelen).

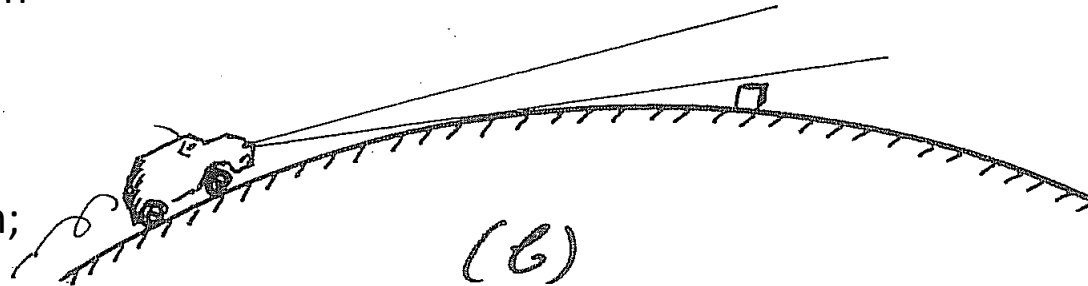
Geometrie van het lengteprofiel

- De zichtbaarheidsafstand moet $>$ de remafstand
- De eigenlijke zichtbaarheidsafstand is functie van twee hoogtepeilen. In België wordt hierbij gewerkt met de hoogtes $h_1=1,20$ m en $h_2=0,25$ m boven het wegdek.



Bijkomende opmerking:

- de zichtbaarheid 's nachts wordt in omstandigheden zonder straatverlichting bepaald door een alternatieve hoogte $h_1 = 0,70$ m, zijnde de hoogte van de koplampen;



- De zichtbaarheidsafstand moet $>$ de remafstand
- Hoogtes voor de zichtbaarheidsafstand in andere landen:

	h_1 (<i>m</i>)	h_2 (<i>cm</i>)
Duitsland	1,20	0
Verenigde Staten	1,22	10
Frankrijk	1,25	0
Spanje	1,30	50
Zwitserland	1,35	10

- De zichtbaarheidsafstand moet $>$ de remafstand

Uitgaande van een reactietijd van 1s geeft dit voor België voor wat betreft maximale langshelling en minimale paraboolparameter voor een convex traject de waarden:

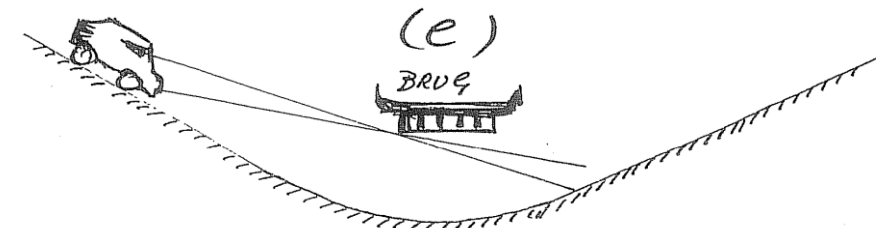
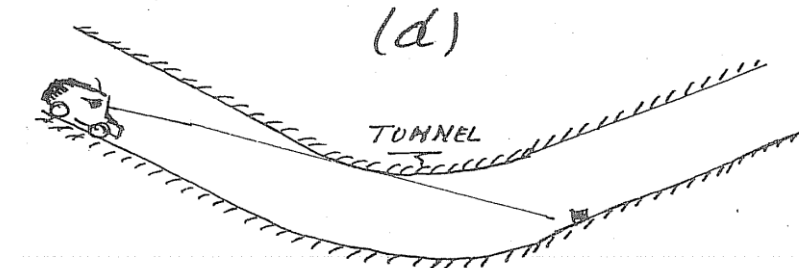
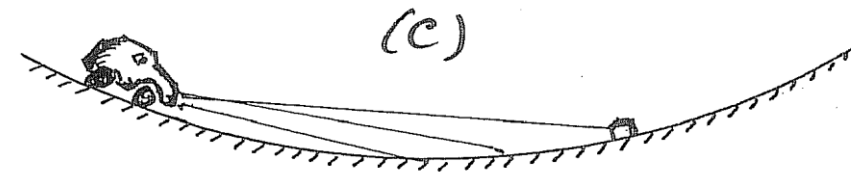
v (km/h)	$i_{l,max}$ (%)	$R_{min,convex}$ (m)
120	4	19500
100	5	9200
80	6	3700
60	8	1200
40	10	300

Geometrie van het lengteprofiel

- De zichtbaarheidsafstand moet $>$ de remafstand

Enkele bijkomende opmerkingen:

- ook de stralingshoek van de koplampen kan 's nachts mede bepalend zijn voor de zichtbaarheidsafstand;
- bij kruisingen met bruggen of tunnels zullen deze een grote impact hebben op de zichtbaarheidsafstand;



- De zichtbaarheidsafstand moet $>$ de remafstand

Belangrijke opmerking:

Concave overgangsbogen geven meestal veel minder problemen qua zichtbaarheid dan convexe overgangsbogen.

Er wordt dan ook meestal gesteld dat:

$$R_{\text{min,concaaf}} = \frac{1}{2} R_{\text{min,convex}}$$

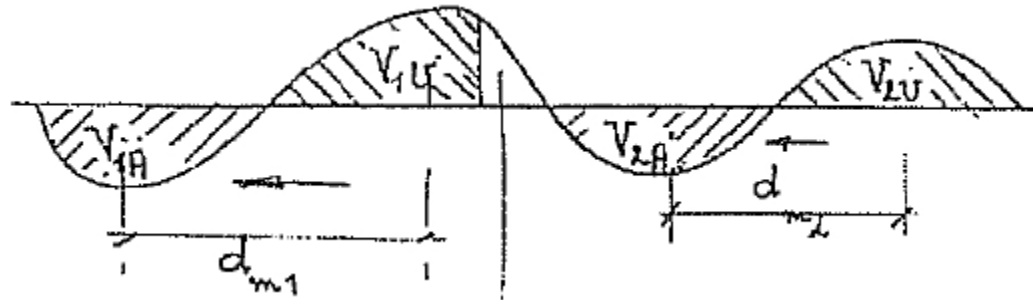
- Het lengteprofiel

Grondwerkvolume

Het lengteprofiel (L.P.) bepaalt in grote mate het volume “grondwerk”: uitgraving - aanvulling. Dit globaal volume is minimaal te houden.

Compensatie: “aanvulling = uitgraving” is nuttig in verband met: winplaatsen, stortplaatsen.

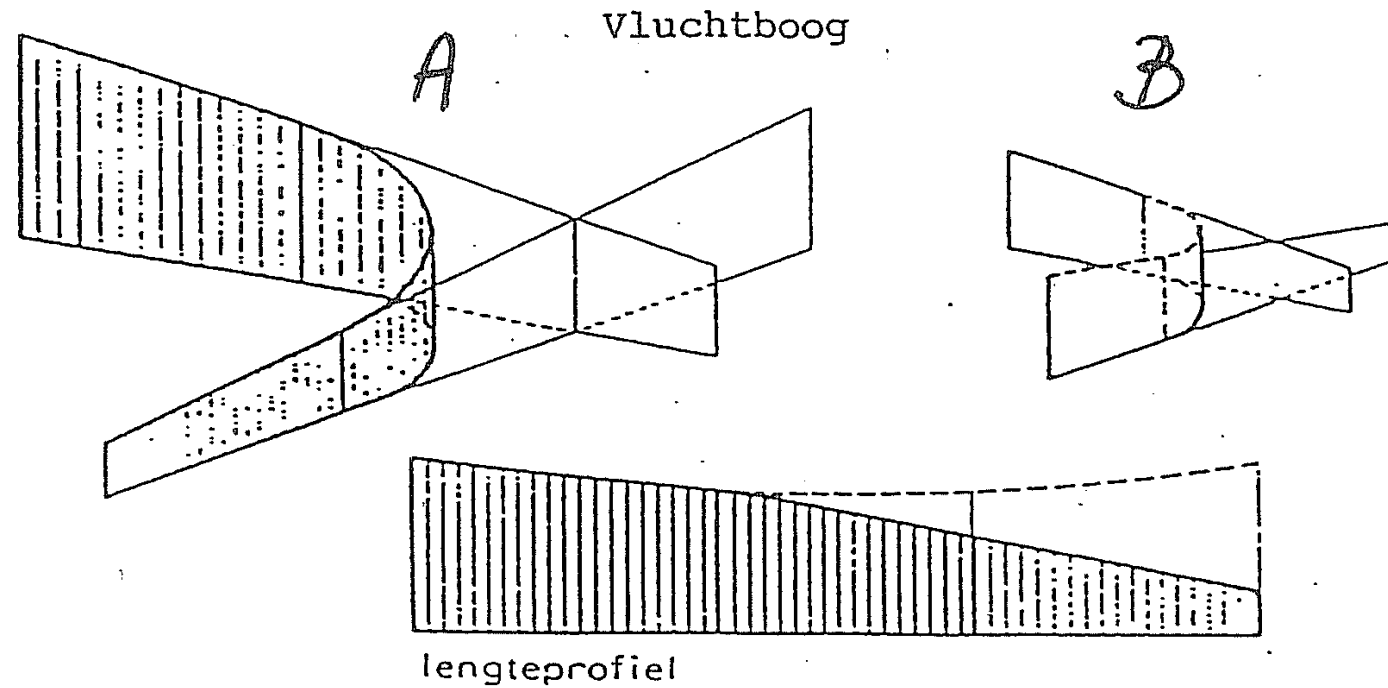
Secundair spelen een rol: de stedenbouw, de prijs van vervoer, ontginning, herbruikbaarheid, stabilisatie, zettingen, verlichting, uitvoeringsmogelijkheden, gebruik rollend materiaal en machines, enz...



- Rijden volgens ruimtekrommen:
 - Vluchtboog
 - Gewone boog
 - Schroefboog
- Ontleding van de ruimtekromme en van de beschikbare ruimte

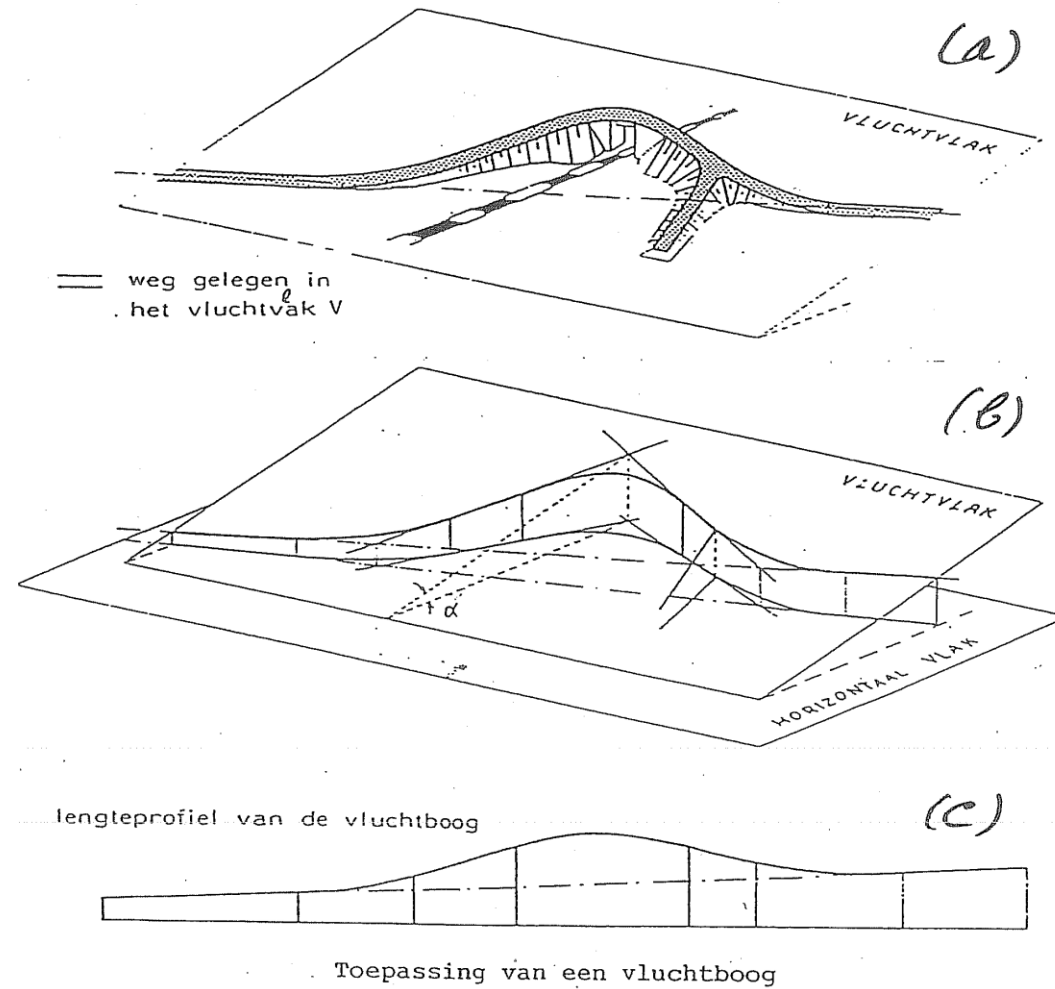
- Vluchtboog

Een vluchtboog vormt de verbinding tussen twee rechte lijnen die elkaar snijden. De gehele kromme ligt dus in eenzelfde plat vlak, het vluchtvlak genoemd.



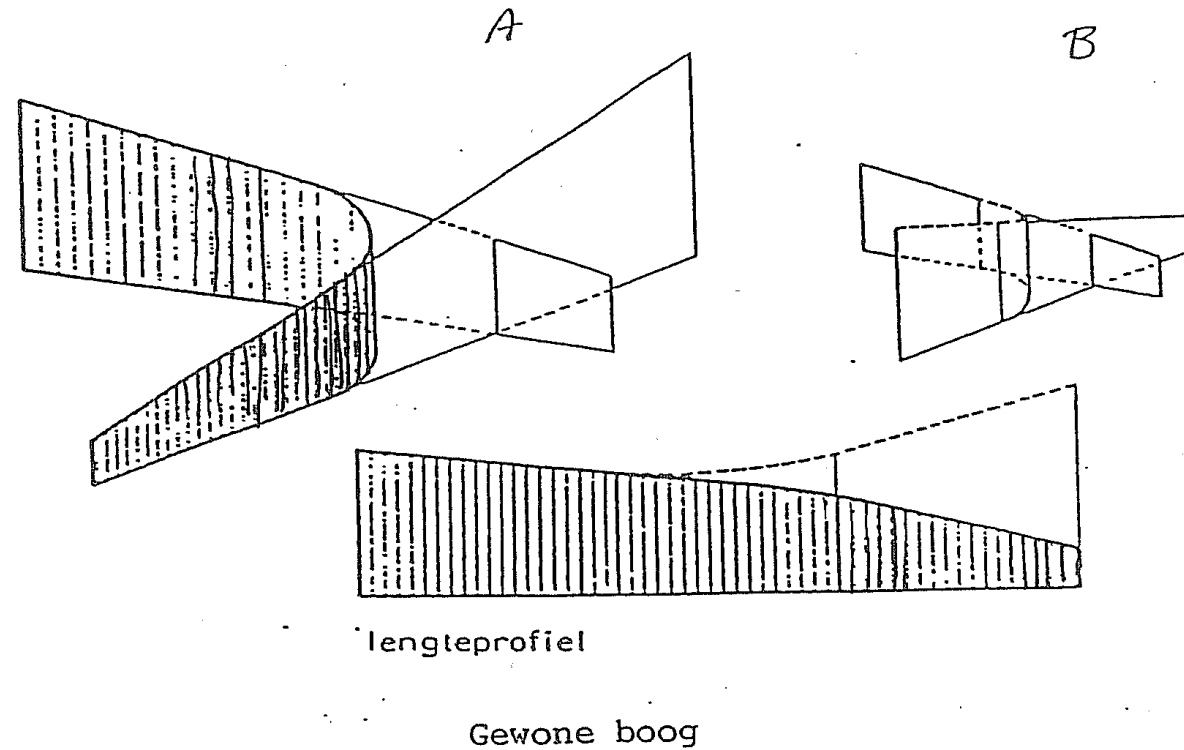
Ruimtegebruik in het verticale vlak

- Een vluchtboog is de aangewezen oplossing op locaties waar de zichtbaarheid van groot belang is, zoals bij overbruggingen. In andere situaties, zoals een onderdoorgang of bij uitgravingen, levert een vluchtboog geen wezenlijk voordeel.
- Om de vluchtboog te tekenen brengt met de projectie van de ruimtekromme aan op het horizontaal vlak. De daarop aangebrachte cirkelboog resulteert in het vluchtvlak dan in een ellips. Rijgeometrisch zijn er geen problemen omdat bij de kleine hoek, die V maakt met H, de ellips de cirkel benadert. Hetzelfde geldt ook voor de overgangsbogen die in het horizontaal vlak getekend worden.



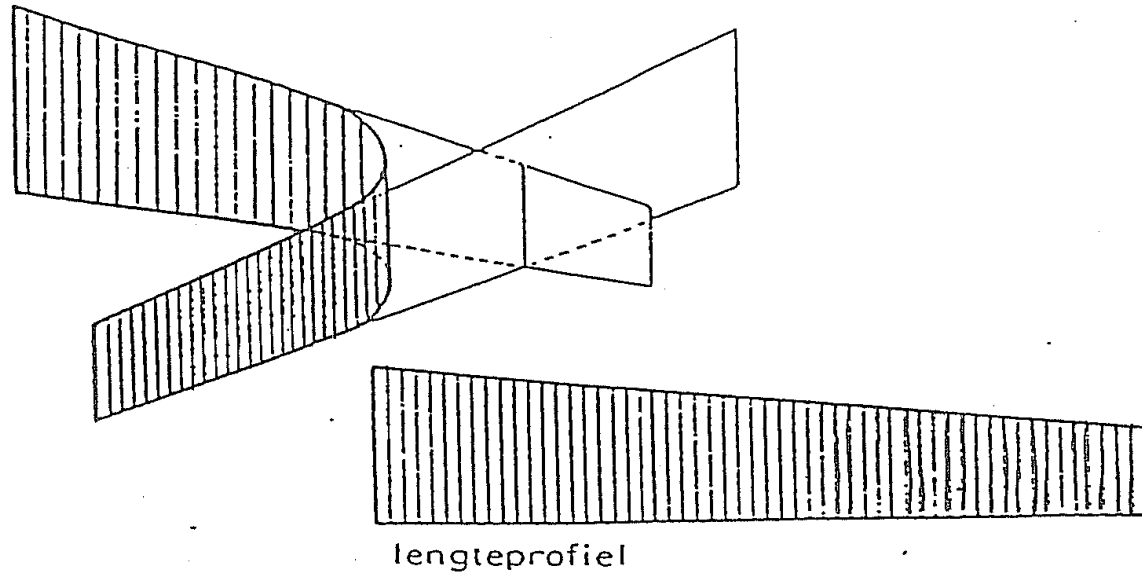
- Gewone boog

Bij een gewone boog liggen beide tangenten niet in eenzelfde vlak. Ze kruisen elkaar op een zekere afstand. (A) is een topboog; (B) is een dalboog.



- Schroefboog

Indien de elkaar kruisende tangenten en de kromme ertussenin eenzelfde langshelling vertonen, gaat het om een schroefboog. Deze boog geeft een rechte lijn in het lengteprofiel.

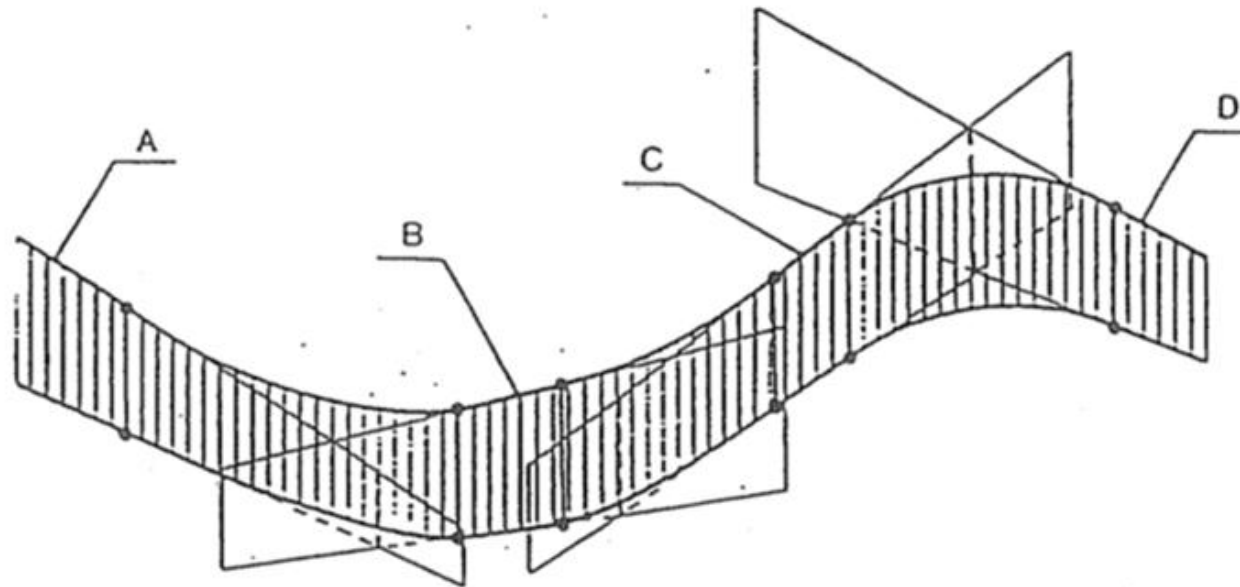


Schroefboog

- Ontleding van de ruimtekromme en van de beschikbare ruimte

Om de ruimtekromme te bepalen zoekt men de tangenten van de verschillende bogen van de weg.

- Tussen tangent A en B
= gewone boog
- Tussen tangent B en C
= schroefboog
- Tussen tangent C en D
= vluchtboog



Ontleding van de ruimtekromme van de weg

- Lijnvorming

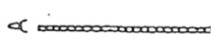
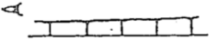

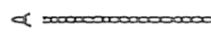
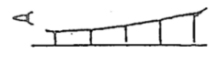

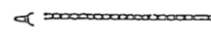
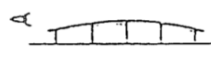

= krommen

= samenstelling van rechte stukken en bogen
(cirkelbogen, klotoïden, parabolen)

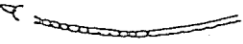

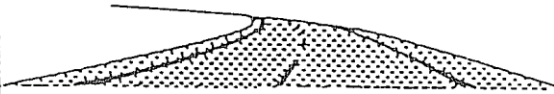
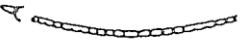
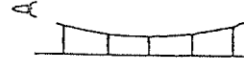
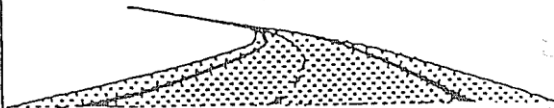
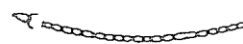
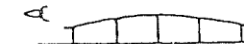

➔ Weergave van aslijnen en rijbaanranden

➔ Vereenvoudigde voorstelling a.d.h.v.:

➤ Liggingsplan + lengteprofiel

ELEMENTEN VAN HET LIGGINGSPLAN	ELEMENTEN VAN HET LENGTEPROFIEL	KENMERKEN VAN DE WEG
 rechte	 rechte	 recht weggedeelte met konstante langshelling
 rechte	 boog	 "dal"-boog in een recht weggedeelte
 rechte	 boog	 "top"-boog in een recht weggedeelte

- Lijnvorming

ELEMENTEN VAN HET LIGGINGSPLAN	ELEMENTEN VAN HET LENGTEPROFIEL	KENMERKEN VAN DE WEG
 boog	 rechte	 boog met konstante langshelling
 boog	 boog	 "dal"-boog in een gebogen weggedeelte
 boog	 boog	 "top"-boog in een gebogen weggedeelte

- Factoren die de “Lijnvorming” bepalen:
 - **Dwangpunten**;
 - **Verkeer**: de aan te leggen weg moet de opgelegde verkeersintensiteit op een veilige en comfortabele manier kunnen verwerken in functie van het bij het ontwerp gekozen dwarsprofiel en de ontwerpsnelheid. Hierbij dient rekening gehouden te worden met doorgaand verkeer, op- en afritten, stilstaand verkeer, zichtbaarheid, inhaalafstanden, zwakke weggebruikers, enz.;
 - **Omgeving**: de weg dient steeds zo goed mogelijk aan te sluiten bij de omgeving;
 - **Bouwkundig**: de stabiliteit van het ontwerp moet gewaarborgd worden, b.v. door de keuze voor een draagkrachtige bodem, goede waterafvoer, inplanting van kunstwerken, enz.
 - **Economie**;
 - **Esthetica**;
 - **Optische geleiding**: zorgen voor een overzichtelijke en rustige opeenvolging van ontwerpelementen, zonder dubbelzinnigheden die de bestuurder kunnen verwarren. Er wordt steeds gestreefd naar een zo uniform en eenvormig mogelijk ontwerp.

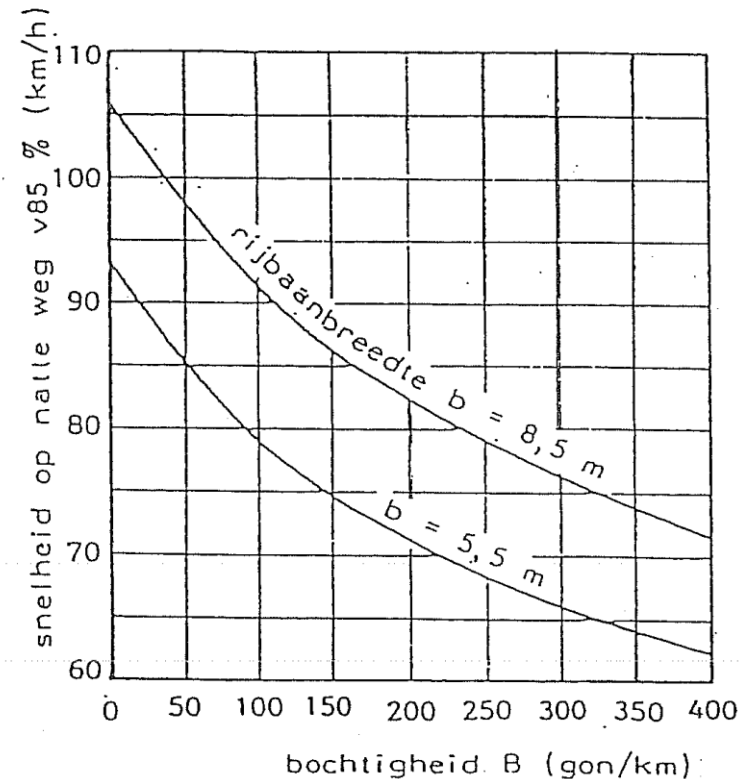
- Homogeniteit van de ontwerpsnelheid

1^e stap: vastleggen ontwerpsnelheid o.b.v. de basissnelheid, v_0 , voor de netvorming.

2^e stap: controle van de ontwerpsnelheid
(controle a.d.h.v. ruw voorontwerp):

- controle van de intensiteit (verkeersdebiet)
- controle van de werkelijke snelheid $v_{85\%,nat}$
- analyse van de homogeniteit

Indien bij de controle blijkt dat de waarde van $v_{85\%,nat}$ tussen twee opeenvolgende sectoren van een weg meer dan 10 km/h verschilt, dienen maatregelen overwogen te worden om beide snelheden aan elkaar aan te passen, eventueel zelfs door wijzigingen aan het grondplan



- Homogeniteit van de ontwerpsnelheid

3^e stap: eventuele aanpassing van de ontwerpsnelheid of het ontwerp

→ $v_{85\%,nat} < v_0 - 10 \text{ km/h}$

Snelheid $v_{85\%,nat}$ verhogen door verbetering geometrisch ontwerp

→ $v_0 - 10 \text{ km/h} < v_{85\%,nat} < v_0$

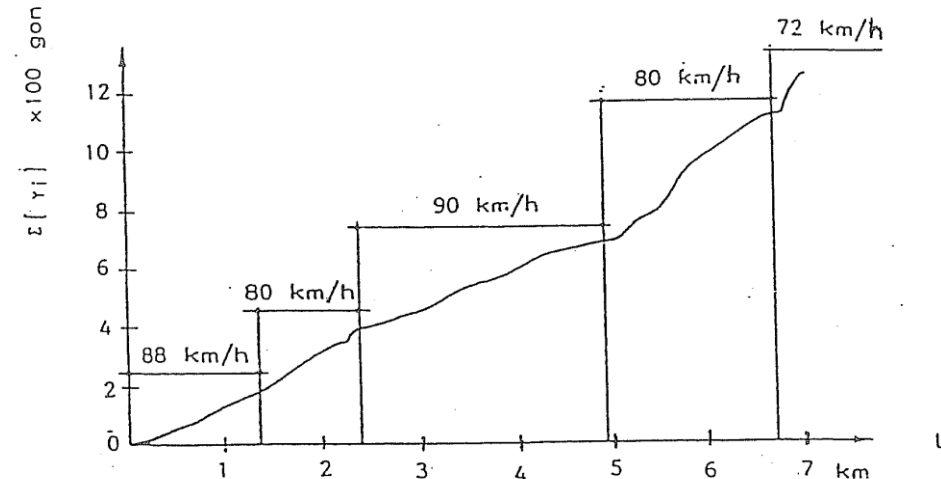
Perfect ontwerp

→ $v_{85\%,nat} < v_0 + 20 \text{ km/h}$

Dwarsverkantingen, uitzichtlengtes, enz. worden aangepast aan de $v_{85\%,nat}$ -waarde, afgerond op 10 km/h;

→ $v_{85\%,nat} > v_0 + 20 \text{ km/h}$

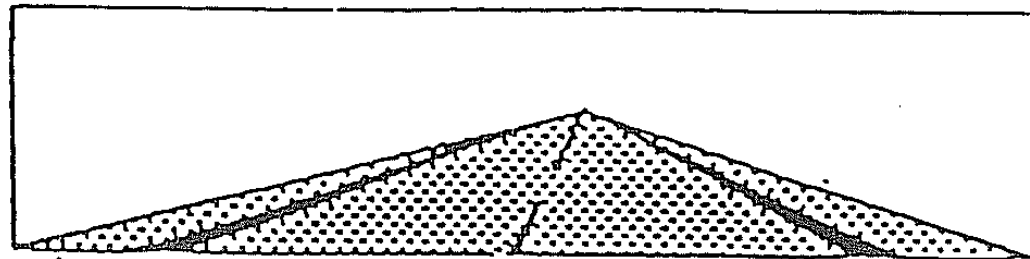
Er wordt nagegaan of de $v_{85\%,nat}$ verlaagd kan worden tot voorgaande situatie van kracht is. Indien niet mogelijk, zal de ontwerpsnelheid verhoogd moeten worden met alle gevolgen die er bij horen.



Lijn van de gecumuleerde richtingsveranderingen en de te verwachten rijksnelheid

- Lijnvorming in het grondplan

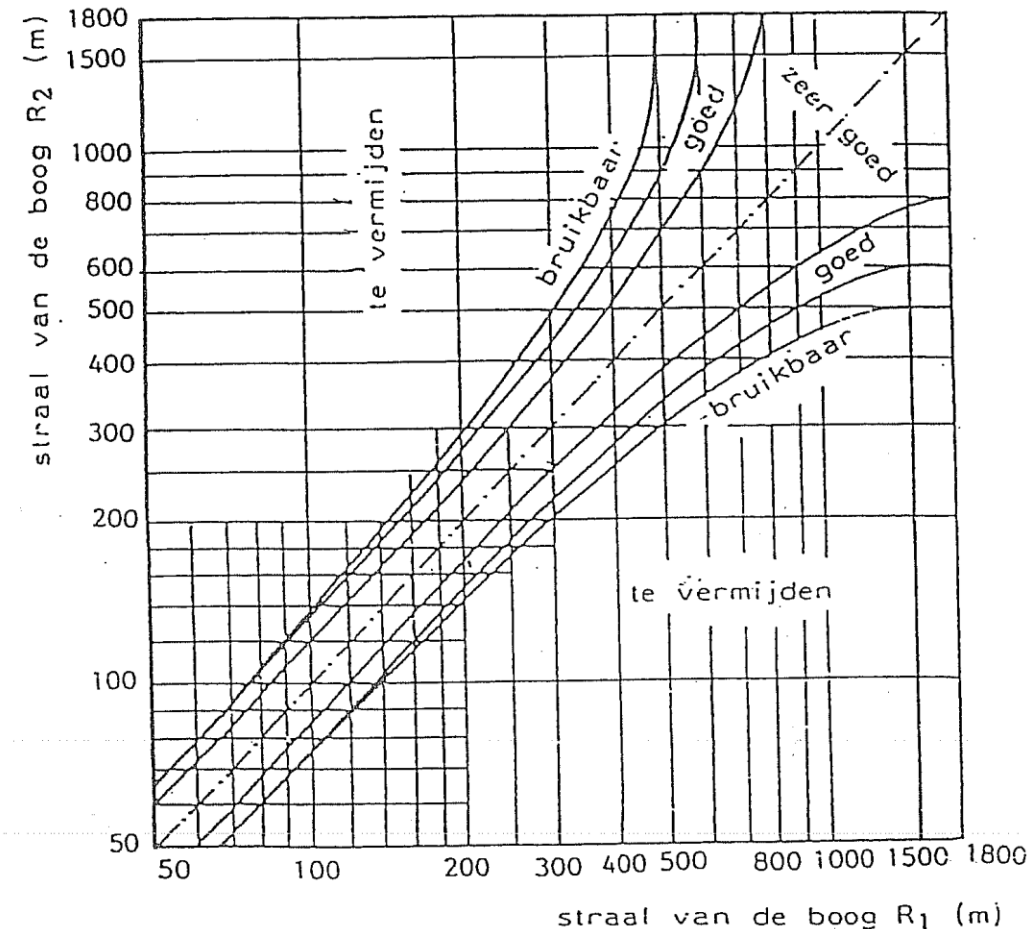
Op vlak terrein, bij het naderen van knooppunten of in zones waar een goede uitzichtlengte voor inhalen van belang is, kan een geheel recht tracé overwogen worden. Indien ze echter gecombineerd worden met een constante langshelling, maken ze het inschatten van de snelheid van tegenliggers en achterliggende voertuigen moeilijk en wordt het verblindingsgevaar verhoogd.



- Lijnvorming in het grondplan

Voor cirkelbogen geldt steeds dat de straal zo groot mogelijk gekozen moet worden.

Toelaatbare waarden van de straal bij opeenvolging van verschillende bogen



- Lijnvorming in het grondplan

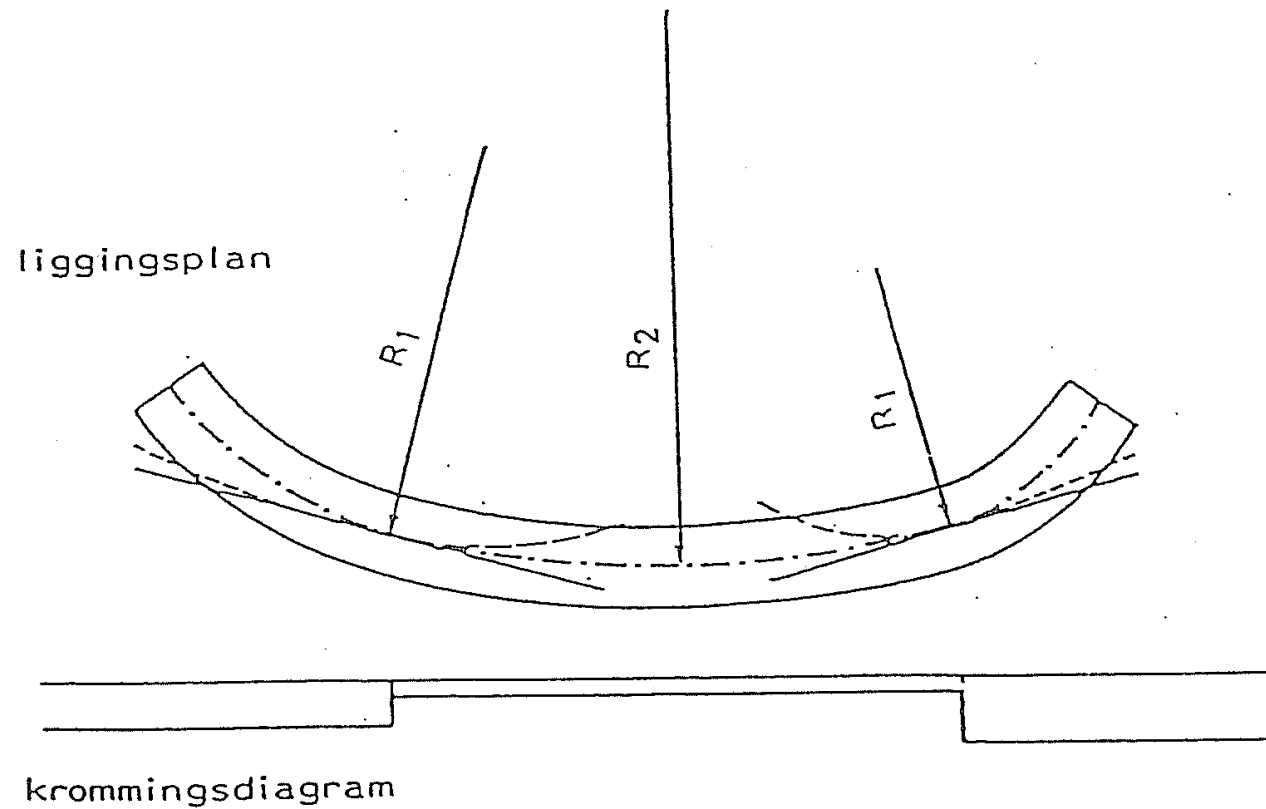
Opeenvolging van rechte – boog:

L	R
(m)	(m)
≤ 500	$\geq L$
> 500	≥ 500

Minimale bochtstraal na een recht weggedeelte

- Lijnvorming in het grondplan

Korfbogen:



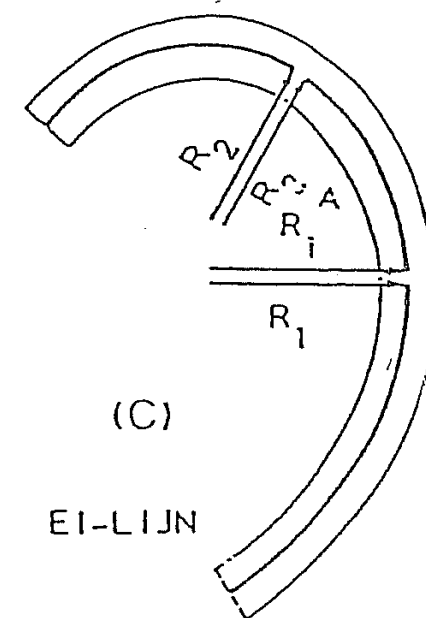
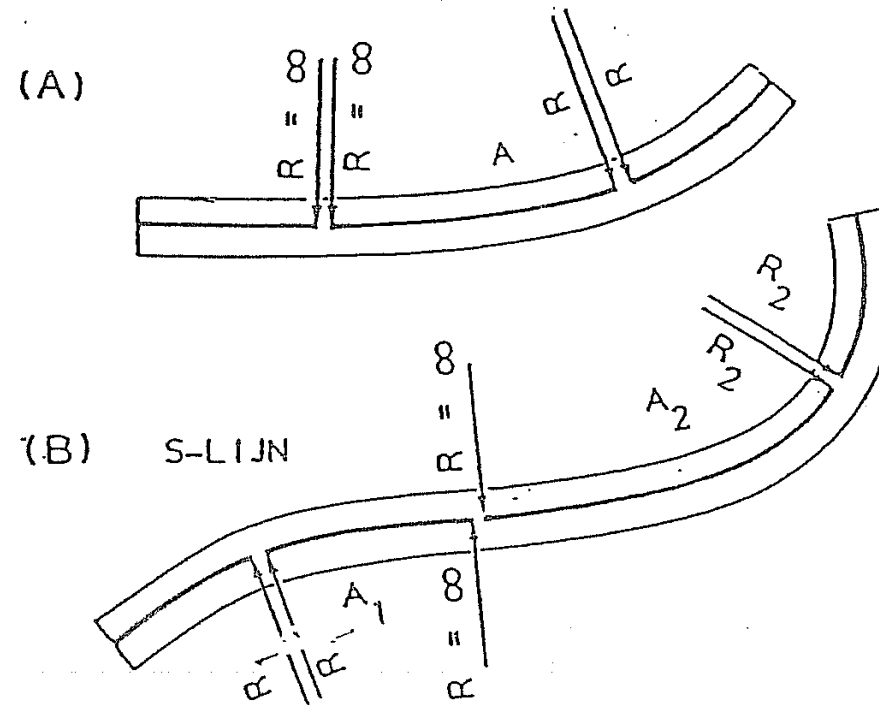
- Lijnvorming in het grondplan

Tussenlassing van klotoiden:

(A) Gewone overgangsboog

(B) S-Lijn

(C) Ei-lijn




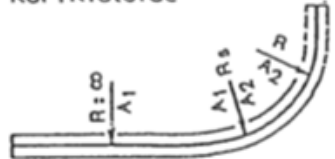
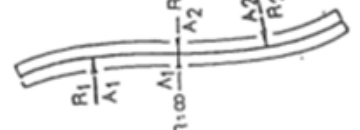


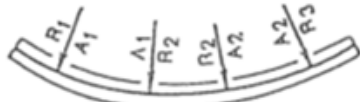
- Lijnvorming in het grondplan

Toe te passen en te vermijden overgangsbogen:

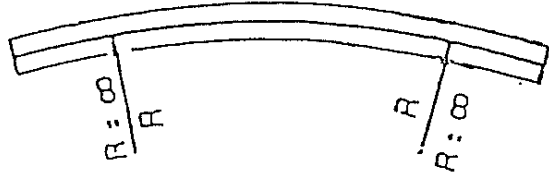
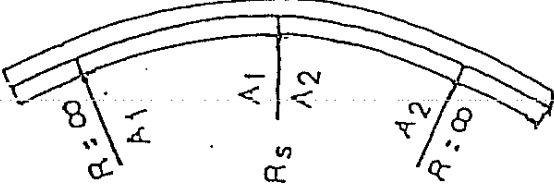
$$\frac{A_1}{A_2} \leq 1,5 \text{ (met } A_2 < 200)$$

A_1 = de grootste parameter (m)
 A_2 = de kleinste parameter (m)

In stedelijke omgevingen kan ook gebruik gemaakt worden van de ei-klotoïde. In die gevallen moet er wel op gelet te worden dat de richtingsverandering voldoende groot is, zodat de klotoïde ook optisch waarneembaar is.

VER BINDING	TOE TE PASSEN	TE VERMIJDEN
rechte met cirkelboog	eenvoudige overgangsbog 	korfklotoïde 
twee cirkel bogen	s-klotoïde (s-lijn) 	c-klotoïde (c-lijn) 
	ei-klotoïde (ei-lijn) 	
	dubbele ei-lijn 	

- Lijnvorming in het grondplan

	gebruikelijk grensgeval	te vermijden grensgeval
twee rechten met cirkel zonder overgangsboog	cirkelboog 	
twee rechten alleen met overgangsbogen		kruinklotoïde 

Grensgevallen bij het gebruik van overgangsbogen

- Lijnvorming in het grondplan

Begrenzing van de klotoïde-parameter:

- Langgerekte bogen: eis: de hoekverandering moet duidelijk waarneembaar zijn, maar mag ook niet te groot zijn.

$$\tau = \frac{A^2}{2R^2} \geq 3 \frac{\pi}{180} \text{ of } A \geq \frac{1}{3} R$$

$$\tau = \frac{A^2}{2R^2} \leq 28,39 \frac{\pi}{180} \text{ of } A \leq R$$

Samengevat krijgt men:

$$\frac{1}{3} R \leq A \leq R$$

- Sterk gekromde bogen: In stadsomgeving of bij aansluiting op knooppunten is er een nood om te werken met veel grotere waarden voor de richtingsverandering, zodat de maximeis vervalt

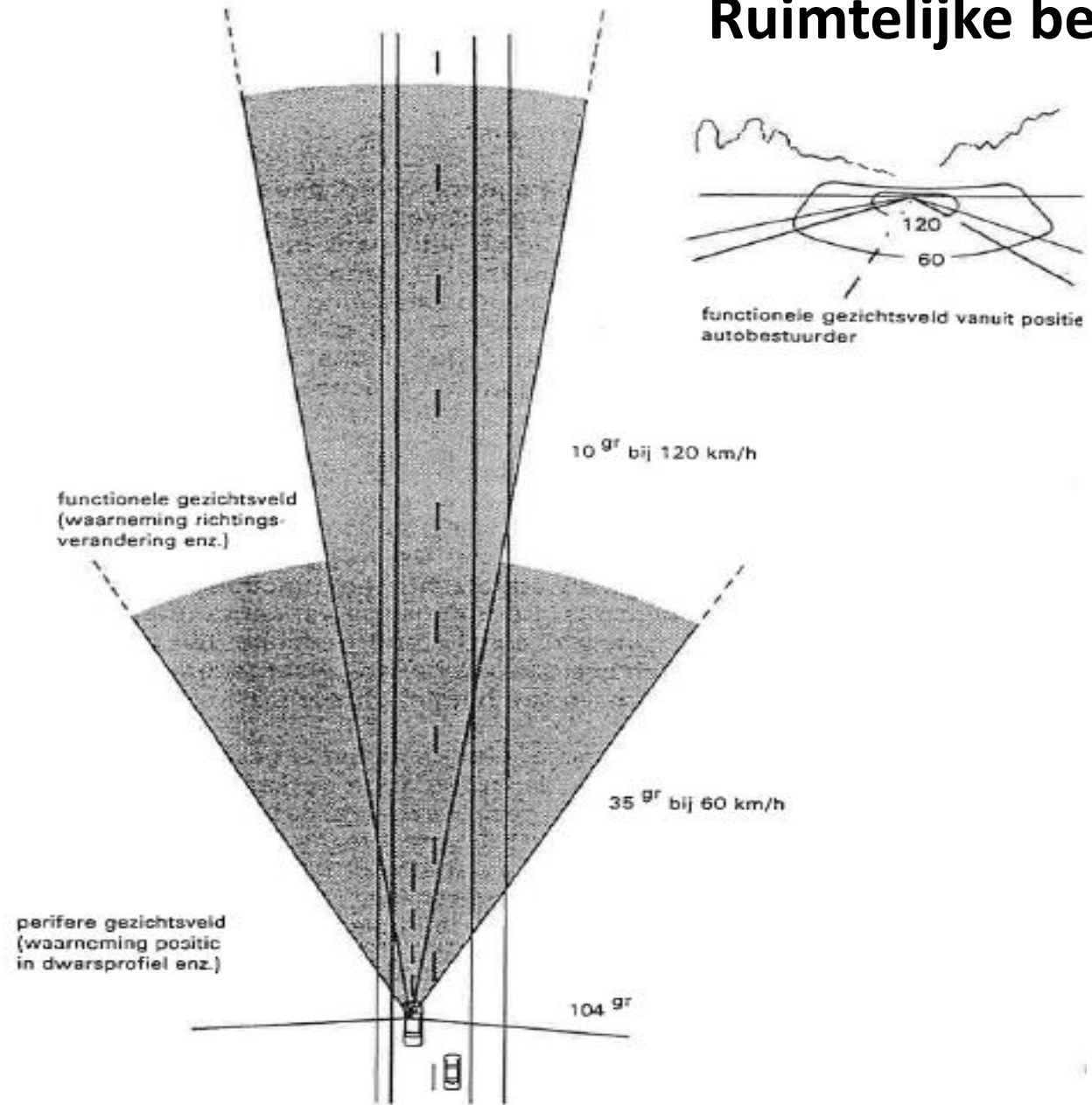
- **Lijnvorming in het lengteprofiel**

De langshellingen moeten steeds zo klein mogelijk gehouden worden om de hellingsweerstand te beperken en om een verlenging van de noodzakelijke remafstand te voorkomen. Toch verdient het aanbeveling om een minimale langshelling van 1% te respecteren, zodat problemen met gebrekkige afwateringszones bij wentelende verkanting vermeden worden.

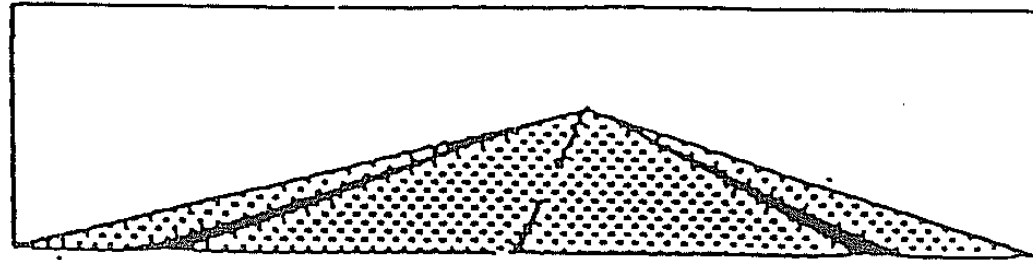
Voor top- en dalbogen worden normaalgezien cirkelbogen gebruikt. Gezien de booglengte ervan beperkt blijft, kan het uitzetten van de cirkelboog op het terrein vereenvoudigd worden door het uitzetten van een kwadratische parabool (geen vierkantswortel in de formule). Hoewel top- en dalbogen normaalgezien verbonden worden door rechten, is een rechtstreekse aansluiting van dalparabool op topparabool perfect mogelijk.

- Optische werking van de verschillende ontwerpelementen:
 - Waarneming van informatie
 - Elementen van het liggingsplan
 - Elementen van het lengteprofiel
 - Combinatie van liggingsplan en lengteprofiel
 - Analyse van de zichtbaarheid

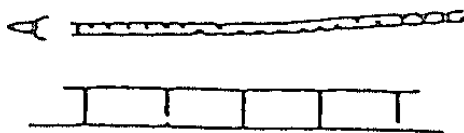
- Waarneming van informatie



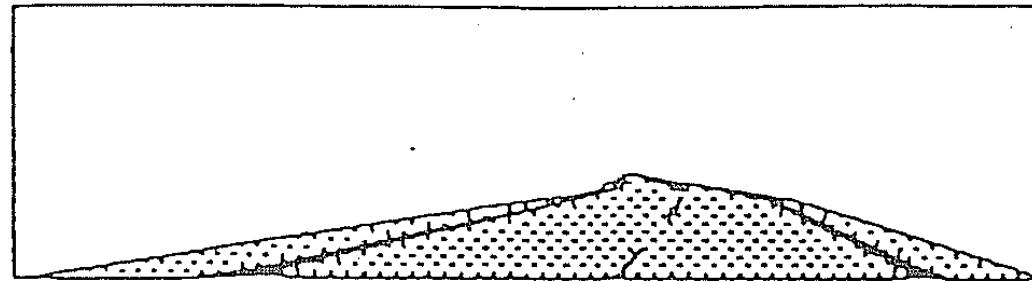
- Elementen van het liggingsplan
 - Lange rechte stukken zijn: eentonig en vermoeiend, overdreven snelheid, verblinding bij duisternis



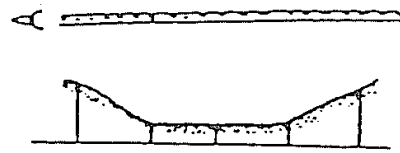
- Te korte boog → optische knik



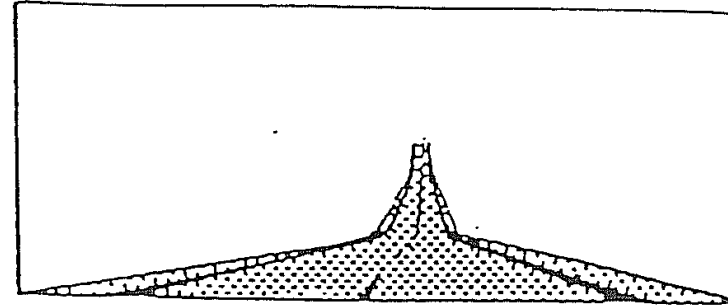
te korte boog:
optische knik



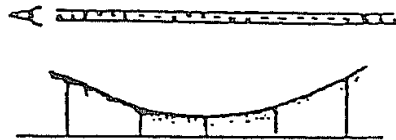
- Elementen van het lengteprofiel
 - Recht stuk tussen 2 dalbogen → schijnbare top



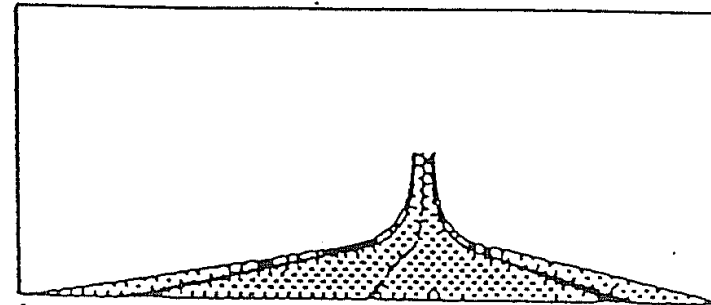
recht stuk in een dal:
schijnbare top



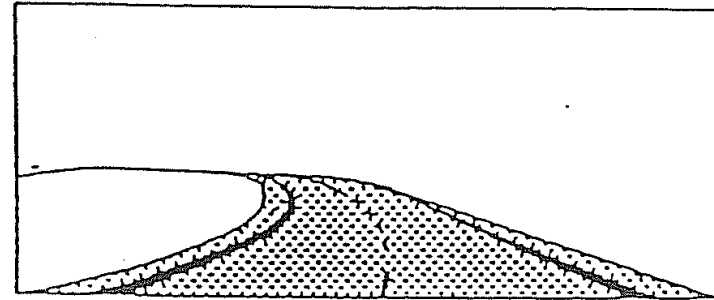
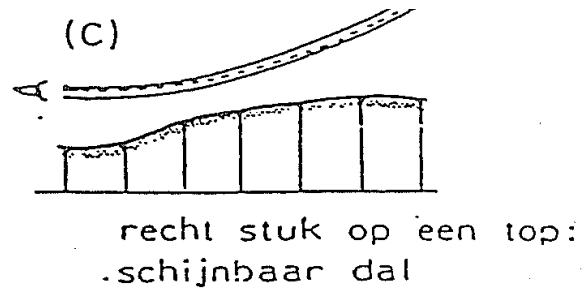
- Beter: één grote dalboog



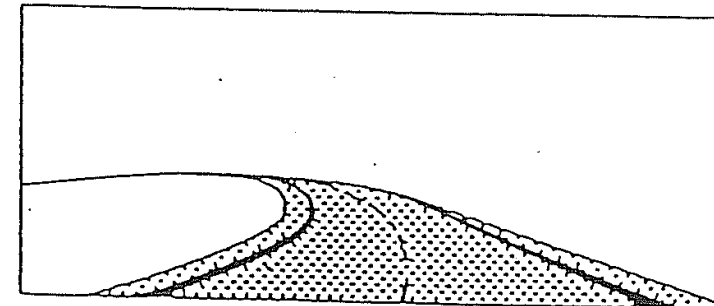
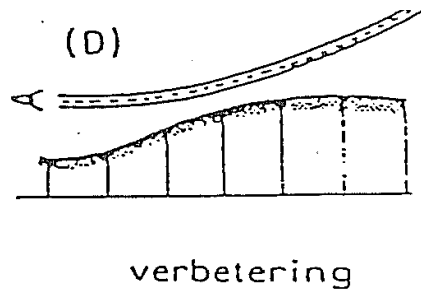
verbetering



- Elementen van het lengteprofiel
 - Recht stuk tussen 2 topbogen → schijnbaar dal

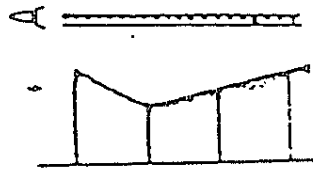


- Beter: één grote topboog

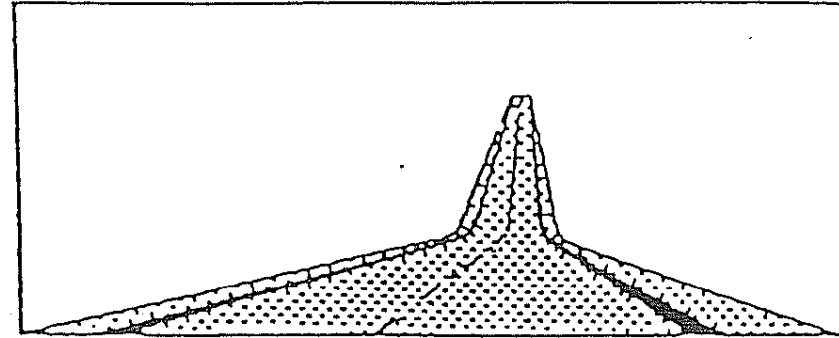


- Elementen van het lengteprofiel
 - Te korte dalbogen zijn te vermijden

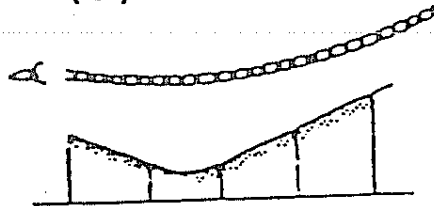
(A)



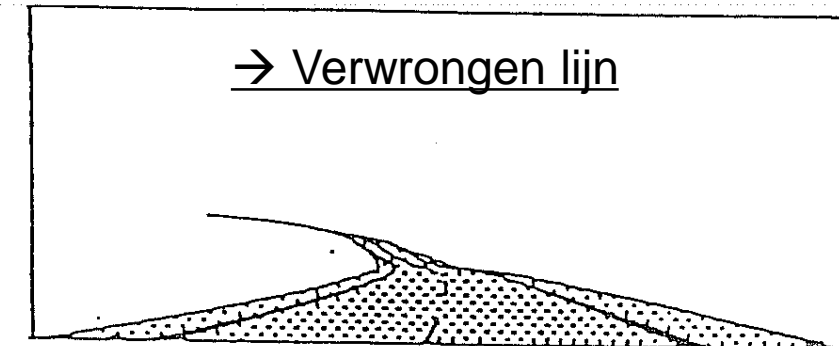
in recht stuk:
optische knik in het dal



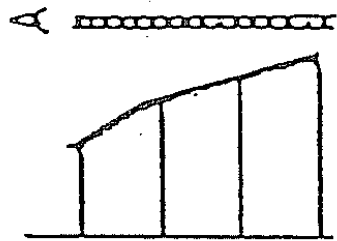
(B)



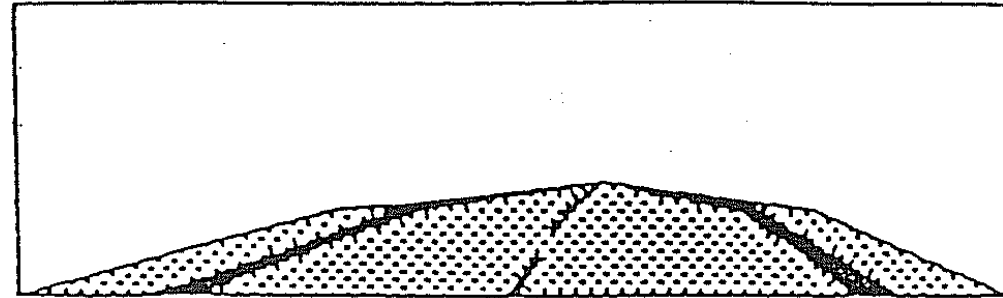
in bocht: slechte indruk
van het liggingsplan



- Elementen van het lengteprofiel
 - Te korte topbogen zijn bijzonder nadelig voor de zichtbaarheid

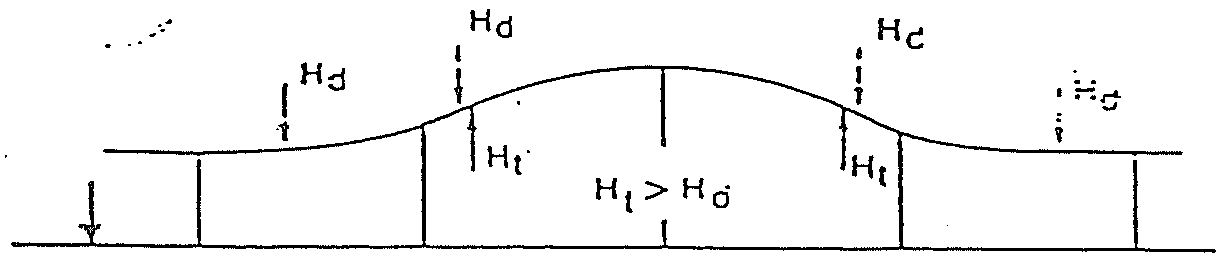


gevolg: optische knik

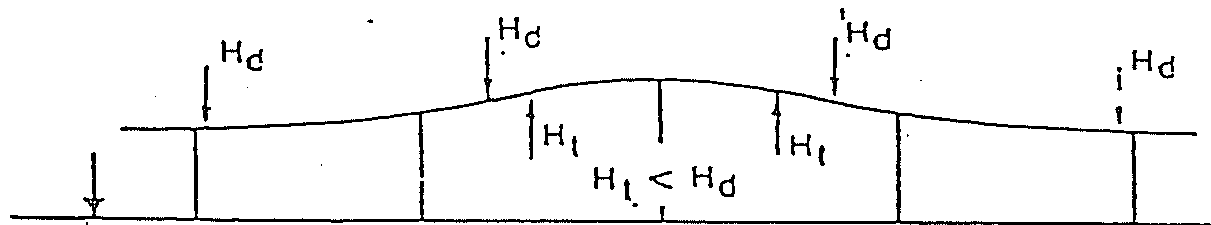


Te korte boog op een top

- Elementen van het lengteprofiel
 - Opeenvolging van top- en dalbogen



A heuvelachtig



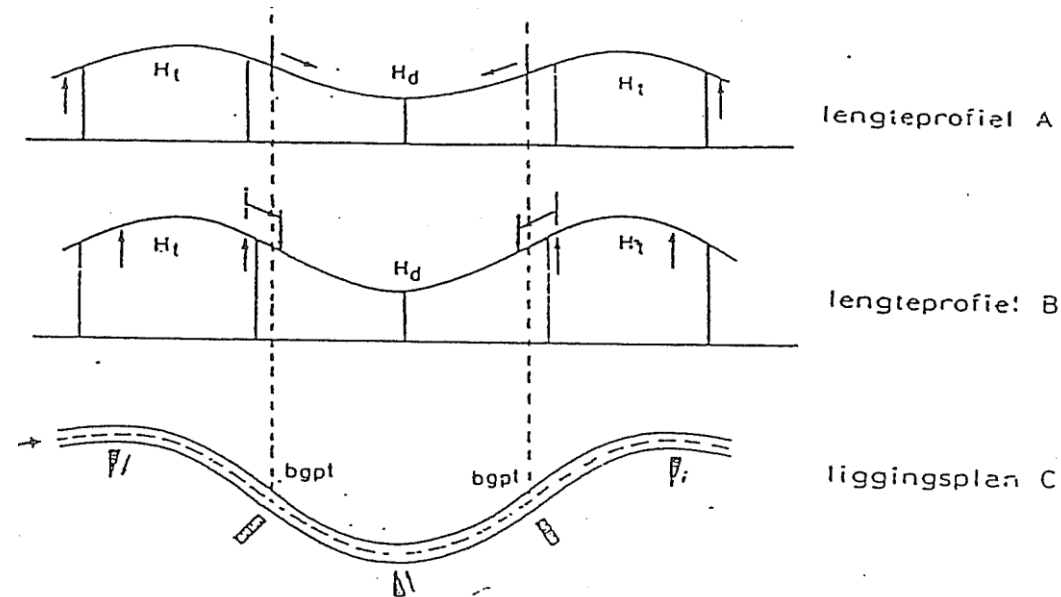
B vlak land

Verhouding straal topboog (H_t) - straal dalboog (H_d)

- Combinatie van liggingsplan en lengteprofiel

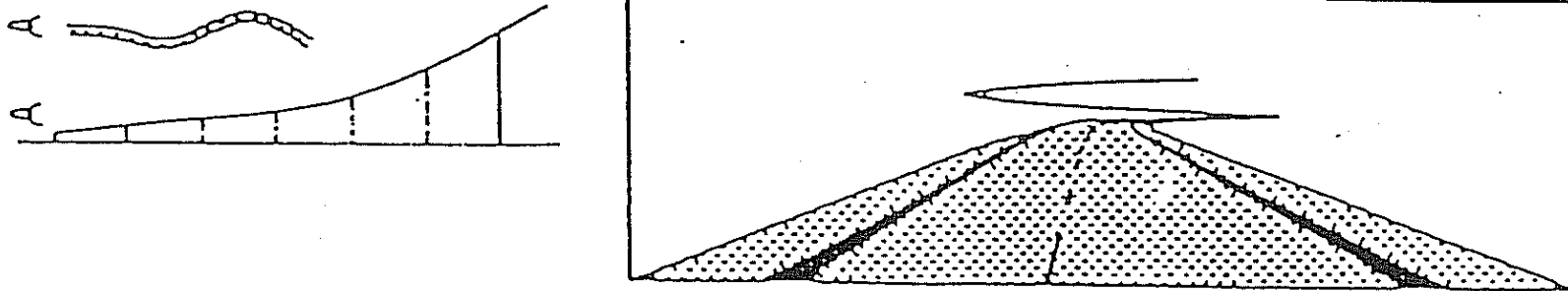
Om een optisch vlekkeloze lijnvorming te bekomen, dient de verhouding van de stralen van bogen in grondplan tot deze van bogen in het lengteprofiel zo klein mogelijk te zijn en bij voorkeur niet groter dan $1/5$ tot $1/10$.

Een optisch, afwateringstechnisch en rijdynamisch voordelige lijnvorming wordt bekomen wanneer de buigpunten van de bogen in lengteprofiel en liggingsplan zich op dezelfde plaats of in elkaars nabijheid bevinden.



- Combinatie van liggingsplan en lengteprofiel

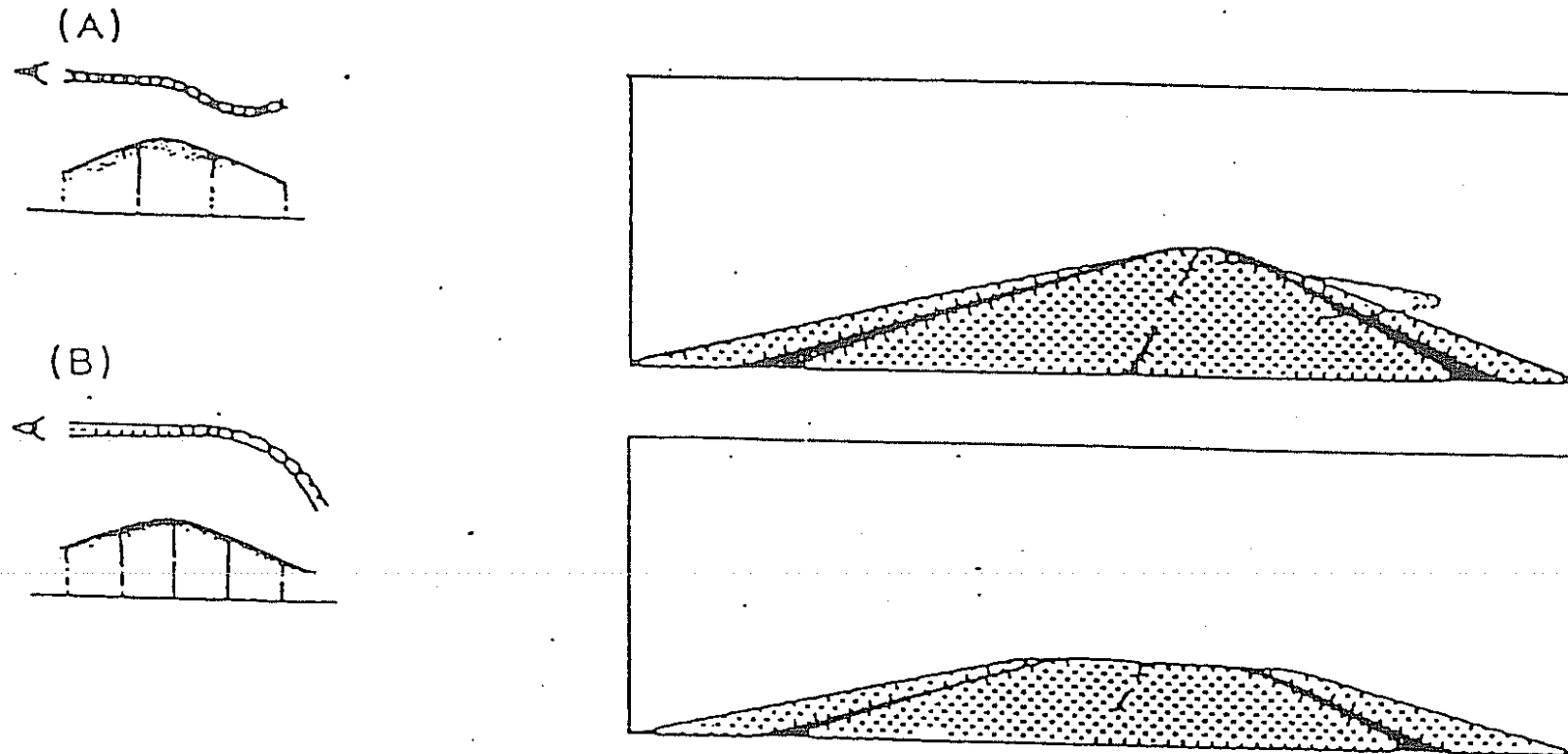
Een groter aantal buigpunten in het liggingsplan dan in het lengteprofiel wordt bij voorkeur vermeden. Indien toch noodzakelijk wordt aangeraden de overgangen van top- en dalbogen in te passen in rechte stukken van het grondplan.



Slingerend liggingsplan

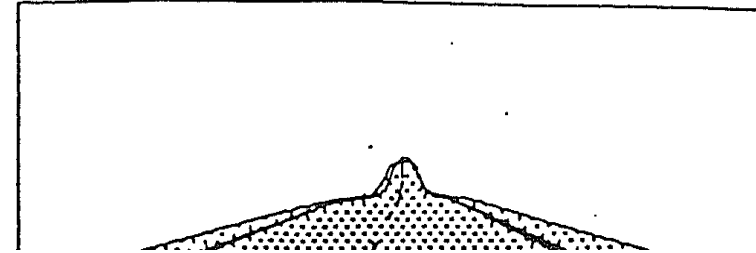
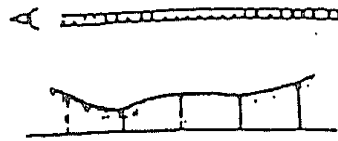
- Combinatie van liggingsplan en lengteprofiel

Aanvang van een boog op een top.

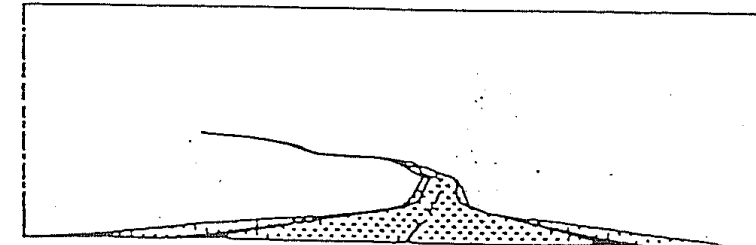
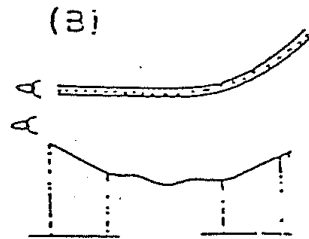
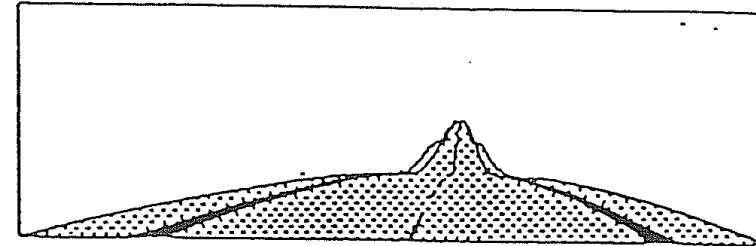
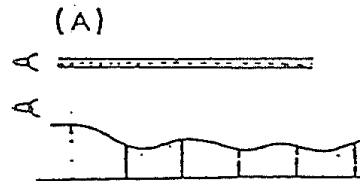


- Combinatie van liggingsplan en lengteprofiel

Welving

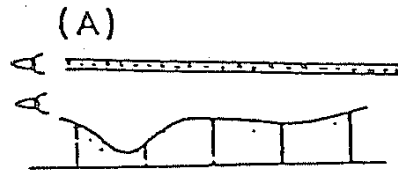


Golving

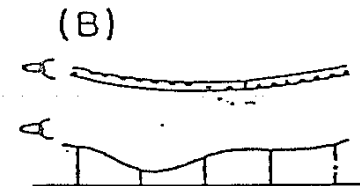
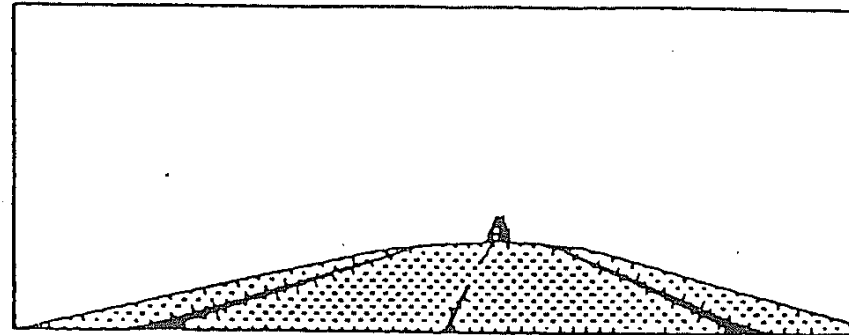


- Combinatie van liggingsplan en lengteprofiel

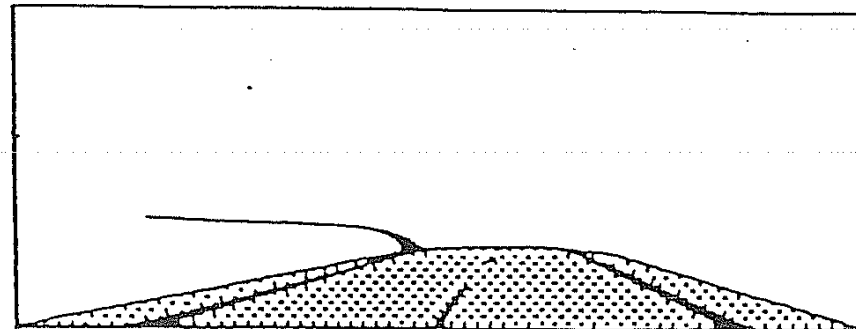
Duik



recht weggedeelte



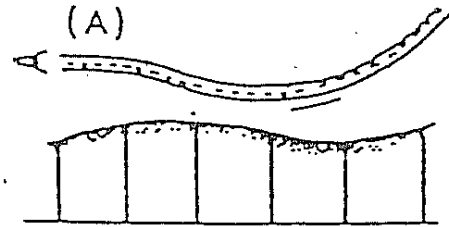
gebogen weggedeelte



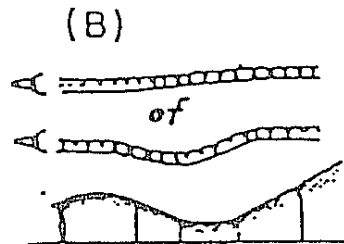
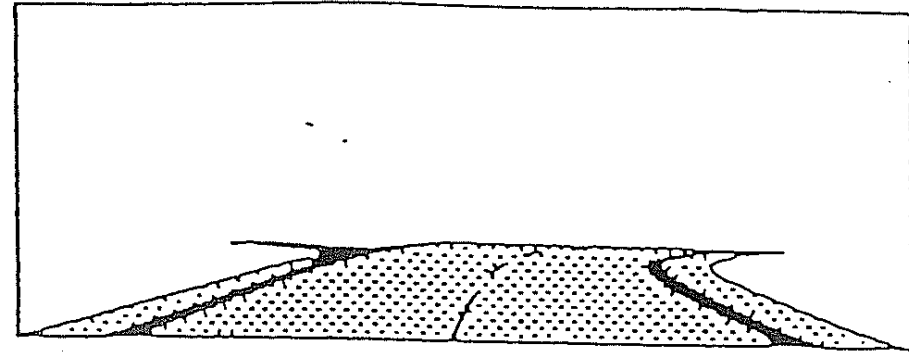
Duik in een recht en gebogen weggedeelte

- Combinatie van liggingsplan en lengteprofiel

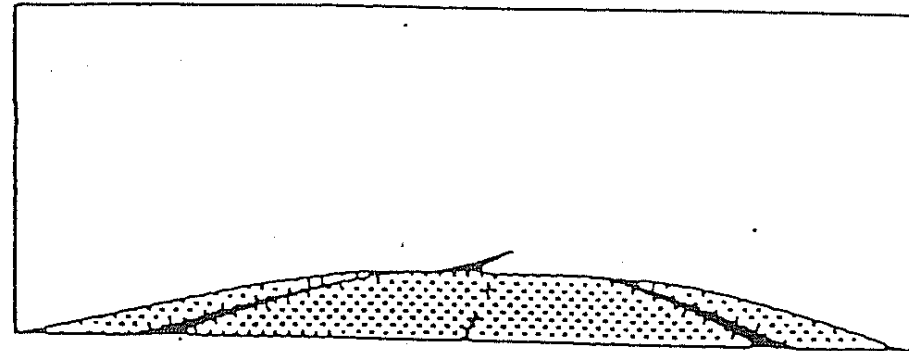
Verspringing



grote verspringing



kleine verspringing



Verspringing van de weg: misleidend verloop