

Inženjerska geodezija 1

PREDAVANJE

ANALITIČKA RAZRADA PROJEKTA

dr Milutin Pejović, dipl.geod.inž.

mpejovic@grf.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

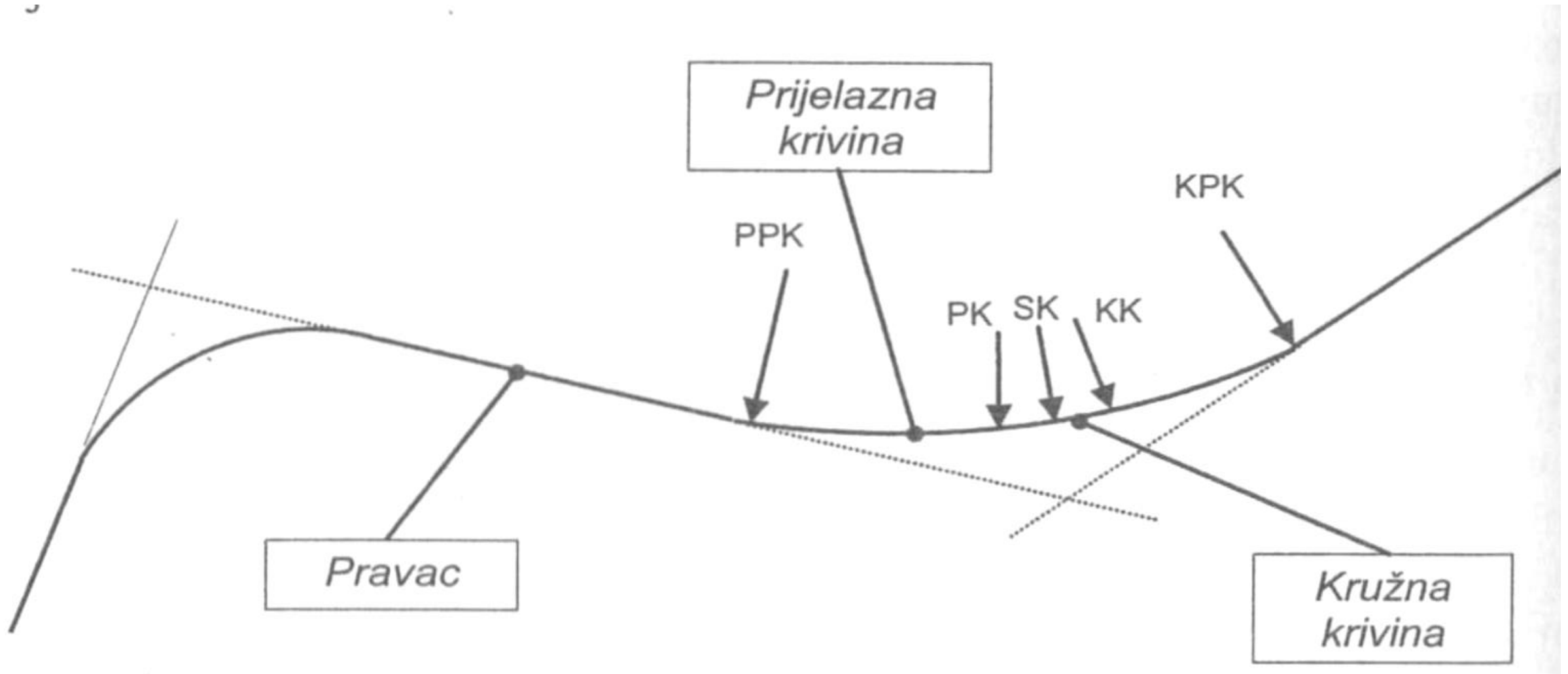
Odsek za geodeziju i geoinformatiku

Beograd, 22. Decembar 2023

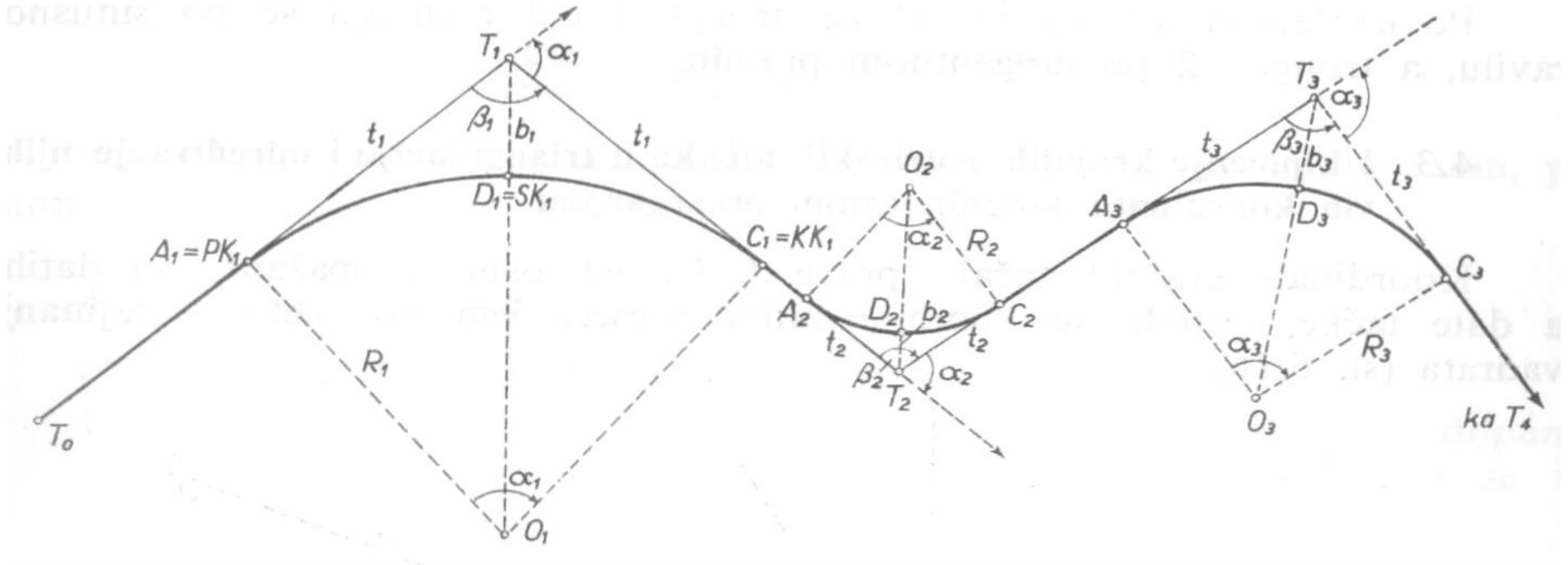


- Prethodi samom obeležavanju tačaka objekta, tj. „prenošenju“ projekta na teren
- Predstavlja određivanje koordinata i kota tačaka objekta u koordinatnom sistemu geodetske mreže objekta:
 - računanje Y i X koordinata tačaka objekta za položajno obeležavanje
 - računanje kota tačaka objekta Z koordinata za visinsko obeležavanje

PRIMER SITUACIJE TRASE SA KRIVINAMA

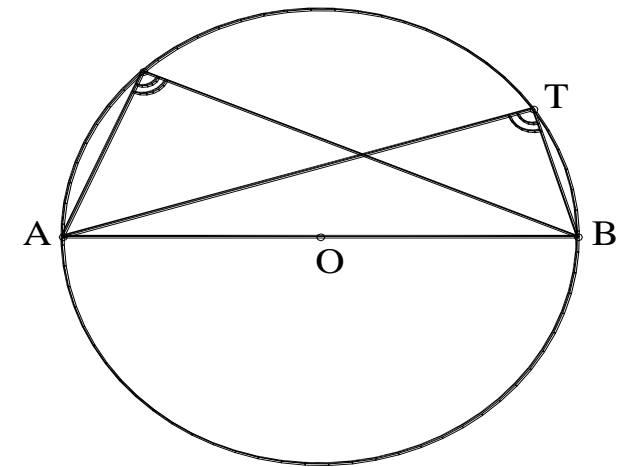
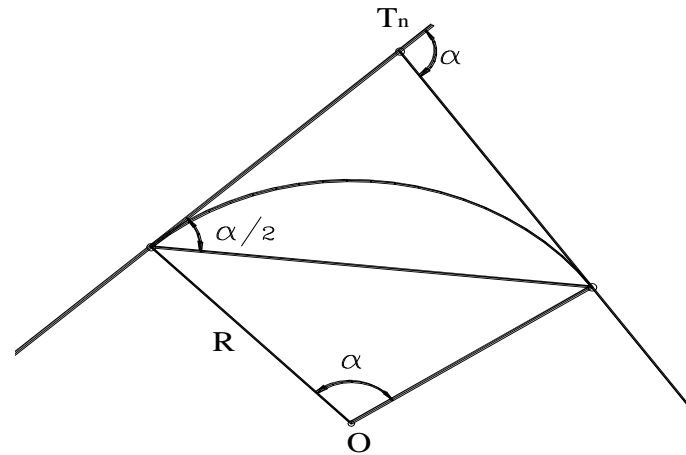
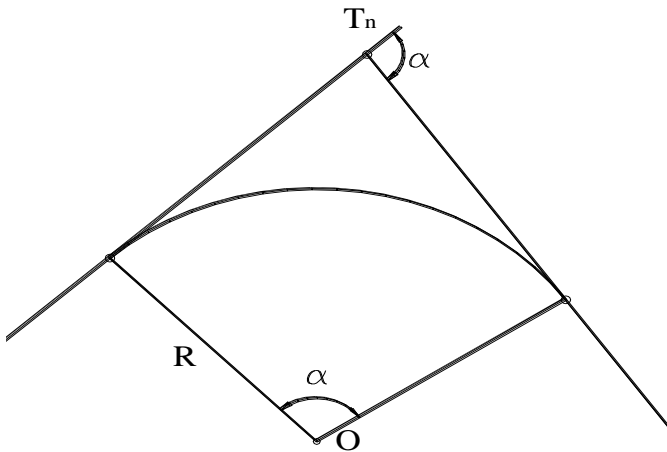


PRIMER SITUACIJE TRASE SA KRIVINAMA

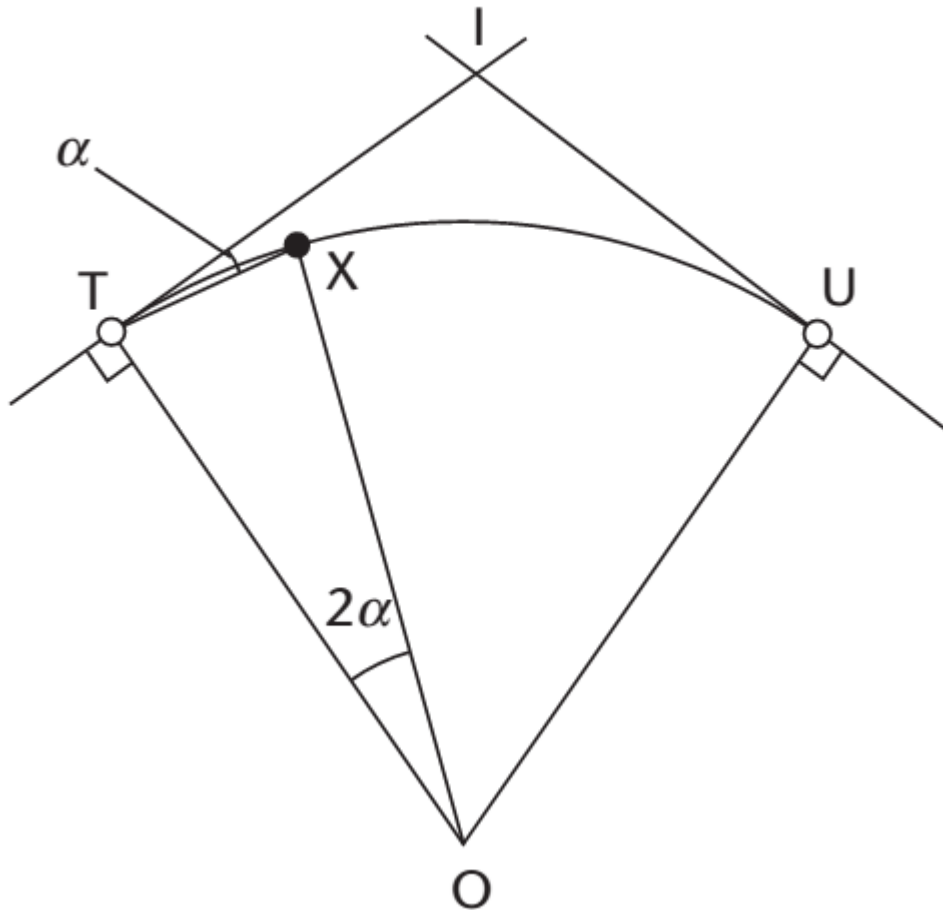


PRIMER SITUACIJE TRASE SA KRIVINAMA

- Konstantna zakrivljenost: $C = \frac{1}{R}$
- Centralni ugao jednak skretnom uglu
- Ugao između tangente i tetive jednak polovini centralnog ugla
- Pravci povučeni iz bilo koje tačke na kružnici ka krajnjim tačkama prečnika zaklapaju ugao od 90°

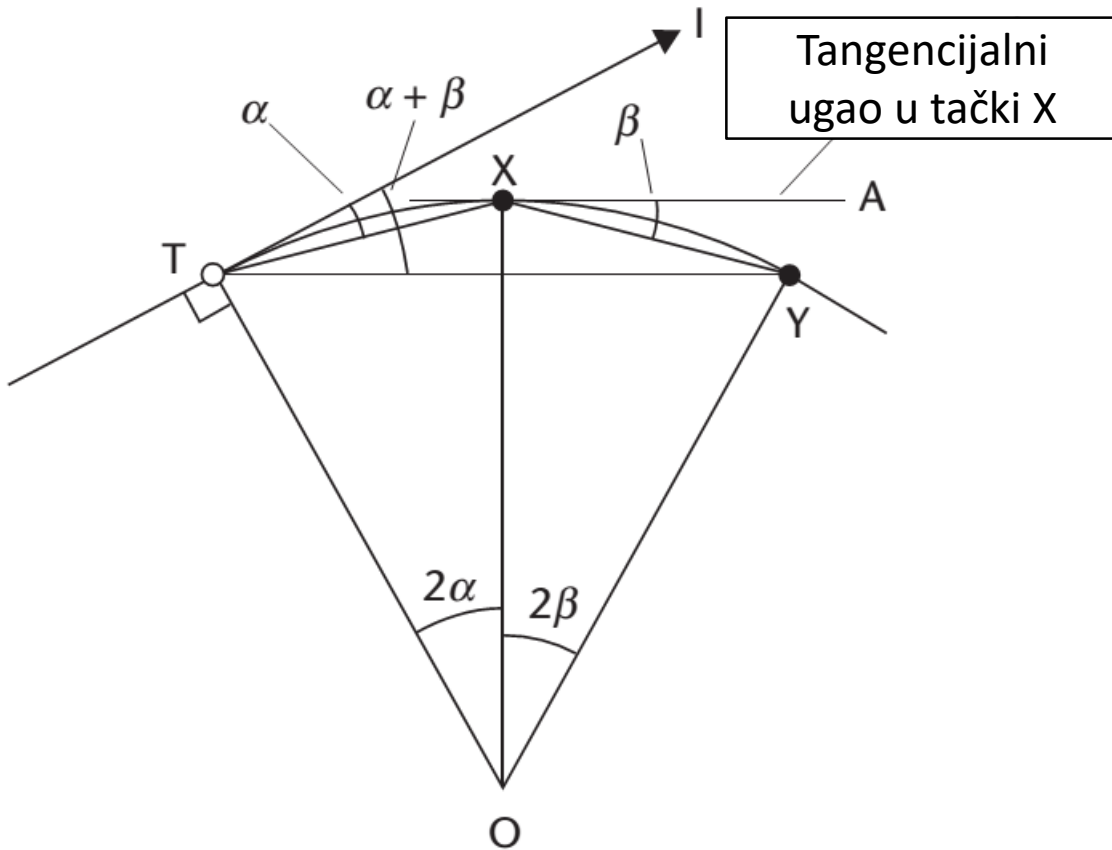


KARAKTERISTIČNE RELACIJE KRUŽNIH KRIVINA



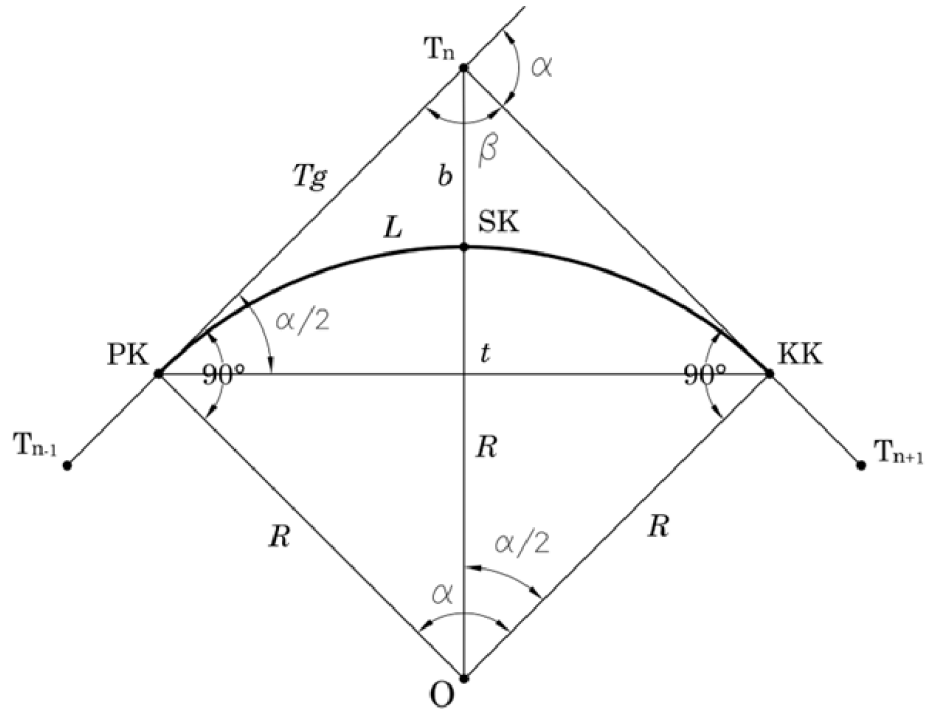
Ugao koji zaklapaju tangenta u nekoj tački (T) i pravac ka bilo kojoj tački na krivini je jednak polovini zahvaćenog centralnog ugla (iz centra) ka te dve tačke.

KARAKTERISTIČNE RELACIJE KRUŽNIH KRIVINA



Ugao koji zaklapaju tangente i tetive u nekim tačkama na jednoj sledećoj tački jednak je zbiru uglova iz tih tačaka ka toj tački

GLAVNI ELEMENTI I TAČKE KRUŽNE KRIVINE



PK – početak krivine

SK – sredina krivine

KK – kraj krivine

O – centar krivine

R – poluprečnik kružnog luka

α – skretni (centralni) ugao

β – prelomni ugao

Tg – tangenta

b – bisektrisa

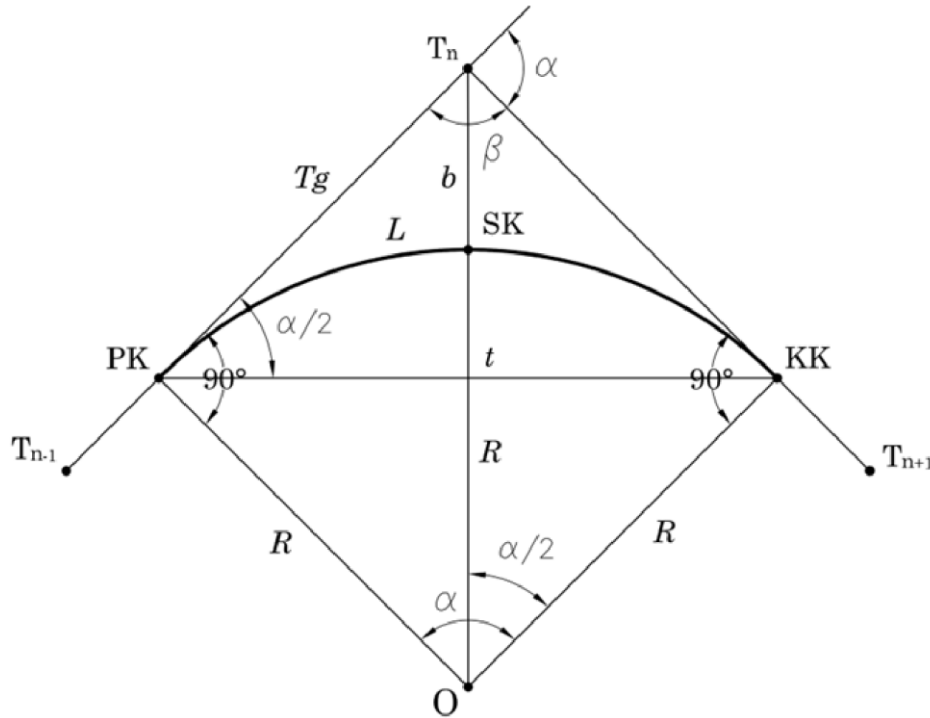
L – dužina kružnog luka

t – tetiva

RAČUNANJE GLAVNIH ELEMENATA KRIVINE

Dato: $R, \alpha = \nu_{T_n}^{T_{n+1}} - \nu_{T_{n-1}}^{T_n}$.

Nepoznato: Tg, b, L, t .



$$Tg = R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$L = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{180^\circ}$$

$$t = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{R}{R + b}$$

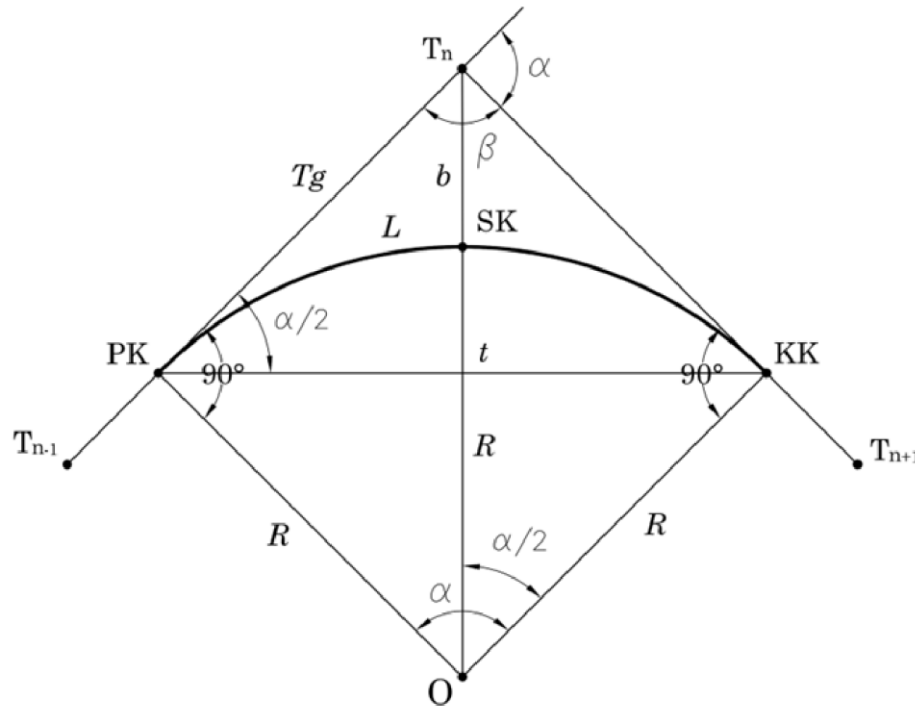
$$\Rightarrow b = \frac{R}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - R$$

$$\Rightarrow b = R \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 1 \right)$$

RAČUNANJE KOORDINATA GLAVNIH TAČKA KRIVINE

Dato: $Y_{T_{n-1}}, X_{T_{n-1}}, Y_{T_n}, X_{T_n}, Y_{T_{n+1}}, X_{T_{n+1}}$.

Nepoznato: $Y_{PK}, X_{PK}, Y_{SK}, X_{SK}, Y_{KK}, X_{KK}, Y_O, X_O$.



$$Y_{PK} = Y_{T_n} + Tg \cdot \sin(v_{T_n}^{T_{n-1}})$$

$$X_{PK} = X_{T_n} + Tg \cdot \cos(v_{T_n}^{T_{n-1}})$$

$$Y_{KK} = Y_{T_n} + Tg \cdot \sin(v_{T_n}^{T_{n+1}})$$

$$X_{KK} = X_{T_n} + Tg \cdot \cos(v_{T_n}^{T_{n+1}})$$

$$v_{T_n}^{SK} = v_{T_n}^O = v_{T_n}^{T_{n+1}} + \beta/2$$

$$\beta = 180^\circ - \alpha$$

$$Y_{SK} = Y_{T_n} + b \cdot \sin(v_{T_n}^{SK})$$

$$X_{SK} = X_{T_n} + b \cdot \cos(v_{T_n}^{SK})$$

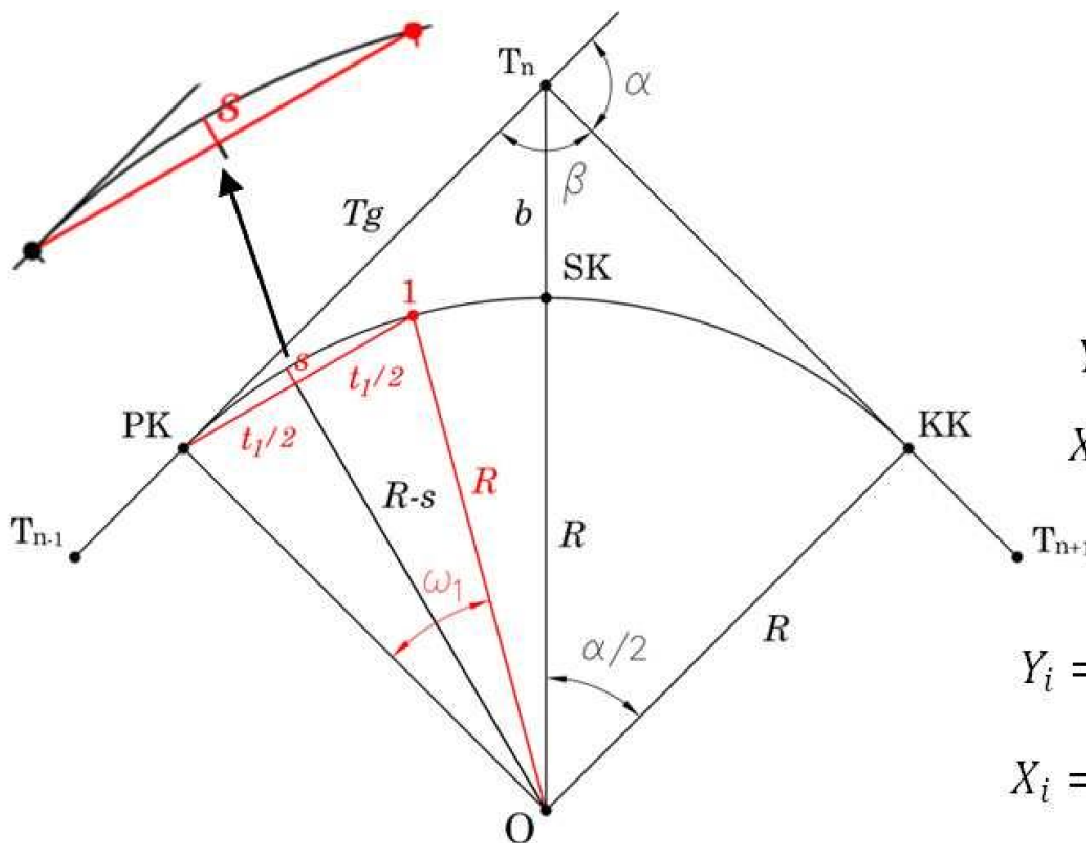
$$Y_O = Y_{T_n} + (R + b) \cdot \sin(v_{T_n}^O)$$

$$X_O = X_{T_n} + (R + b) \cdot \cos(v_{T_n}^O)$$

RAČUNANJE KOORDINATA DETALJNIH TAČKA KRIVINE

Dato: $R, \alpha, Tg, b, L, t, Y_{PK}, X_{PK}, \dots, Y_O, X_O$. Dužina strele luka s se usvaja.

Nepoznato: $Y_1, X_1, Y_2, X_2, \dots, Y_n, X_n$.



$$\left(\frac{t_1}{2}\right)^2 = R^2 - (R - s)^2$$

$$t_1 = 2 \cdot \sqrt{R^2 - (R - s)^2}$$

$$\omega_1 = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{t_1}{2 \cdot R}\right)$$

$$Y_1 = Y_0 + R \cdot \sin(v_O^{PK} + \omega_1)$$

$$X_1 = X_0 + R \cdot \cos(v_0^{PK} + \omega_1)$$

Opšti oblik:

$$Y_i = Y_O + R \cdot \sin \left(v_O^{PK} + \sum_{j=1}^i \omega_j \right)$$

$$X_i = X_O + R \cdot \cos \left(v_O^{PK} + \sum_{j=1}^i \omega_j \right)$$

RAČUNANJE KOORDINATA DETALJNIH TAČKA KRIVINE

Dato: R, α .

Nepoznato: $y_1, x_1, y_2, x_2, \dots, y_n, x_n$.

Dužina luka l se usvaja.

$$\omega_1 = \frac{180^\circ \cdot l}{R \cdot \pi}$$

$$x_1 = R \cdot \sin(\omega_1)$$

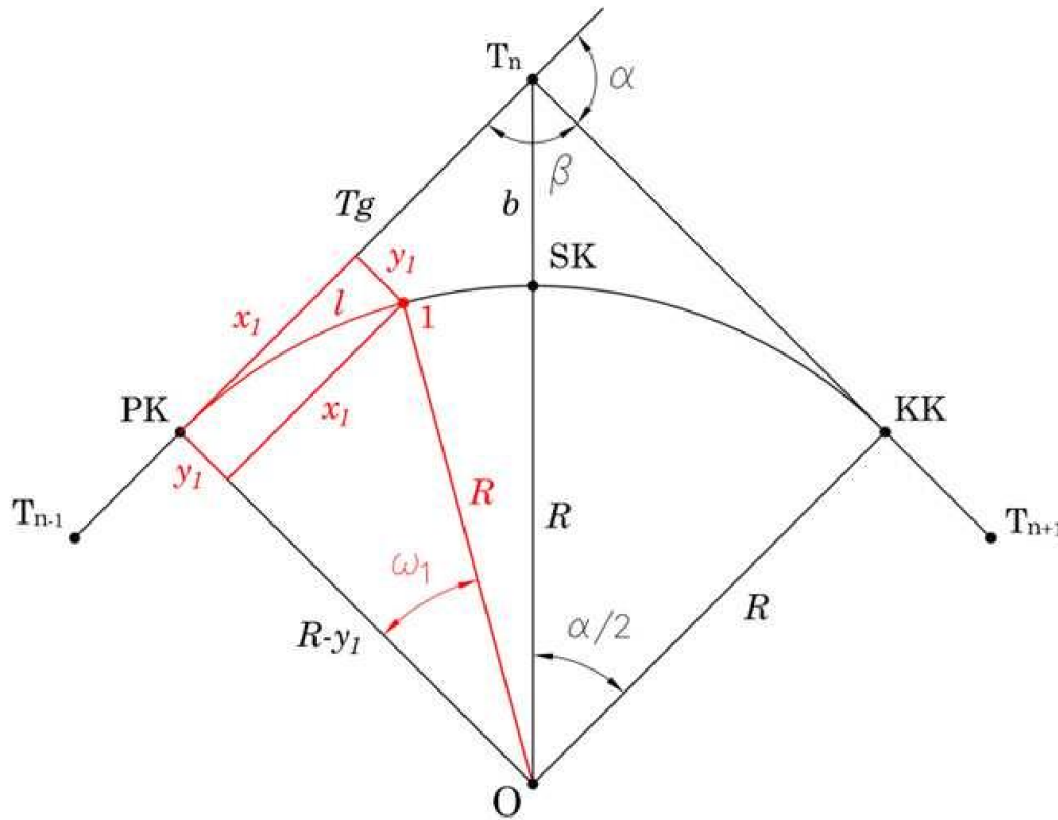
$$y_1 = R - R \cdot \cos(\omega_1)$$

$$y_1 = R \cdot (1 - \cos(\omega_1))$$

Opšti oblik:

$$x_i = R \cdot \sin \left(\sum_{j=1}^i \omega_j \right)$$

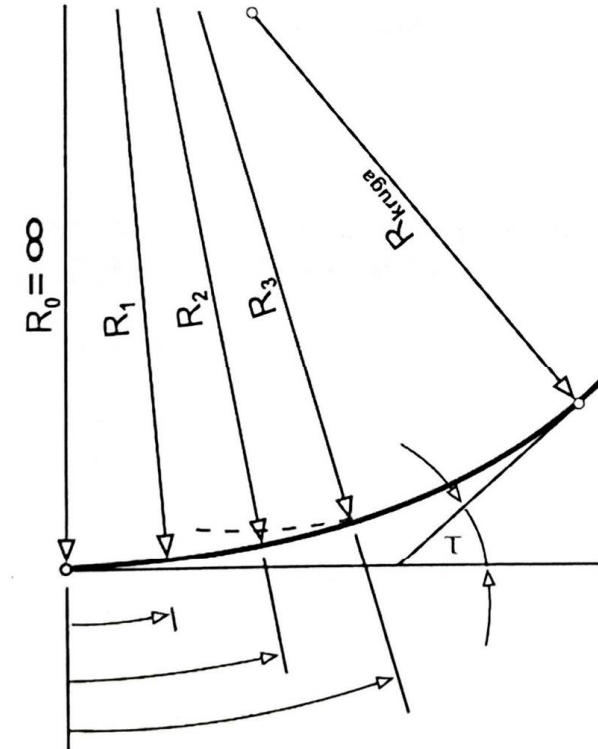
$$y_i = R \cdot \left(1 - \cos\left(\sum_{j=1}^i \omega_j\right)\right)$$



PRELAZNE KRIVINE

PRELAZNE KRIVINE

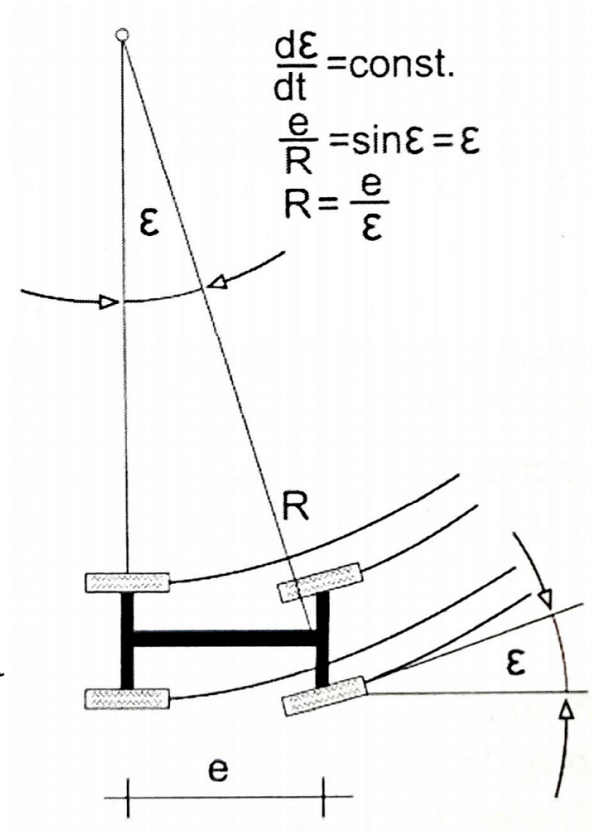
- Prilikom kretanja vozila, usled prelaza iz pravca u krivinu na vozilo deluje centrifugalna sila.
- U cilju redukcije uticaja centrifugalne sile potrebno je postepeno smanjivati polupračnik krivine pomoću odgovarajućih prelaznih krivina.
- Prelazna krivina je je kriva linija koja poluprečnih zakrivljenosti postepeno smanjuje od vrednosti beskonačnosti do vrednosti poluprečnika u delu kružne krivine.



USLOVI PRELAZNIH KRIVINA

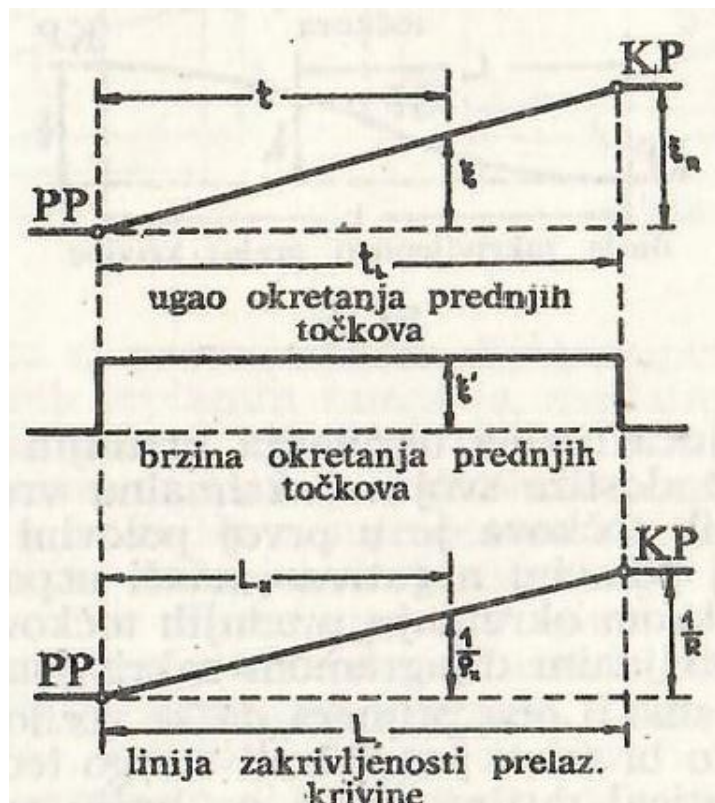
➤ Matematički oblik prelazne krivine treba da zadovolji sledeće uslove:

- linearna promena zakrivljenosti, tj. postepena promena poluprečnika;
- luk kružne i prelazne krivine treba da ima zajedničku tangentu u dodirnoj tački;
- pri konstantnoj brzini vozila brzina okretanja prednjih točkova treba da bude konstantna ($d\varepsilon/dt = \text{const.}$).

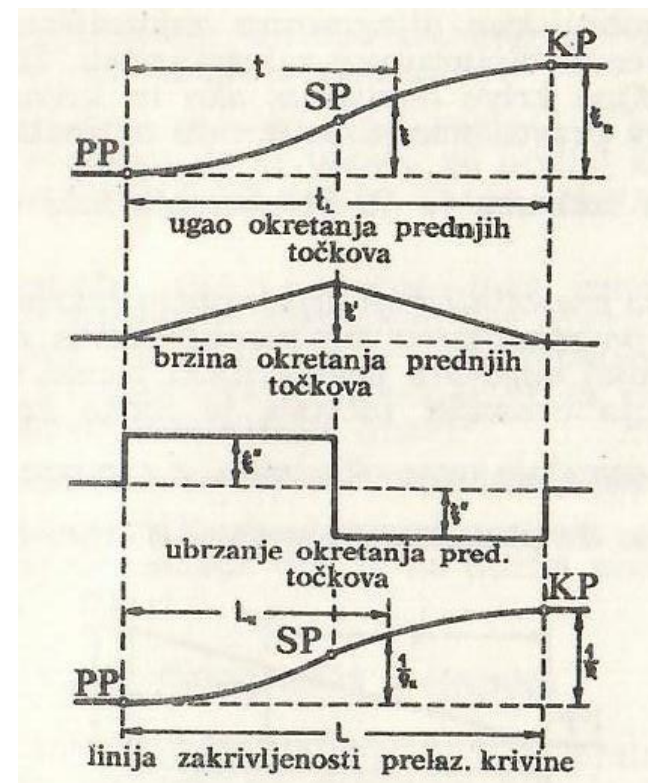


VRSTE PRELAZNIH KRIVINA

Prelaznice sa pravolinijskim diagramom zakrivljenosti



Prelaznice sa krivolinijskim diagramom zakrivljenosti



VRSTE PRELAZNIH KRIVINA

Poluprečnik zakrivljenosti prelaznice se od vrednosti $\rho = \infty$ do vrednosti $\rho = R$ može menjati srazmerno lučnoj dužini krive, apscisi ili tetivi. Prema tome imamo tri vrste prelaznih krivina:

➤ Klotoida

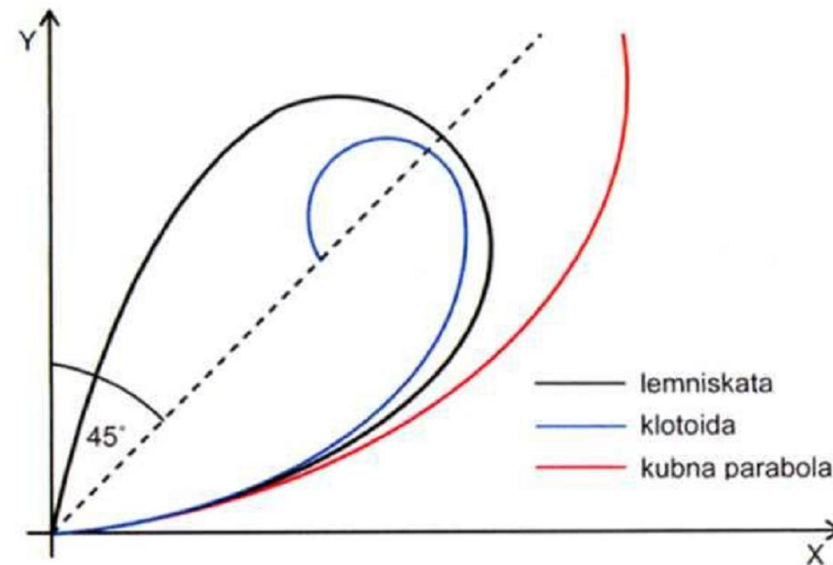
$$R \cdot L = C$$

➤ Kubna parabola

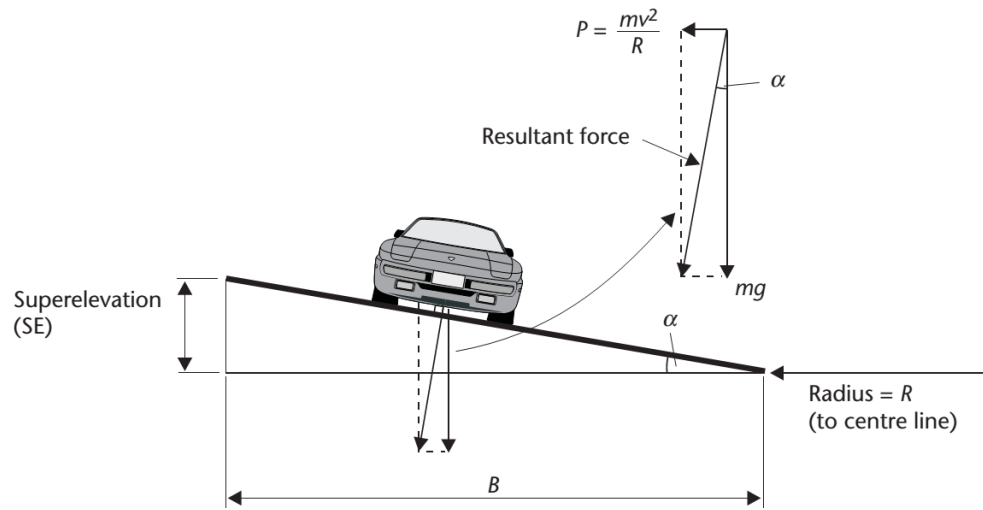
$$R \cdot l_x = C$$

➤ Lemniskata

$$R \cdot t = C$$



NADVIŠENJE SPOLJNE IVICE PUTA - VITOPERENJE



$$\tan \alpha = \frac{mv^2 / R}{mg} = \frac{v^2}{gR}$$

$$SE = B \tan \alpha$$

$$\text{maximum theoretical SE} = \left(\frac{Bv^2}{gR} \right) \text{ where } v \text{ is in m s}^{-1}$$

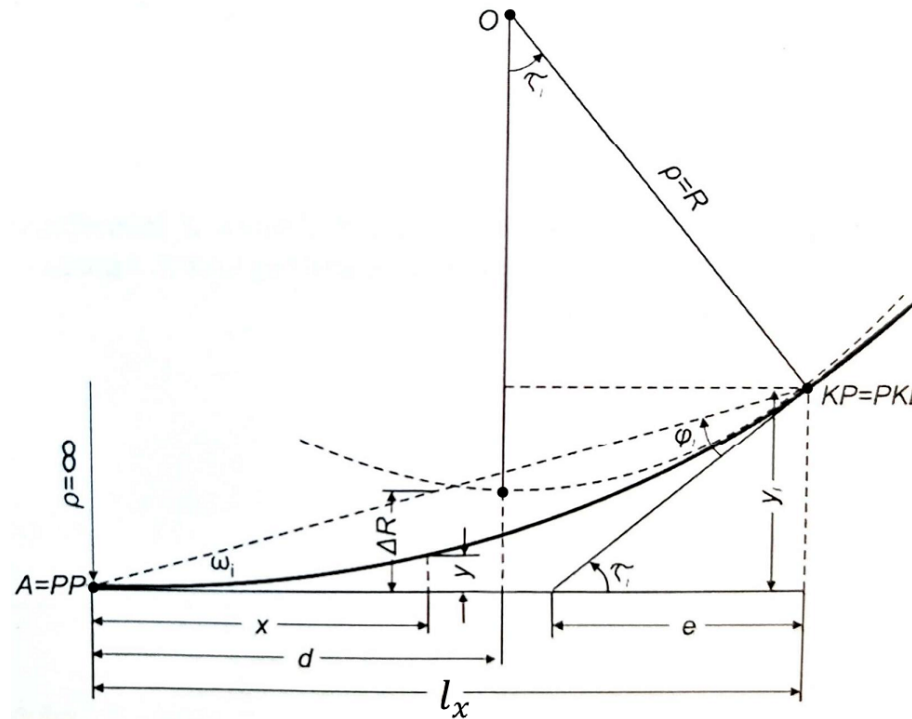
- Nagib krivine (superelevacija) obično treba da uravnoteži samo 45% radijalne sile P .
- U ruralnim područjima, nagib krivine ne bi trebalo da prelazi 7% (približno 1:14,5) i, gde god je moguće, radijusi bi trebalo da se biraju tako da nagib ostane unutar poželjne vrednosti od 5% (1:20).
- U urbanim područjima sa raskrsnicama u nivou i bočnim prilazima, nagib krivine treba ograničiti na 5%.
- Minimalno dozvoljena vrednost nagiba krivine, radi obezbeđenja drenaže, iznosi 2,5% (1:40)

GLAVNI ELEMENTI KLOTOIDE

$$L_x R_x = C$$

$$x = \sqrt{\frac{C}{2}} \int_0^\tau \frac{\cos \tau}{\sqrt{\tau}} \cdot d\tau$$

$$y = \sqrt{\frac{C}{2}} \int_0^\tau \frac{\sin \tau}{\sqrt{\tau}} \cdot d\tau$$



PP – početak prelazne krivine

KP – kraj prelazne krivine

R – poluprečnik kružnog luka

L – dužina luka krive

l_x – apscisa tačke KP

y_l – ordinata tačke KP

d – udaljenost PP od teorijskog početka kružne krivine.

ΔR – kružni pomak

e – veličina subtangente

τ_l – ugao između tangente u tački KP i glavne tangente

ω_l – ugao između tangente i tetive

φ_l – ugao između tangente u tački KP i tetive

KLOTOIDA

- Ukoliko pretpostavimo da je rastojanje između tačka M i N na klotoidi dovoljno malo da je poluprečnik krivine ρ u obe tačke isti, može se napisati sledeće:

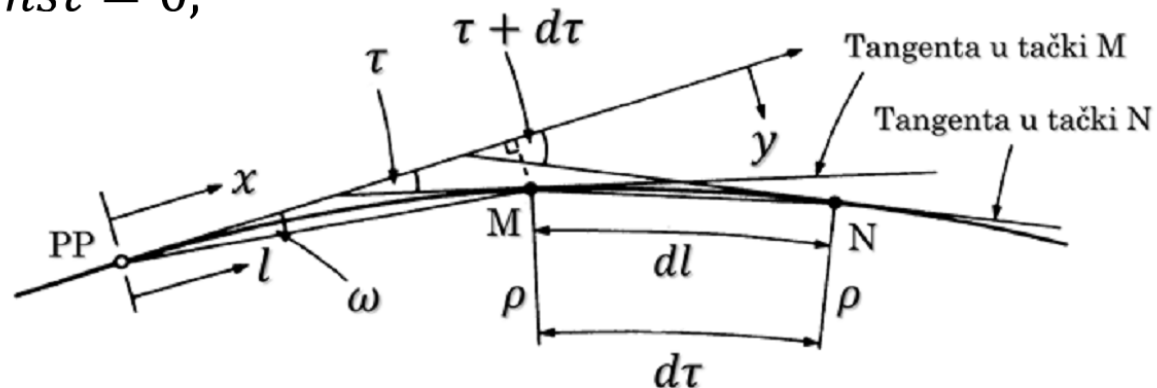
$$dl = \rho \cdot d\tau, \rho \cdot l = C \Rightarrow d\tau = \frac{l}{C} \cdot dl \Rightarrow \tau = \frac{l^2}{2C} + const.$$

- Upotrebom graničnih uslova dobija se:

$$l = 0, \tau = 0 \Rightarrow const = 0,$$

$$\tau = \frac{l^2}{2RL},$$

$$\tau_l = \frac{L^2}{2RL} = \frac{L}{2R}.$$



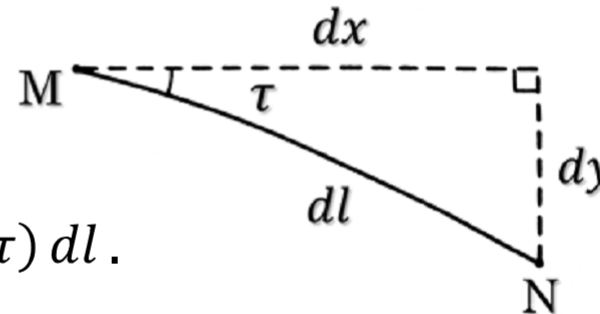
KLOTOIDA

- Budući da su tačke M i N veoma bliske, može se pretpostaviti da je dužina luka dl jednaka dužini tetive između tačaka M i N, na osnovu čega se mogu napisati sledeći izrazi:

$$dx = dl \cdot \cos(\tau), \quad dy = dl \cdot \sin(\tau),$$

odnosno

$$x = \int \cos(\tau) dl, \quad y = \int \sin(\tau) dl.$$



- Razvojem u red trigonometrijskih funkcija pod integralom i rešavanjem integrala dobijaju se odgovarajući izrazi za računanje pravouglih koordinata tačaka klotoide.

KLOTOIDA

➤ Elementi klotoide određuje se pomoću sledećih formula:

$$l_x = L \cdot \left[1 - \frac{1}{10} \cdot \left(\frac{L}{2R} \right)^2 + \frac{1}{216} \cdot \left(\frac{L}{2R} \right)^4 - \dots \right],$$

$$y_l = \frac{L^2}{6R} \cdot \left[1 - \frac{1}{14} \cdot \left(\frac{L}{2R} \right)^2 + \frac{1}{440} \cdot \left(\frac{L}{2R} \right)^4 - \dots \right],$$

$$\tau_l = \frac{L}{2R} = \left(\frac{L}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \right)^\circ, \quad \Delta R = y_l - (R - R \cdot \cos(\tau_l)),$$

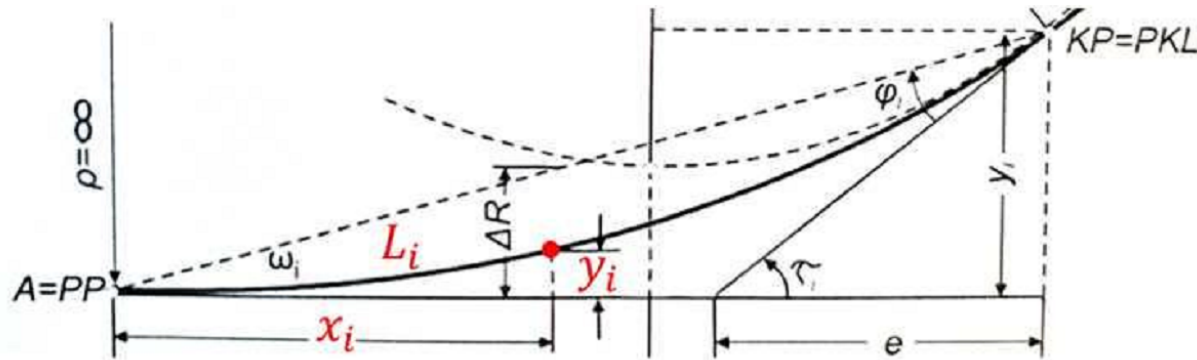
$$e = y_l \cdot \operatorname{ctg}(\tau_l), \quad d = l_x - R \cdot \sin(\tau_l),$$

$$\omega_l = \operatorname{arctg}(y_l/l_x), \quad 180^\circ - \omega_l - \varphi_l = 180^\circ - \tau_l \Rightarrow \varphi_l = \tau_l - \omega_l.$$

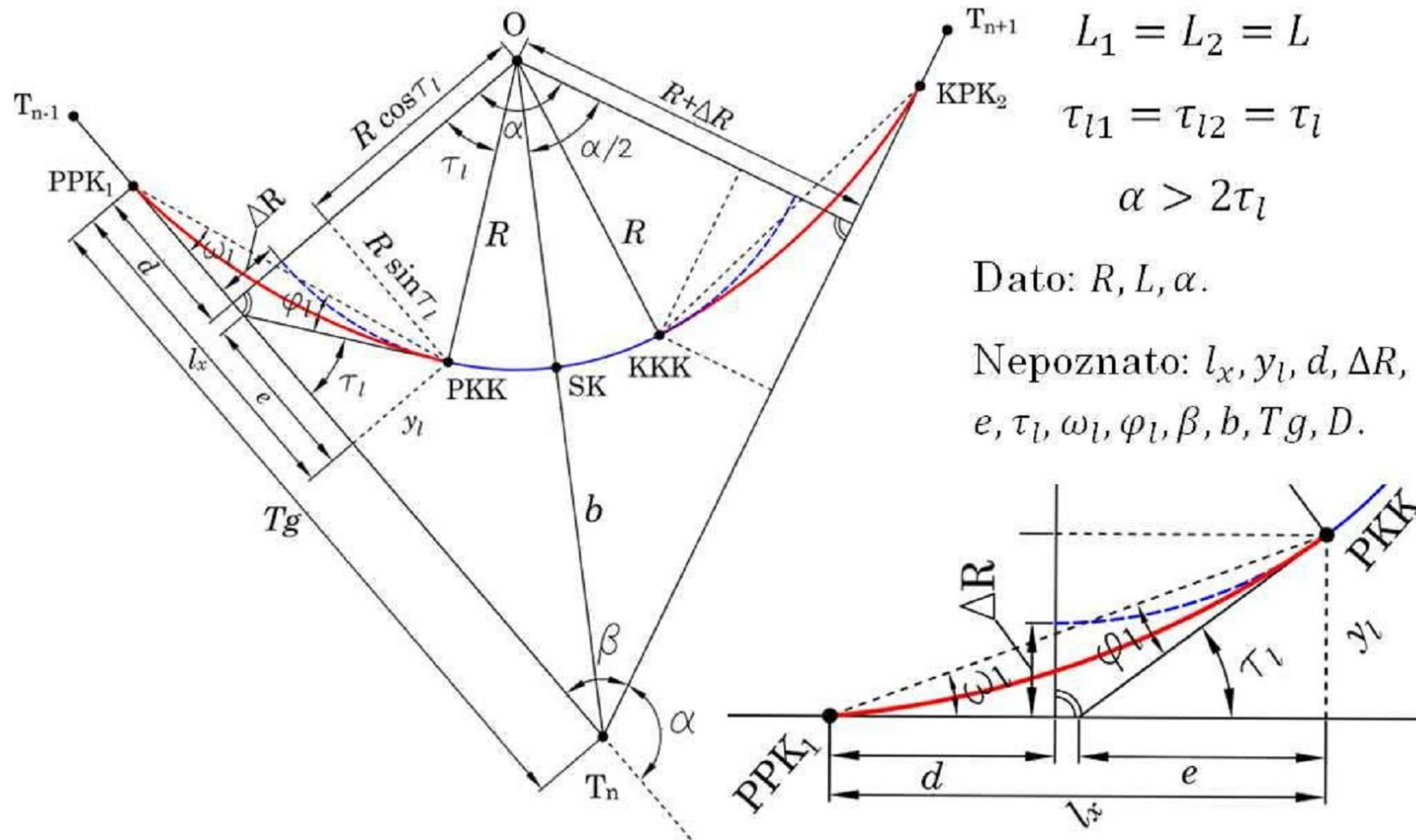
KLOTOIDA

- Pravougle koordinate tačke i na proizvoljnoj udaljenosti L_i od početka klotoide računaju se na sledeći način:

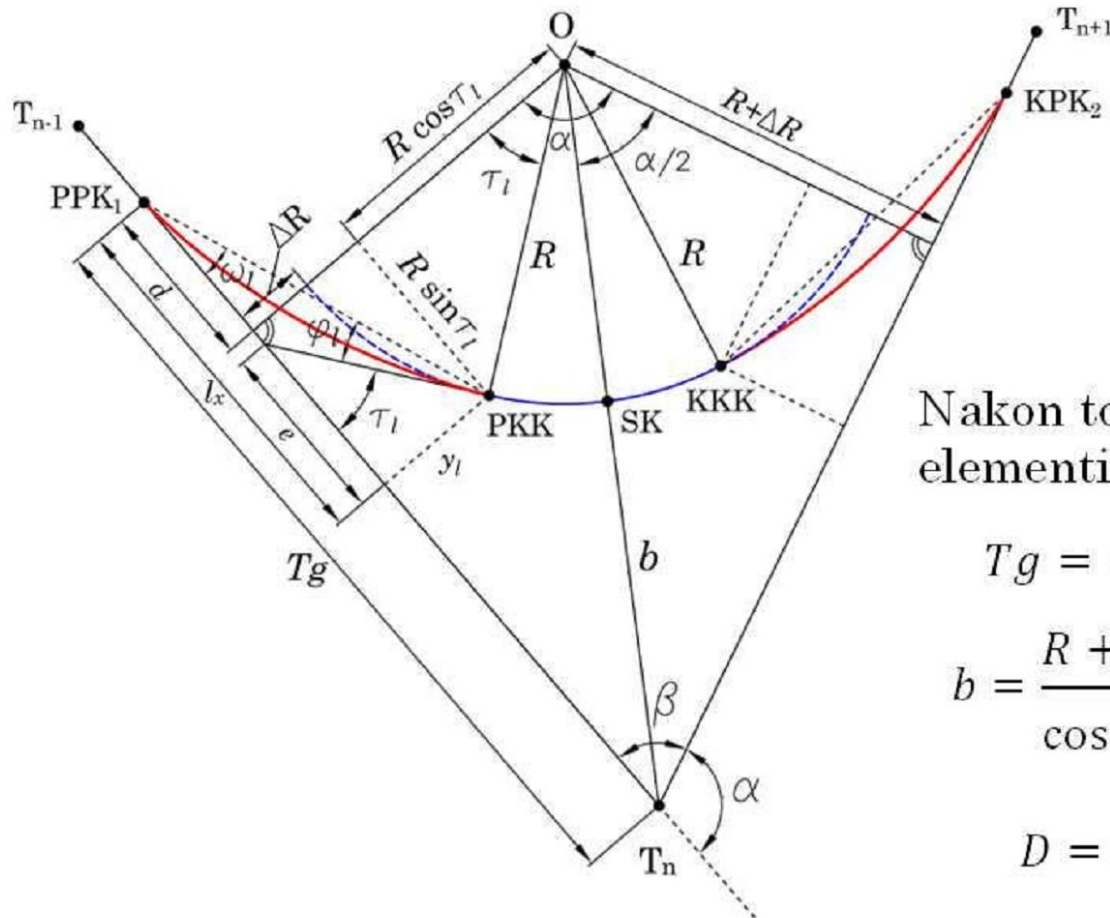
$$x_i = L_i \cdot \left[1 - \frac{1}{10} \cdot \left(\frac{L_i^2}{2C} \right)^2 + \frac{1}{216} \cdot \left(\frac{L_i^2}{2C} \right)^4 - \dots \right],$$
$$y_i = \frac{L_i^3}{6C} \cdot \left[1 - \frac{1}{14} \cdot \left(\frac{L_i^2}{2C} \right)^2 + \frac{1}{440} \cdot \left(\frac{L_i^2}{2C} \right)^4 - \dots \right].$$



SIMETRIČNA PRELAZNA KRIVINA OBLIKA KLOTOIDE



ODREĐIVANJE ELEMENATA PRELAZNE KRIVINE OBLIKA KLOTOIDE



Elementi klotoida:
 $l_x, y_l, d, \Delta R, e, \tau_l, \omega_l, \varphi_l$
 određuju se na osnovu
 prethodno prikazanih
 formula.

Nakon toga, određuju se sledeći
 elementi:

$$Tg = (R + \Delta R) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) + d,$$

$$b = \frac{R + \Delta R}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - R, \beta = 180^\circ - \alpha,$$

$$D = R \cdot \pi \cdot \frac{\alpha - 2\tau_l}{180^\circ} + 2L.$$

ODREĐIVANJE KOORDINATA GLAVNIH TAČKA

Dato: $Y_{T_{n-1}}, X_{T_{n-1}}, Y_{T_n}, X_{T_n}, Y_{T_{n+1}}, X_{T_{n+1}}$ i glavni elementi prelazne krivine.

Nepoznato: $Y_{PPK_1}, X_{PPK_1}, Y_{KPK_1}, X_{KPK_1}, Y_{PKK}, X_{PKK}, \dots, Y_{KPK_2}, X_{KPK_2}, Y_O, X_O$.

$$Y_{PPK_1} = Y_{T_n} + Tg \cdot \sin(v_{T_n}^{T_{n-1}}), \quad X_{PPK_1} = X_{T_n} + Tg \cdot \cos(v_{T_n}^{T_{n-1}})$$

$$Y_{KPK_2} = Y_{T_n} + Tg \cdot \sin(v_{T_n}^{T_{n+1}}), \quad X_{KPK_2} = X_{T_n} + Tg \cdot \cos(v_{T_n}^{T_{n+1}})$$

$$Y_{SK} = Y_{T_n} + b \cdot \sin(v_{T_n}^{T_{n-1}} + \beta/2), \quad X_{SK} = X_{T_n} + b \cdot \cos(v_{T_n}^{T_{n-1}} + \beta/2)$$

$$Y_O = Y_{T_n} + (R + b) \cdot \sin(v_{T_n}^{T_{n-1}} + \beta/2), \quad X_O = X_{T_n} + (R + b) \cdot \cos(v_{T_n}^{T_{n-1}} + \beta/2)$$

$$Y_{KPK_1} \equiv Y_{PKK} = Y_{T_n} + (Tg - l_x) \cdot \sin(v_{T_n}^{T_{n-1}}) + y_l \cdot \sin(v_{T_{n-1}}^{T_n} - 90^\circ)$$

$$X_{KPK_1} \equiv X_{PKK} = X_{T_n} + (Tg - l_x) \cdot \cos(v_{T_n}^{T_{n-1}}) + y_l \cdot \cos(v_{T_{n-1}}^{T_n} - 90^\circ)$$

$$Y_{PPK_2} \equiv Y_{KKK} = Y_{T_n} + (Tg - l_x) \cdot \sin(v_{T_n}^{T_{n+1}}) + y_l \cdot \sin(v_{T_{n+1}}^{T_n} + 90^\circ)$$

$$X_{PPK_2} \equiv X_{KKK} = X_{T_n} + (Tg - l_x) \cdot \cos(v_{T_n}^{T_{n+1}}) + y_l \cdot \cos(v_{T_{n+1}}^{T_n} + 90^\circ)$$

ODREĐIVANJE KOORDINATA DETALJNIH TAČKA

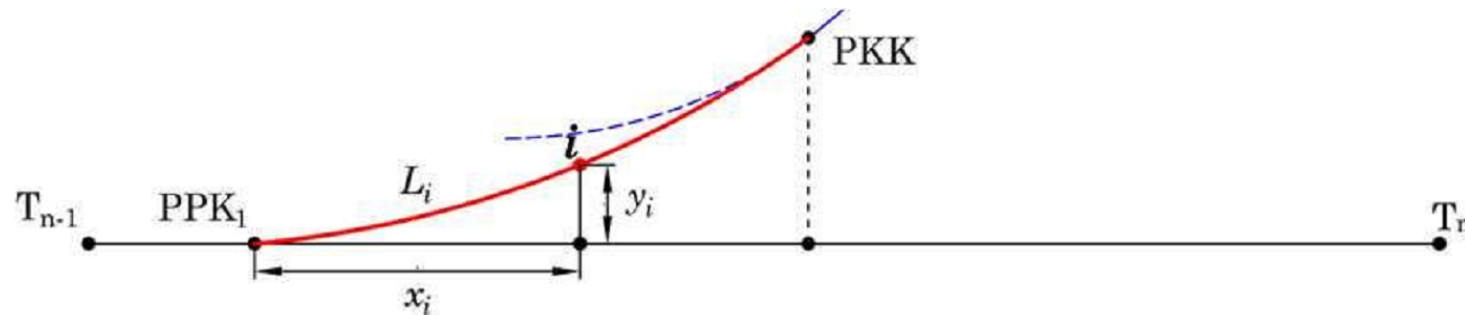
Dato: $Y_{T_{n-1}}, X_{T_{n-1}}, Y_{T_n}, X_{T_n}, Y_{T_{n+1}}, X_{T_{n+1}}$, glavni elementi i koordinate glavnih tačaka simetrične prelazne krivine oblika klotoide.

Nepoznato: $Y_1, X_2, Y_2, X_2, \dots, Y_n, X_n$.

Pravougle koordinate, odnosno apscise x_i i ordinate y_i , detaljnih tačaka određuju se na osnovu prethodno prikazanih formula.

$$Y_i = Y_{PPK_1} + x_i \cdot \sin\left(v_{T_{n-1}}^{T_n}\right) + y_i \cdot \sin\left(v_{T_{n-1}}^{T_n} - 90^\circ\right)$$

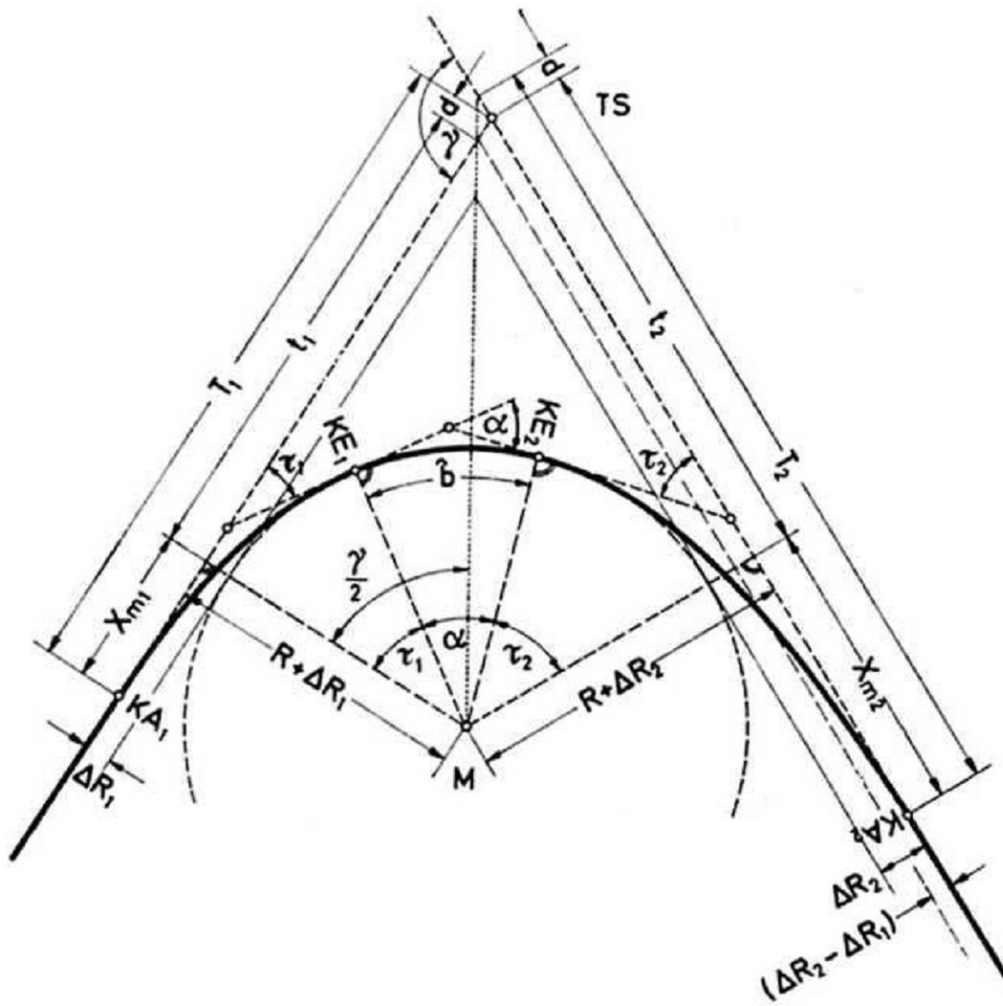
$$X_i = X_{PPK_1} + x_i \cdot \cos\left(v_{T_{n-1}}^{T_n}\right) + y_i \cdot \cos\left(v_{T_{n-1}}^{T_n} - 90^\circ\right)$$



KLOTOIDA

- Klotoida kao prelazna krivina može se pojaviti u sledećim slučajevima:
 - uzastopna prelazna krivina između dva pravca;
 - prelazna krivina između pravca i kružnog luka;
 - prelazna krivina između dva kruga istih smerova;
 - prelazna krivina između dva kruga suprotnih smerova.
- Klotoida se pojavljuje u nekoliko različitih oblika:
 - simetrična prelazna krivina oblika klotoide;
 - asimetrična prelazna krivina oblika klotoide;
 - temena simetrična prelazna krivina oblika klotoide;
 - temena asimetrična prelazna krivina oblika klotoide.

ASIMETRIČNA PRELAZNICA OBLIKA KLOTOIDE



Dužine prelaznih krivina su različite, $L_1 \neq L_2$.

Postoji kružni luk dužine b između prelaznih krivina.

Vrednost skretnog ugla γ veća je od zbira $\tau_1 + \tau_2$ ($\tau_1 \neq \tau_2$).

Dato: R, L_1, L_2, γ .

Nepoznato: elementi klotoide za oba luka, koordinate glavnih i detaljnih tačaka krivine.

SIMETRIČNA TEMENA PRELAZNICA OBLIKA KLOTOIDE

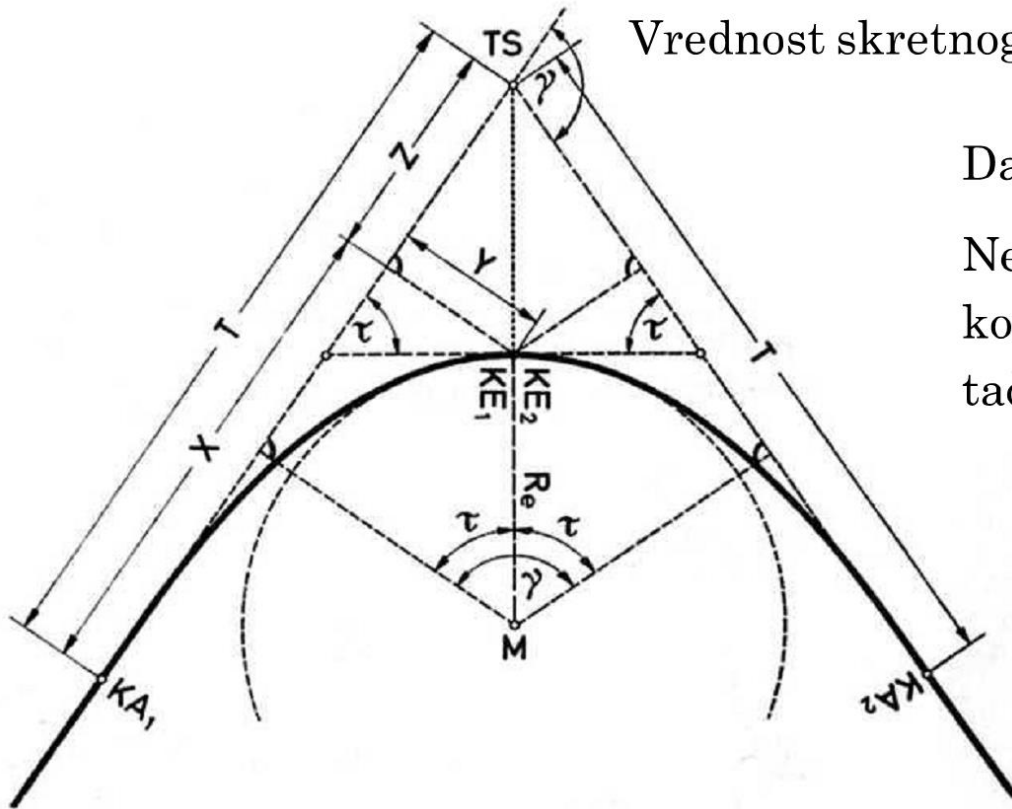
Dužine prelaznih krivina su iste, $L_1 = L_2 = L$.

Kružni luk između prelaznih krivina ne postoji.

Vrednost skretnog ugla γ iznosi 2τ ($\tau_1 = \tau_2 = \tau$).

Dato: R_e, L, γ .

Nepoznato: elementi klotoide,
koordinate glavnih i detaljnih
tačaka krivine.



KUBNA PARABOLA

Za razliku od klotoide, kubna parabola nije prava spirala i zbog toga se ne može uvek koristiti. Međutim, ona vrlo blisko aproksimira spiralu u određenom opsegu, a prednost njenog jednostavnijeg izraza u odnosu na klotoidu, koji olakšava proračune, dovela je do njene široke primene. U praksi, za dužine na kojima se obično koristi, može se smatrati identičnom klotoidi, čije su formule izvedene uz određene pretpostavke.

KUBNA PARABOLA

- Jednačina kubne parabole izvodi se iz jednačine klotoide uvođenjem sledećih aproksimacija:

$$\cos(\tau) = 1, \quad \sin(\tau) = \tau.$$

- Na osnovu navedenog može se napisati

$$x = \int \cos(\tau) dl = \int 1 dl = l,$$

$$y = \int \sin(\tau) dl = \int \tau dl = \int \frac{l^2}{2RL} dl = \frac{l^3}{6RL} = \frac{x^3}{6RL}.$$

KUBNA PARABOLA

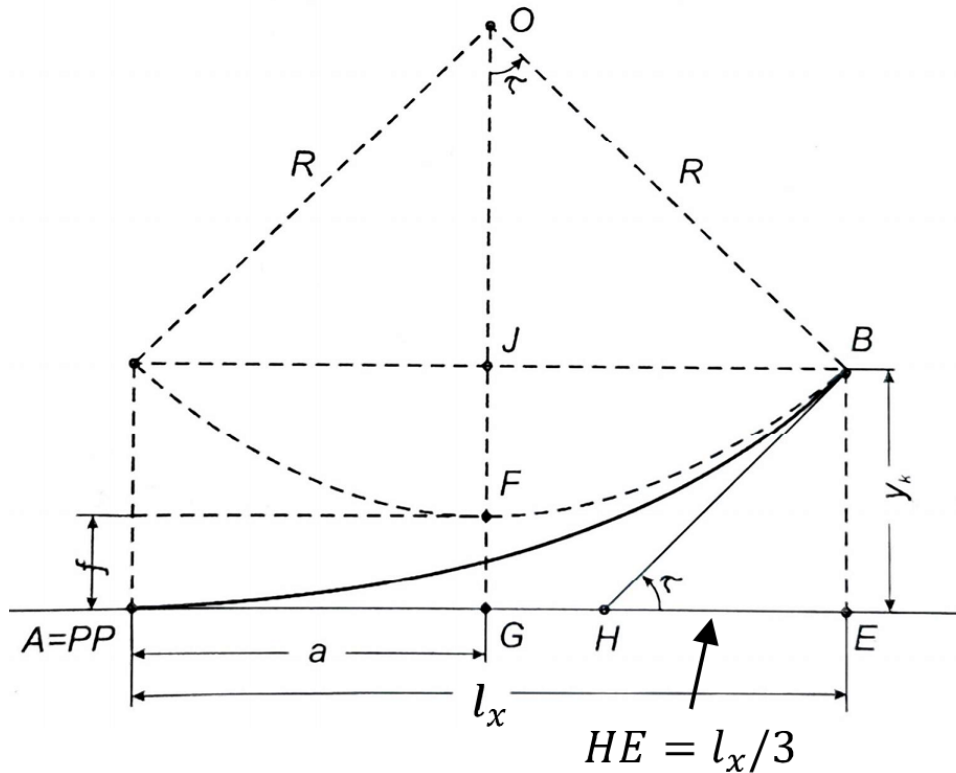
- Sa porastom dužine kubne parabole, povećava se vrednost ugla τ , tako da ova aproksimacija dovodi do neprihvatljivog odstupanja sračunate vrednosti ordinate y_l na kraju prelazne krivine.
- Shodno tome, u praksi se koristi formula za prostu kubnu parabolu

$$y = m \cdot x^3 = \frac{1}{6 \cdot R \cdot l_x} \cdot x^3 \quad \text{za} \quad L \leq \frac{R}{3.5},$$

gde je m parametar kubne parabole, l_x apscisa krajnje tačke prelazne krivine, R poluprečnik krivine, a x i y apscisa i ordinata proizvoljne tačke na prelaznoj krivini.

ELEMENTI KUBNE PARABOLE

$$R \cdot l_x = C = \text{const.}$$



Područje primene kubne parabole
je od $\tau_l = 0^\circ$ do $\tau_l = 24^\circ 05' 41''$.

PP – početak prelazne krivine

KP \equiv B – kraj prelazne krivine

R – poluprečnik kružnog luka

l_x – apscisa tačke KP \equiv B

y_l – ordinata tačke KP \equiv B

a – udaljenost PP od teorijskog
početka kružnog luka

f – pomak kružnog luka zbog
umetanja prelazne krivine

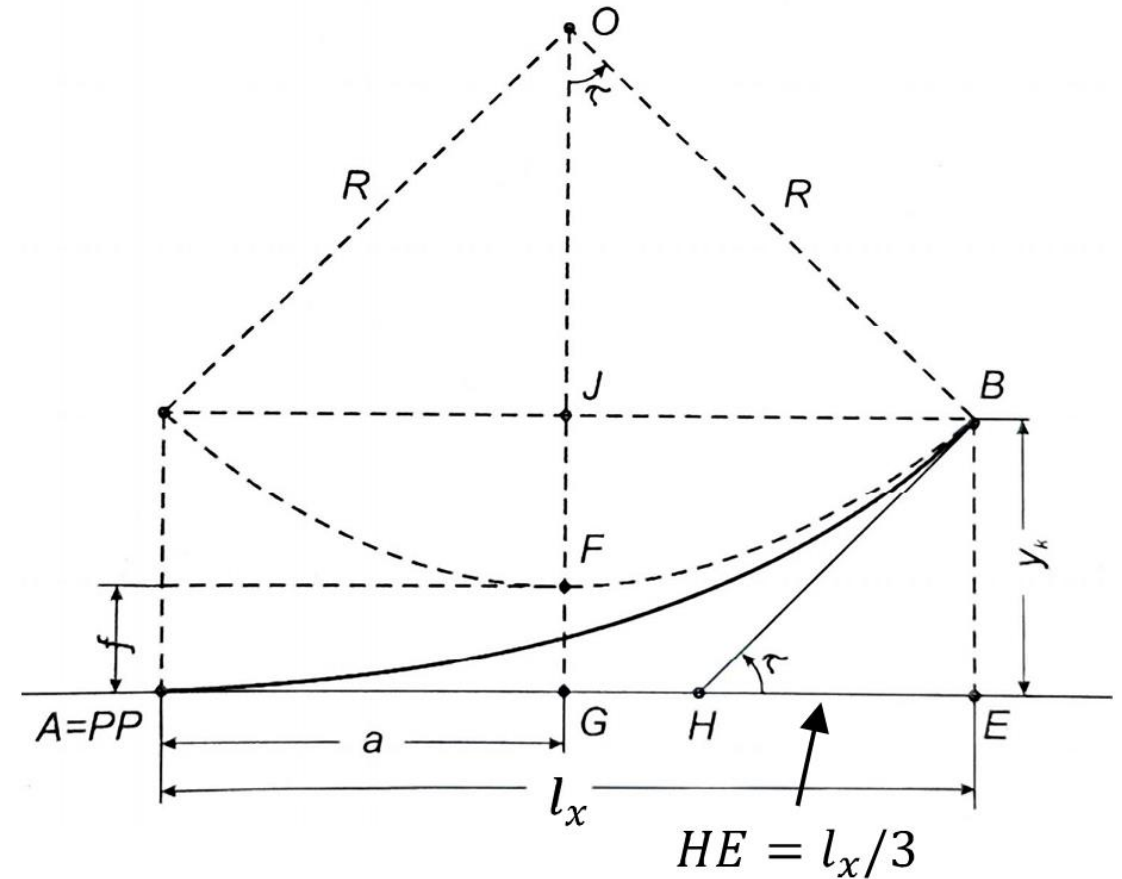
τ_l – ugao između tangente u
tački KP \equiv B i glavne tangente

ODREĐIVANJE ELEMENATA KUBNE PARABOLE

$$l_x = L - \frac{L}{10} \cdot \left(\frac{L}{2R} \right)^2, \quad y_l = \frac{l_x^2}{6R}$$

$$\tau_l = \operatorname{arctg} \left(\frac{3 \cdot y_l}{l_x} \right), \text{ odnosno } \tau_l = \operatorname{arctg} \left(\frac{l_x}{2R} \right)$$

$$a = l_x - R \cdot \sin(\tau_l), \quad f = y_l - R(1 - \cos(\tau_l))$$



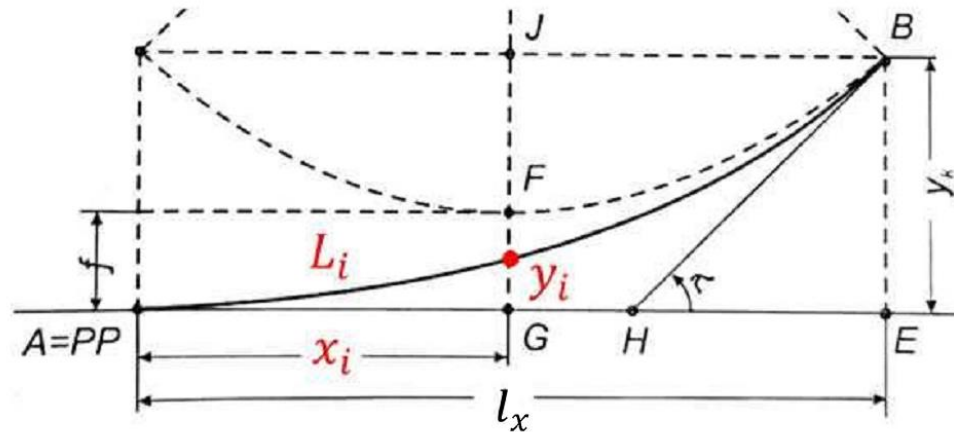
ODREĐIVANJE KOORDINATA DETALJNIH TAČKA

- Pravougle koordinate tačke i na proizvoljnoj udaljenosti L_i od početka parabole računaju se na sledeći način:

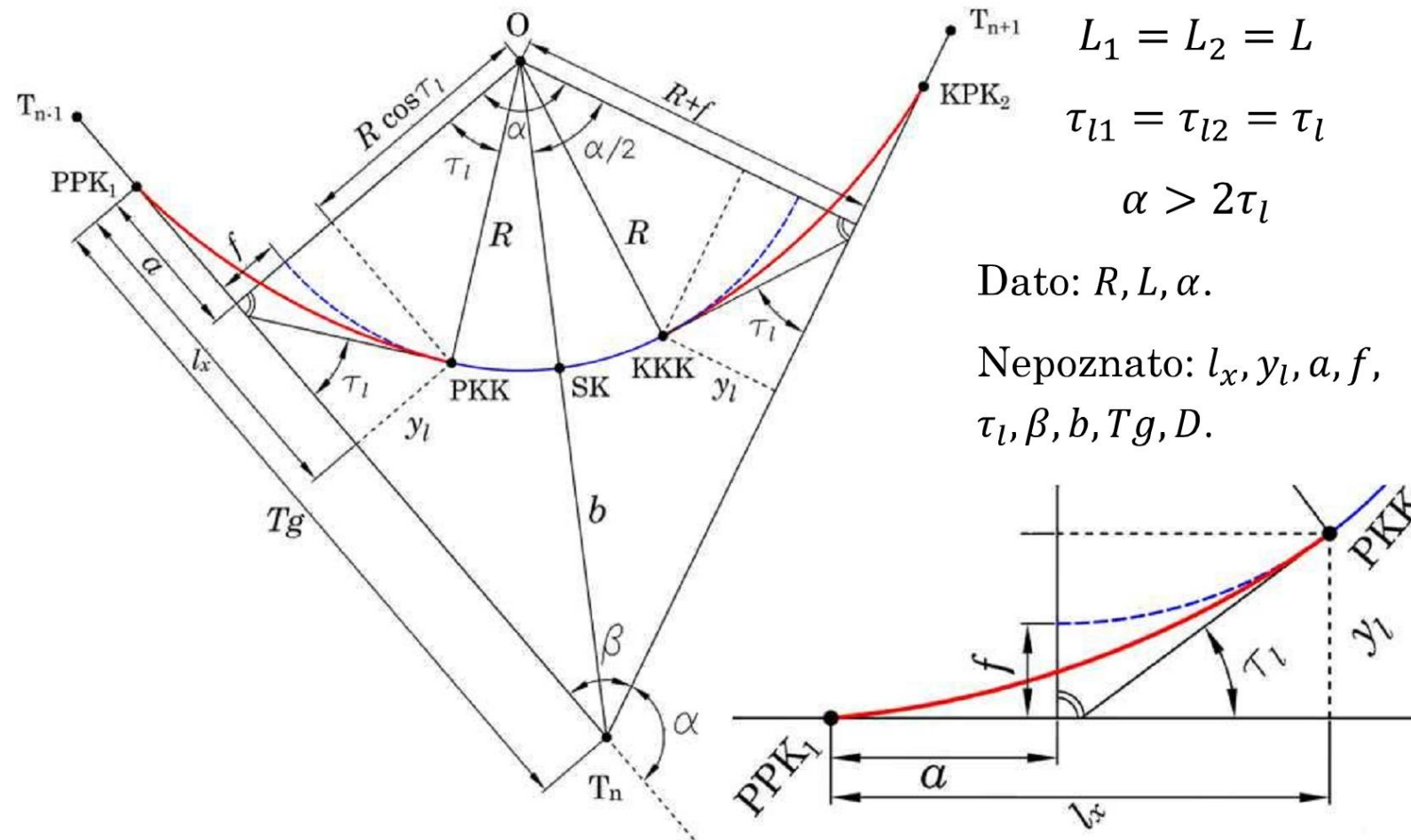
$$x_i = L_i - \frac{L_i}{10} \cdot \left(\frac{L_i}{2R} \right)^2,$$

$$y_i = \frac{x_i^3}{6Rl_x} \quad \text{za } L \leq \frac{R}{3.5},$$

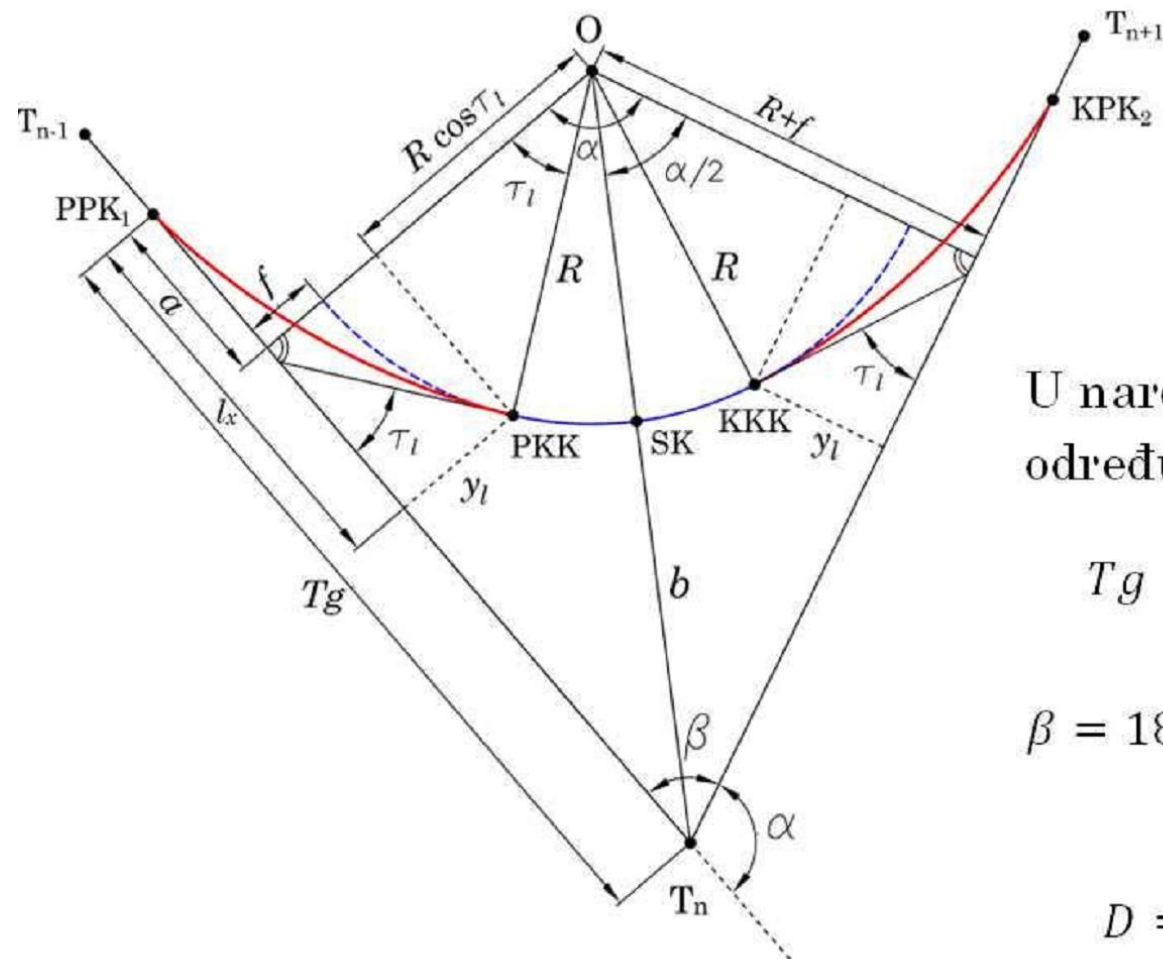
$$y_i = \frac{\left(1 + \left(\frac{l_x}{2R} \right)^2 \right)^{\frac{3}{2}}}{6Rl_x} \cdot x_i^3 \quad \text{za } L > \frac{R}{3.5}.$$



SIMETRIČNA PRELAZNA KRIVINA OBLIKA KUBNE PARABOLE



ODREĐIVANJE ELEMENATA SIMETRIČNE PRELAZNE KRIVINE OBLIKA KUBNE PARABOLE



Elementi kubne parabole l_x, y_l, a, f, τ_l određuju se pomoću prethodno prikazanih formula.

U narednom koraku određuju se sledeći elementi:

$$Tg = (R + f) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) + a,$$

$$\beta = 180^\circ - \alpha, b = \frac{R + f}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - R,$$

$$D = R \cdot \pi \cdot \frac{\alpha - 2\tau_l}{180^\circ} + 2L.$$

ODREĐIVANJE KOORDINATA GLAVNIH TAČAKA SIMETRIČNE PRELAZNE KRIVINE

OBLIKA KUBNE PARABOLE

Dato: $Y_{T_{n-1}}, X_{T_{n-1}}, Y_{T_n}, X_{T_n}, Y_{T_{n+1}}, X_{T_{n+1}}$ i glavni elementi prelazne krivine.

Nepoznato: $Y_{PPK_1}, X_{PPK_1}, Y_{KPK_1}, X_{KPK_1}, Y_{PKK}, X_{PKK}, \dots, Y_{KPK_2}, X_{KPK_2}, Y_O, X_O$.

$$Y_{PPK_1} = Y_{T_n} + Tg \cdot \sin\left(v_{T_n}^{T_{n-1}}\right), \quad X_{PPK_1} = X_{T_n} + Tg \cdot \cos\left(v_{T_n}^{T_{n-1}}\right)$$

$$Y_{KPK_2} = Y_{T_n} + Tg \cdot \sin\left(v_{T_n}^{T_{n+1}}\right), \quad X_{KPK_2} = X_{T_n} + Tg \cdot \cos\left(v_{T_n}^{T_{n+1}}\right)$$

$$Y_{SK} = Y_{T_n} + b \cdot \sin\left(v_{T_n}^{T_{n-1}} + \beta/2\right), \quad X_{SK} = X_{T_n} + b \cdot \cos\left(v_{T_n}^{T_{n-1}} + \beta/2\right)$$

$$Y_O = Y_{T_n} + (R + b) \cdot \sin\left(v_{T_n}^{T_{n-1}} + \beta/2\right), \quad X_O = X_{T_n} + (R + b) \cdot \cos\left(v_{T_n}^{T_{n-1}} + \beta/2\right)$$

$$Y_{KPK_1} \equiv Y_{PKK} = Y_{T_n} + (Tg - l_x) \cdot \sin\left(v_{T_n}^{T_{n-1}}\right) + y_l \cdot \sin\left(v_{T_{n-1}}^{T_n} - 90^\circ\right)$$

$$X_{KPK_1} \equiv X_{PKK} = X_{T_n} + (Tg - l_x) \cdot \cos\left(v_{T_n}^{T_{n-1}}\right) + y_l \cdot \cos\left(v_{T_{n-1}}^{T_n} - 90^\circ\right)$$

$$Y_{PPK_2} \equiv Y_{KKK} = Y_{T_n} + (Tg - l_x) \cdot \sin\left(v_{T_n}^{T_{n+1}}\right) + y_l \cdot \sin\left(v_{T_{n+1}}^{T_n} + 90^\circ\right)$$

$$X_{PPK_2} \equiv X_{KKK} = X_{T_n} + (Tg - l_x) \cdot \cos\left(v_{T_n}^{T_{n+1}}\right) + y_l \cdot \cos\left(v_{T_{n+1}}^{T_n} + 90^\circ\right)$$

ODREĐIVANJE KOORDINATA DETALJNIH TAČAKA SIMETRIČNE PRELAZNE KRIVINE OBLIKA KUBNE PARABOLE

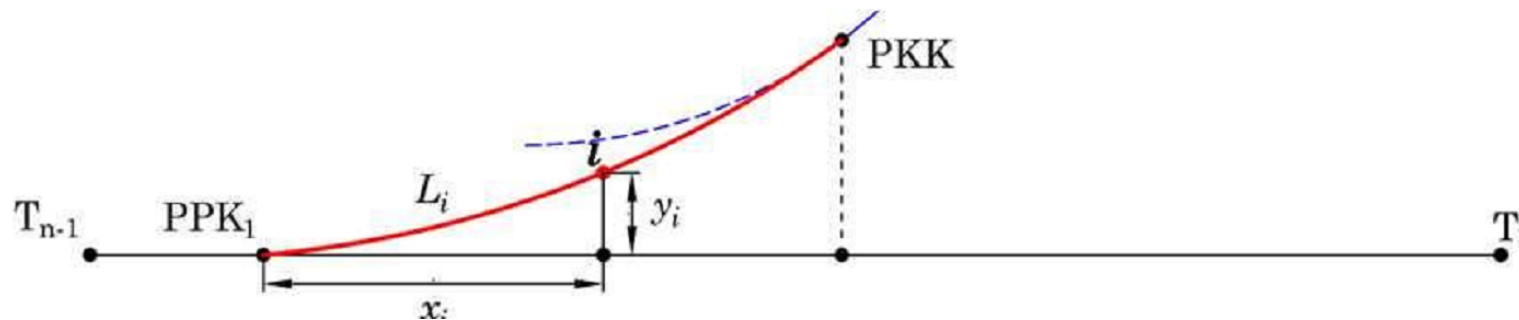
Dato: $Y_{T_{n-1}}, X_{T_{n-1}}, Y_{T_n}, X_{T_n}, Y_{T_{n+1}}, X_{T_{n+1}}$, glavni elementi i koordinate glavnih tačaka simetrične prelazne krivine oblika kubne parabole.

Nepoznato: $Y_1, X_2, Y_2, X_2, \dots, Y_n, X_n$.

Pravougle koordinate, odnosno apscise x_i i ordinate y_i , detaljnih tačaka određuju se na osnovu prethodno prikazanih formula.

$$Y_i = Y_{PPK_1} + x_i \cdot \sin\left(v_{T_{n-1}}^{T_n}\right) + y_i \cdot \sin\left(v_{T_{n-1}}^{T_n} - 90^\circ\right)$$

$$X_i = X_{PPK_1} + x_i \cdot \cos\left(v_{T_{n-1}}^{T_n}\right) + y_i \cdot \cos\left(v_{T_{n-1}}^{T_n} - 90^\circ\right)$$



HVALA NA PAŽNJI