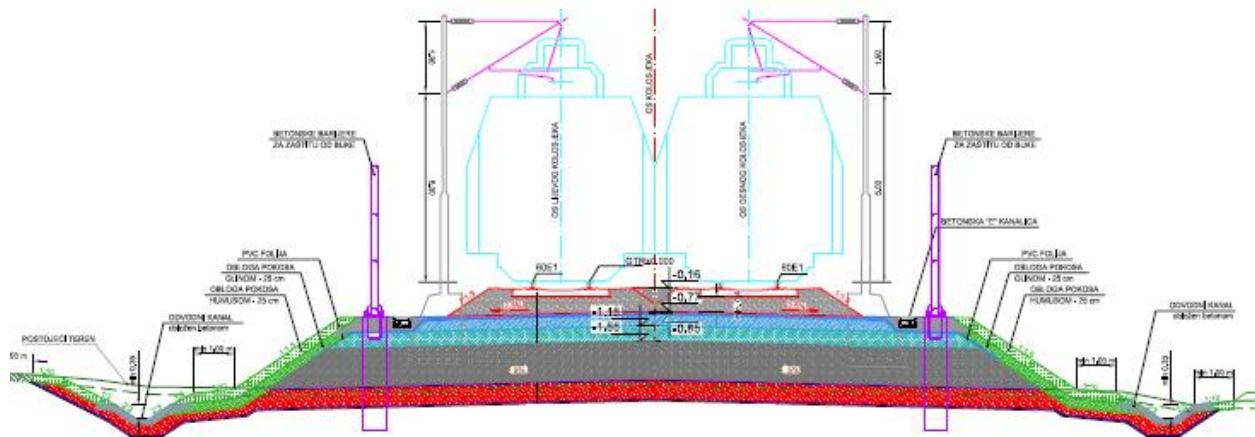


GRADITELJSKA TEHNIČKA ŠKOLA
ZAGREG

PRIRUČNIK

ZA IZRADU GLAVNOG PROJEKTA ŽELJEZNIČKE PRUGE

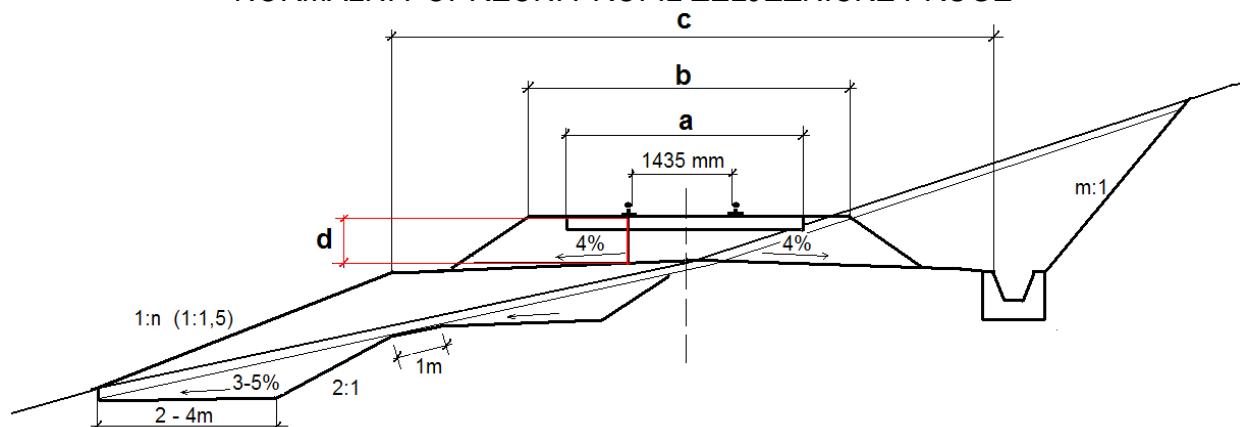


MARINA CINDORI KOVAČEVIĆ, dipl. ing. grad.

KONSTRUKTIVNI ELEMENTI ŽELJEZNIČKE PRUGE

RED PRUGE (RANG)	I			II			III
	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIc	
max v (km/h)	140	120	100-120		80-100		60
max i (%)	12	18	35	25	30	30	30
min R (m)	500	300	250	300	250	200	200
dozv P (kN)	220	200	180-200	180	180	180	160

NORMALNI POPREČNI PROFIL ŽELJEZNIČKE PRUGE



Osnovne dimenzije elemenata gornjeg ustroja

	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)
GL. PRUGA I REDA s drvenim pragovima	2,60	3,30	6,00	0,45
GL. PRUGA I REDA s betonskim pragovima	2,40	3,20	6,00	0,45
GL. PRUGA II REDA	2,50	3,20	5,40	0,40
SPOREDNA PRUGA	2,50	2,90	4,50	0,33

Orijentacijske vrijednosti nagiba pokosa

NASIP

- 1. vezani (koherentni) materijali 1:1,5 \Rightarrow 1:3
- 2. nevezani (nekoherentni) materijali 1:2 \Rightarrow 1:5
- 3. kameni materijali 1:1

USJEK

- 1. vezani materijali 1:1 \Rightarrow 1:1,5
- 2. nevezani materijali 1:1,5 \Rightarrow 1:3
- 3. meke stijene 3:1
- 4. čvrste i vrlo čvrste stijene 5:1 \Rightarrow 10:1

Pri odabiru nagiba paziti na to da nagib pokosa usjeka bude strmiji od nagiba pokosa nasipa

Određivanje koeficijenata rastresitosti

NOVA KLASIFIKACIJA	STARΑ KLASIFIKACIJA	VRSTA TLA	PRIVREMENA RASTRESITOST	STALNA RASTRESITOST
C	I kategorija	Rastresita nevezana zemlja, pjesak, nevezani šljunak, humus	15%	0-2%
	II kategorija	Obradivo tlo, meka glinovita i pjeskovita tla, pjeskovita glina, zbijeni pjesak i sitniji šljunak	20%	0-2%
	III kategorija	Čvrsta i žilava tla, poluvezani šljunak, vlažna glina	25%	0-4%
B	IV kategorija	Suha glina, meki i raspadnuti vapnenci, slabo vezani pješčenjaci, lapor, trošne jako raspucale stijene	30%	6%
	V kategorija	Meke stijene, vapnenac, čvrsti pješčenjaci,	35%	8%
A	VI kategorija	Čvrste stijene: masivni vapnenci, mramor, dolomit, granit, sijenit, diorit, kvarcit	45%	15%
	VII kategorija	Vrlo čvrste i žilave stijene: granit, porfirit, bazalt, dijabaz, gabro, diorit	50%	20%

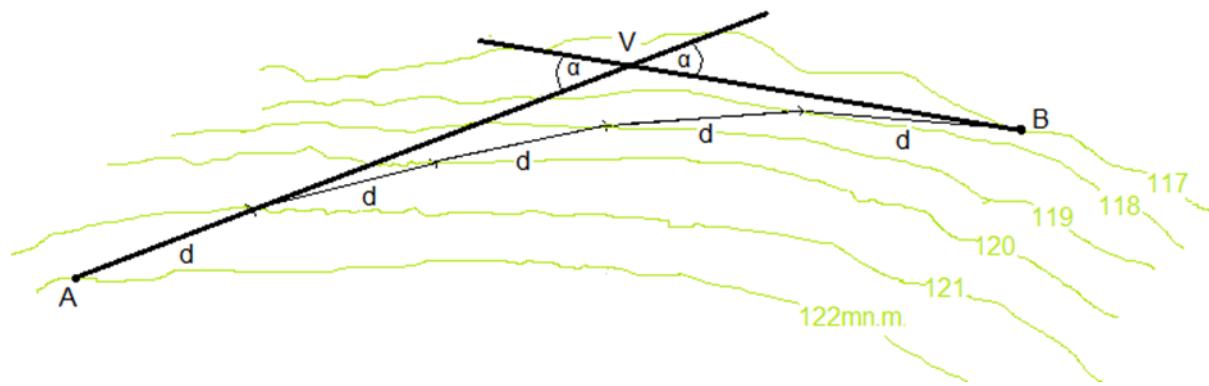
Privremena rastresitost (postotak kubature iskopanog materijala u odnosu na sraslo stanje) mjerodavna je za potrebe obračuna troškova prijevoza.

Stalna rastresitost (postotak kubature ugrađenog i zbijenog materijala u odnosu na sraslo stanje) važna je kod projektiranja prometnice u visinskom smislu i mjerodavna za potrebe rasporeda zemljanih materijala.

SITUACIJA

Nulti poligon

Najpovoljniji položaj trase prometnice može se odrediti pomoću nultog poligona.



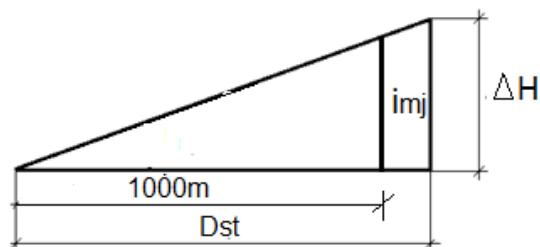
Mjerodavni nagib nivelete (i_{mj})

$$\Delta H = HA - HB$$

Dstv (pretpostavljena udaljenost između A i B)

Dstv = Ddir + 5% (pretpostavljamo da je stvarna duljina željezničke pruge veća od direktno mjerene udaljenosti 5%)

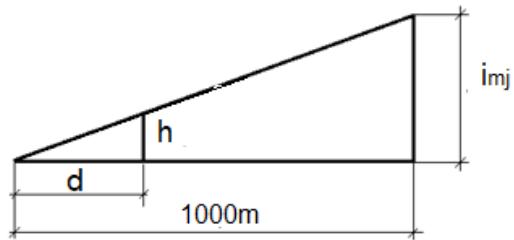
$$Dstv = Ddir \cdot 1,05$$



$$D_{stv} : \Delta H = 1000 : i_{mj}$$

$$i_{mj} = \frac{\Delta H}{D_{stv}} \cdot 1000 \text{ (\%)}$$

Korak šestara (d)

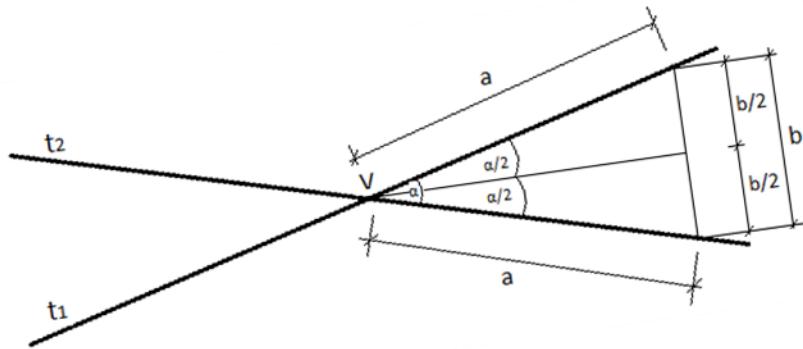


$$d : h = 1000 : i_{mj}$$

h (visinski razmak slojnica) = 1m

$$d = \frac{1000 \cdot h}{i_{mj}}$$

Određivanje horizontalnog kuta između tangenti



a = odabrana udaljenost (obično 100m)
 b = izmjerena udaljenost

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{b}{2a} \rightarrow \alpha = \text{tablice 1 (stupac 4)}$$

Izbor elemenata trase pruge (horizontalni tok)

Trasa pruge se u tlocrtu sastoji iz dionica u pravcu, kružnoj i prijelaznoj krivini.

Minimalna vrijednost polumjera kružne krivine određuje se na temelju maksimalne brzine.

Prijelazne krivine postavljaju se između pravaca i kružnih krivina radi smanjenja bočnog udara i ublažavanja djelovanja centrifugalne sile.

$$\alpha_1 = \alpha_2 =$$

$$tg \frac{\alpha_1}{2} =$$

$$\sec \frac{\alpha_1}{1} - 1 =$$

$$\sin \frac{\alpha_1}{2} =$$

$$\frac{\pi \cdot \alpha}{180} =$$

$$\tau l = \frac{\alpha}{4}$$

$$\alpha \rightarrow R \text{ od} =$$

$$L \text{ od} =$$

$$l =$$

$$f =$$

$$y_l =$$

$$t = (R+f) \cdot \tan \alpha/2 + l/2$$

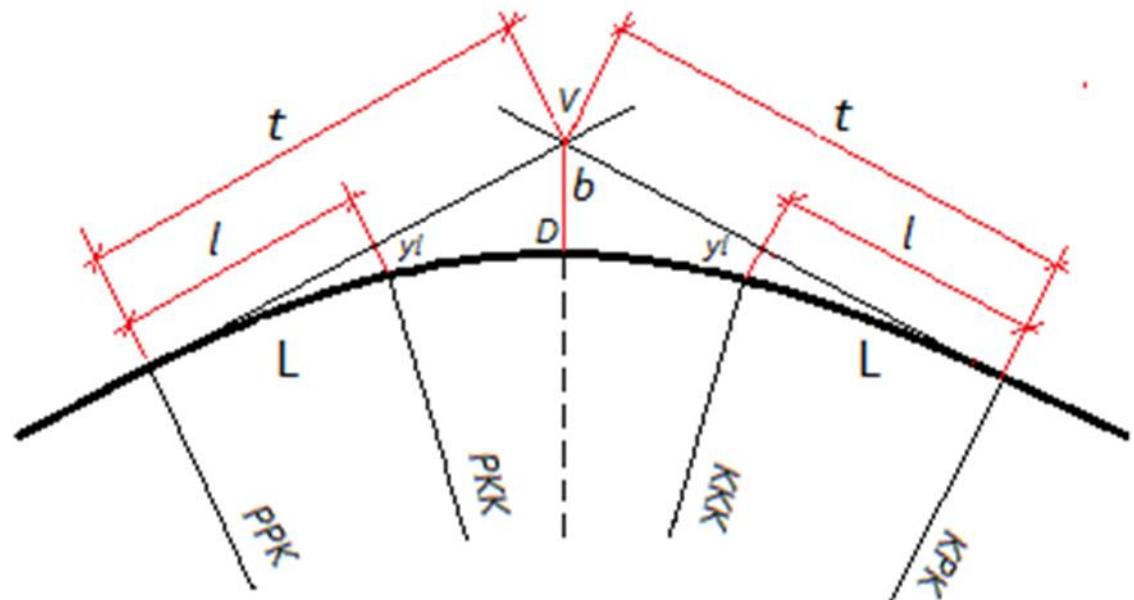
$$b = (R+f) \cdot (\sec \alpha/2 - 1) + f$$

$$x_d = R \cdot \sin \alpha/2 + l/2$$

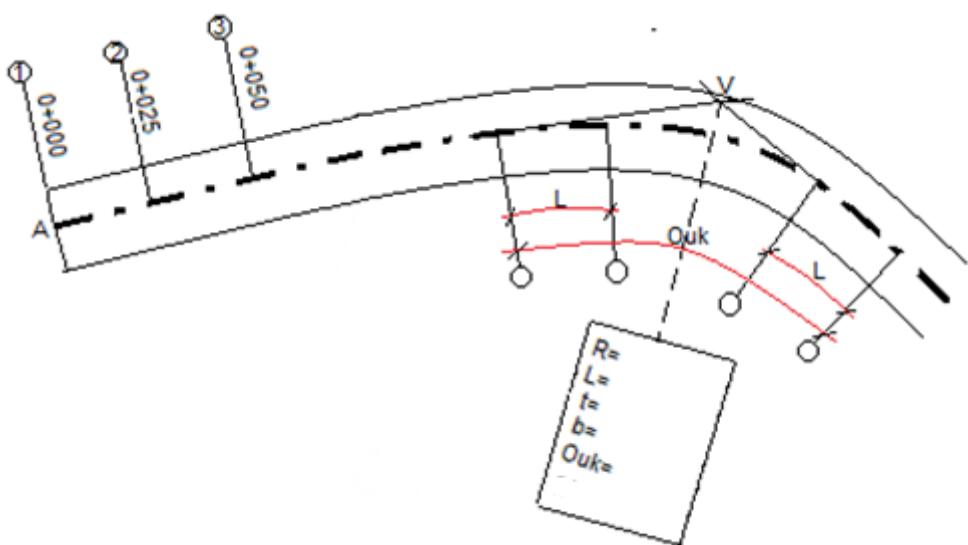
$$y_d = R \cdot (1 - \cos \alpha/2) + f$$

$$Ouk = R \cdot \frac{\pi \cdot \alpha}{180} + L_{od}$$

Iskolčenje osi pruge



Najprije od vrha na jednu i drugu stranu nanosimo tangentu **t** u mjerilu situacije. Dobivamo početnu i krajnju točku krivine (PPK i KPK). Zatim od krajnjih točaka u smjeru vrha po tangenti nanosimo **I** (duljinu krivine po tangenti) a od dobivene točke **yl** okomito na tangentu. Dobivamo PKK i KKK. U simetrali kuta nanosimo **b**.



UZDUŽNI PROFIL

Uzdužni profil predstavlja presjek vertikalne ravnine položene kroz os s prometnicom i terenom. Crtan se na milimetarskom papiru u MJ 1:1000/100, kod čega je MJ 1:1000 mjerilo duljina, a MJ 1:100, mjerilo visina.

Sastoji se od grafičkog i tabelarnog dijela.

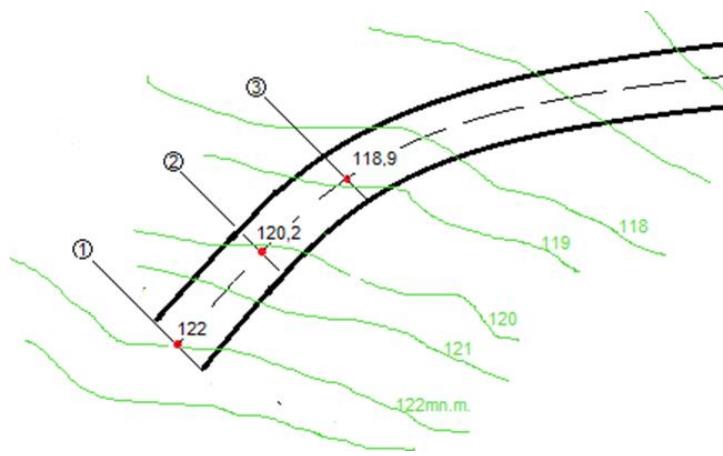
U grafičkom se dijelu prikazuje linija terena, linija nivelete, linija posteljice, linija dna uređaja za odvodnju kao i svi objekti na trasi buduće prometnice (mostovi, tuneli, propusti, potporni i uporni zidovi).

USPOREĐUJUĆA RAVNINA	
1. VERTIKALNI TOK TRASE	
2. REDNI BROJ PROFILA	
3. STACIONAŽA	
4. KOTE TERENA	
5. KOTE NIVELETE	
6. HORIZONTALNI TOK TRASE	
7. NADVIŠENJE KOLOSIJEKA	

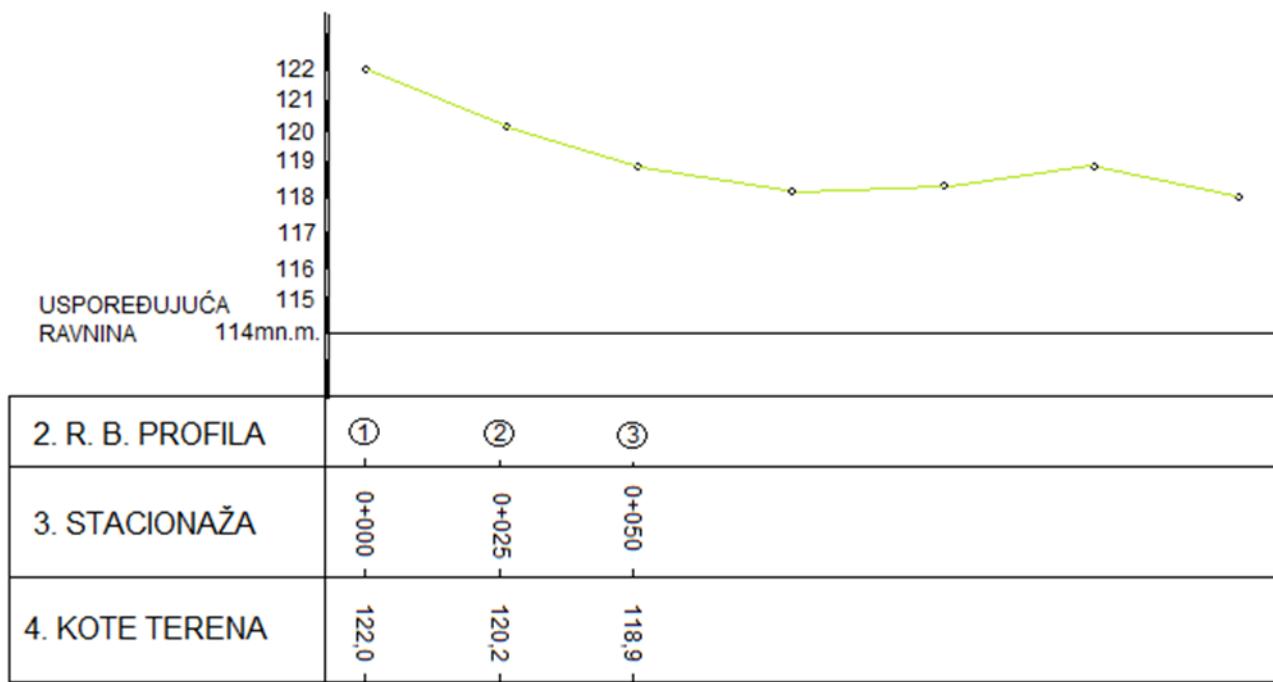
Linija terena – kote terena

Kote terena očitavaju se iz situacije. U osi svakog poprečnog presjeka očitava se (procjenjuje na 1/10m) visinska kota terena te upisuje i ucrtava se u uzdužni profil. Spajanjem točaka – kota terena - dobiva se linija terena koja predstavlja sliku terena ispod osi buduće prometnice.

Prije ucrtavanja kota terena potrebno je odrediti uspoređujuću ravninu koja predstavlja horizontalnu os uzdužnog profila. Za uspoređujuću se ravninu odabire ona koja je za oko 5 m niža od najniže slojnice koju presjeca pruga.

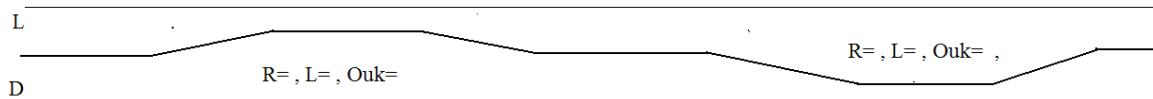


Spajanjem točaka – kota terena - dobiva se linija terena koja predstavlja sliku terena ispod osi buduće prometnice.



Horizontalni tok trase

Horizontalni tok je shematski prikaz usvojenih dionica željezničke pruge (pravaca i krivina) u situaciji.



Vertikalni tok trase – polaganje nivelete

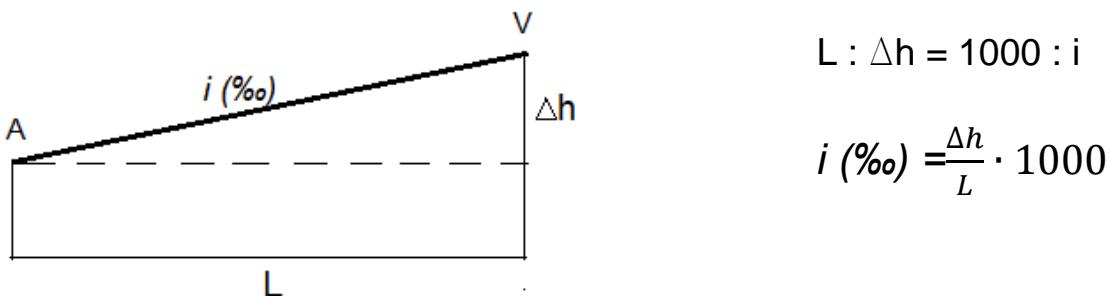
Niveleta je linija koja definira prugu u uzdužnom profilu. Poželjno je da linija niveleta prati liniju terena na što dužim potezima dok u težim terenima niveletom treba „odsjecati“ podjednake količine materijala donjem ustroju u nasipima i usjecima.

Mjesta vertikalnih lomova nivelete treba birati van dionica (tlocrtno) u krivinama, posebno u prijelaznoj.

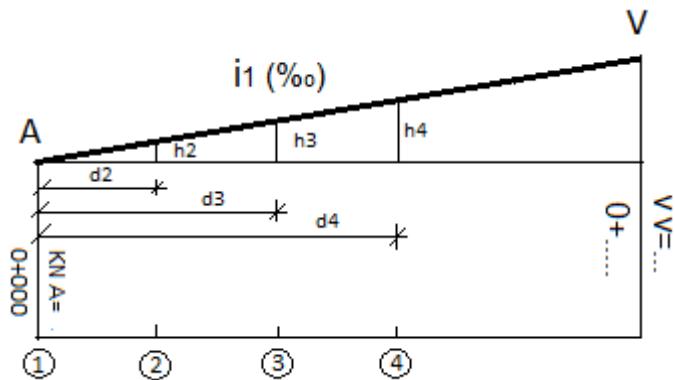
Nagib nivelete

Minimalni nagib nivelete uvjetovan je normalnim funkciranjem odvodnje. Kod pruga s betoniranim jarkom za odvodnju minimalni uzdužni nagib iznosi $i_{min}= 2\%$ a ukoliko je jarak zemljani $i_{min} = 5\%$

Maksimalna vrijednost uzdužnog nagiba određena je tehničkim propisima.



Izračunavanje kota nivelete



$$KN_1 = KN_A = \text{mn.m.}$$

$$KN_2 = KN_1 + \Delta h_2 \quad \Delta h_2 = \frac{i_1 \cdot d_2}{1000}$$

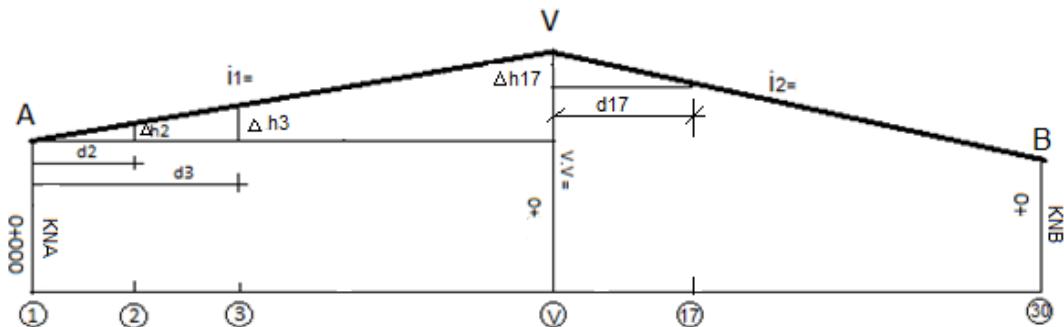
$$KN_2 = \text{mn.m.}$$

$$KN_3 = KN_1 + \Delta h_3 \quad \Delta h_3 = \frac{i_1 \cdot d_3}{1000}$$

$$KN_3 = \text{mn.m.}$$

Na ovaj se način izračunavaju kote nivelete od točke A do V u slučaju da je niveleta u usponu. Ukoliko je niveleta u padu, visinske razlike Δh treba oduzimati.

Izračunavanje kota nivelete od vrha V do točke B izračunava se na sličan način. Udaljenosti se ovdje odmjeravaju od stacionaže vrha, a visinske se razlike u slučaju kao na slici oduzimaju od visine vrha VV. Po istom se principu računaju kote nivelete do završne točke B.

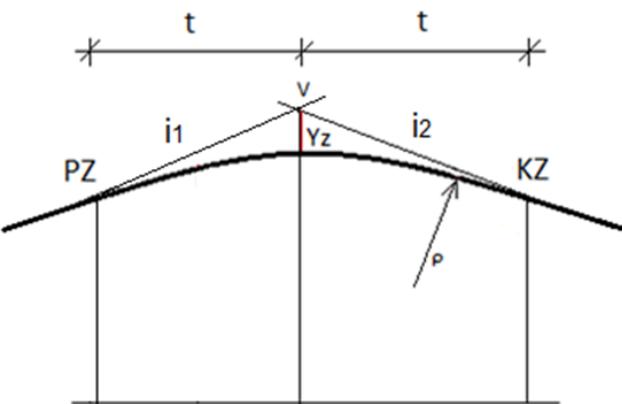


$$KN_{17} = VV - \Delta h_{17}$$

$$\Delta h_{17} = \frac{i_2 \cdot d_{17}}{1000}$$

$$KN_{17} = \text{mn.m.}$$

Vertikalno zaobljenje nivelete



Vertikalni lomovi nivelete zaobljuju se kružnim krivinama velikih radijusa.

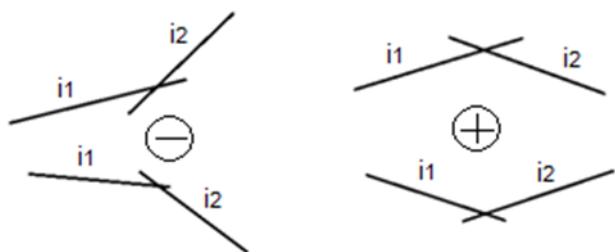
Radius vertikalnog zaobljenja određuje se $\rightarrow \rho = v^2_{\max}$

U izuzetno teškim terenima $\rightarrow \rho = \frac{v_{\max}^2}{2}$

Minimalni radius mora biti veći od 2000m. $\rho_{\min} > 2000\text{m}$
Tangenta vertikalnog zaobljenja računa se po formuli:

$$t = \frac{\rho_{od}}{2} \cdot \frac{i_1 \pm i_2}{1000}$$

$$y_z = \frac{t^2}{2\rho_{od}}$$



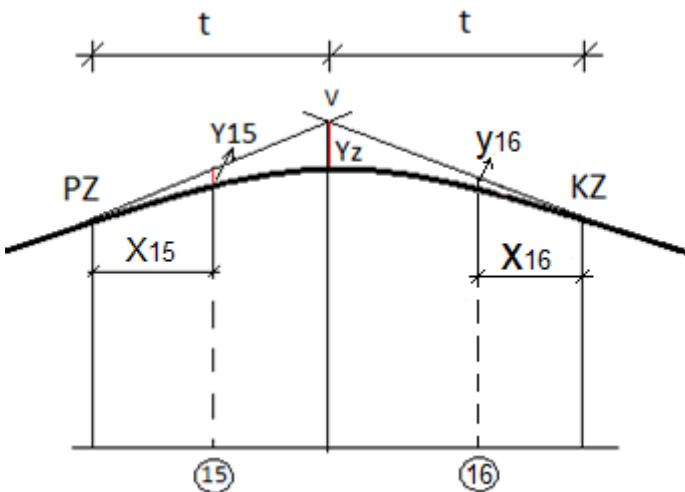
Stacionažu početka zaobljenja PZ dobivamo tako da od stacionaže vrha oduzmemosmo veličinu tangente, a stacionažu kraja zaobljenja KZ tako da stacionaži vrha dodajemo veličinu tangente.

Kota nivelete vrha dobiva se tako da se visini vrha VV doda ili oduzme veličina y_z

$$KN_v = VV - y_z$$

Korekcije kota nivelete unutar zaobljenja

Poprečnim presjecima unutar zaobljenja kote nivelete se izračunavaju na način da se od kote izračunate po tangentu oduzme pripadajuća vrijednost bisektrise tj. vrijednost y .



$$y_{15} = \frac{x_{15}^2}{2\rho_{od}}$$

$$y_{16} = \frac{x_{16}^2}{2\rho_{od}}$$

$$\begin{aligned} KN_{15} &= KNA + \Delta h_{15} - y_{15} \\ KN_{15} &= \text{mn.m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KN_{16} &= VV - \Delta h_{16} - y_{16} \\ KN_{16} &= \text{mn.m.} \end{aligned}$$

Vertikalni tok trase

Vertikalni tok trase je shematski prikaz vertikalnih elemenata nivelete ceste (pravaca i krivina) koji su usvojeni u uzdužnom profilu.



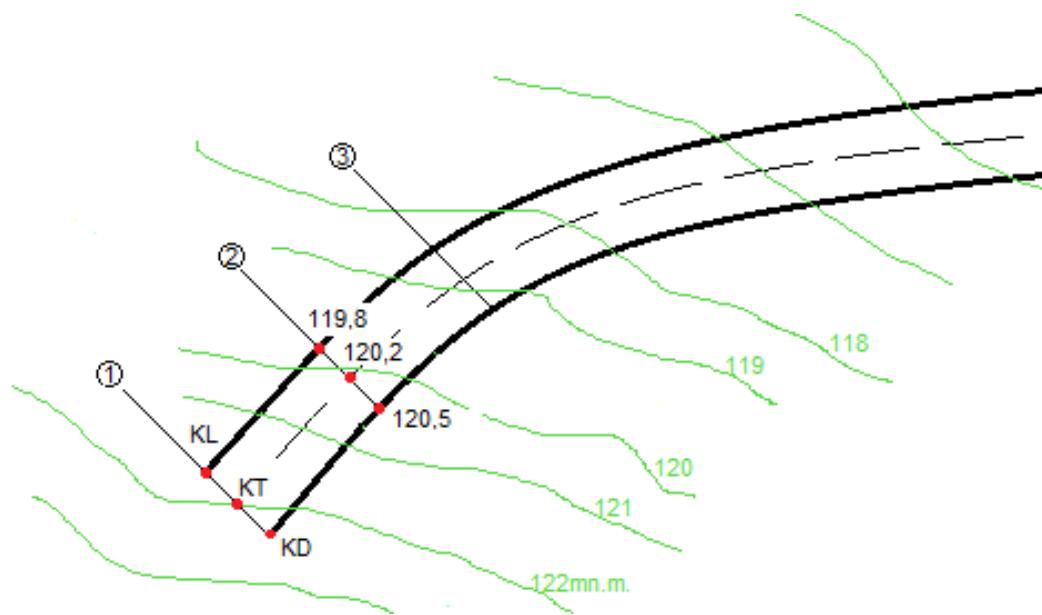
Nadvišenje kolosijeka

- Normalno $h = 8 \frac{v_{\max}^2}{R} (\text{mm})$
- Minimalno $h_{\min} = 11,8 \frac{v_{\max}^2}{R} - 100$
- Maksimalno $h_{\max} = 150 \text{mm}$

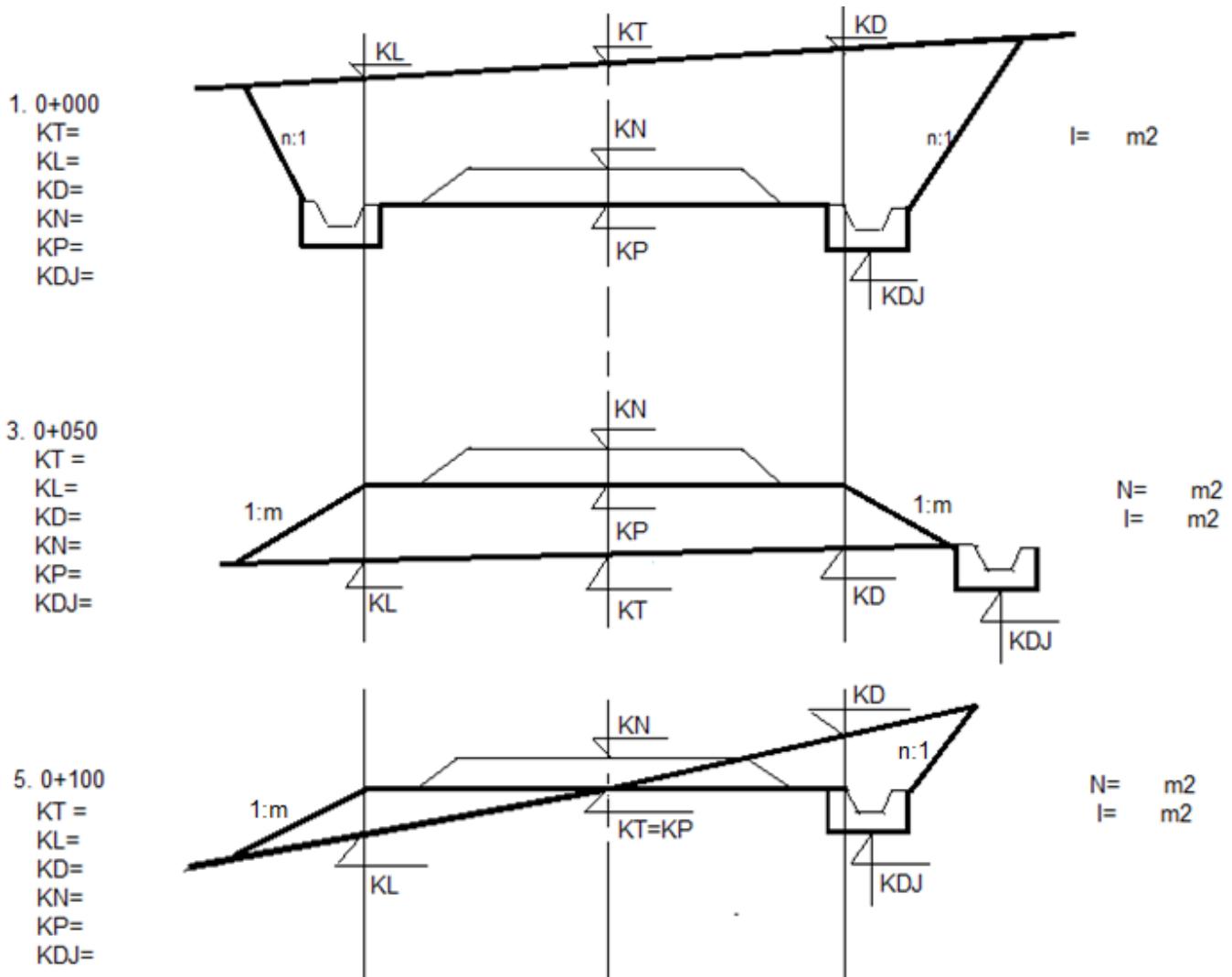


POPREČNI PRESJECI

Najprije treba nacrtati liniju terena. Kota terena očitana je iz situacije u osi pruge, a na isti se način očitavaju visine terena ispod posteljice (KL i KD). Nakon toga se u osi pruge nanosi visinska razlika između kote terena i kote nivelete te dovršava crtanje pokosa nasipa i usjeka. Ispod kote nivelete nanosi se debljina zastora i ucrtava planum ili posteljica.

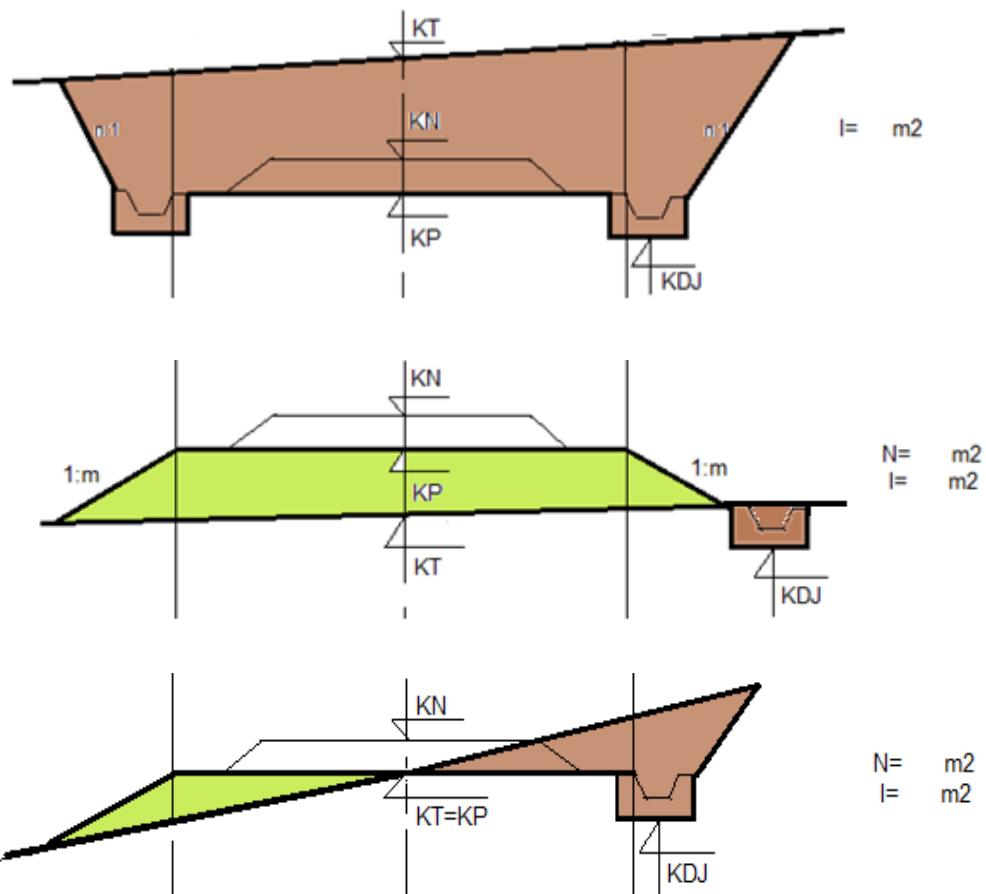


Poprečni presjek u usjeku, nasipu i zasječku

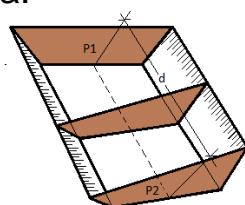


OBRAČUN I IZJEDNAČENJE MASA

Prije izrade troškovnika zemljanih radova potrebno je odrediti količinu (kubaturu) iskopanog i nasipanog materijala. Iz tog razloga treba najprije odrediti površine poprečnih presjeka u usjeku, nasipu i zasjeku.



Množenjem srednjih površina poprečnih presjeka s njihovom udaljenošću dobivaju se kubature materijala.



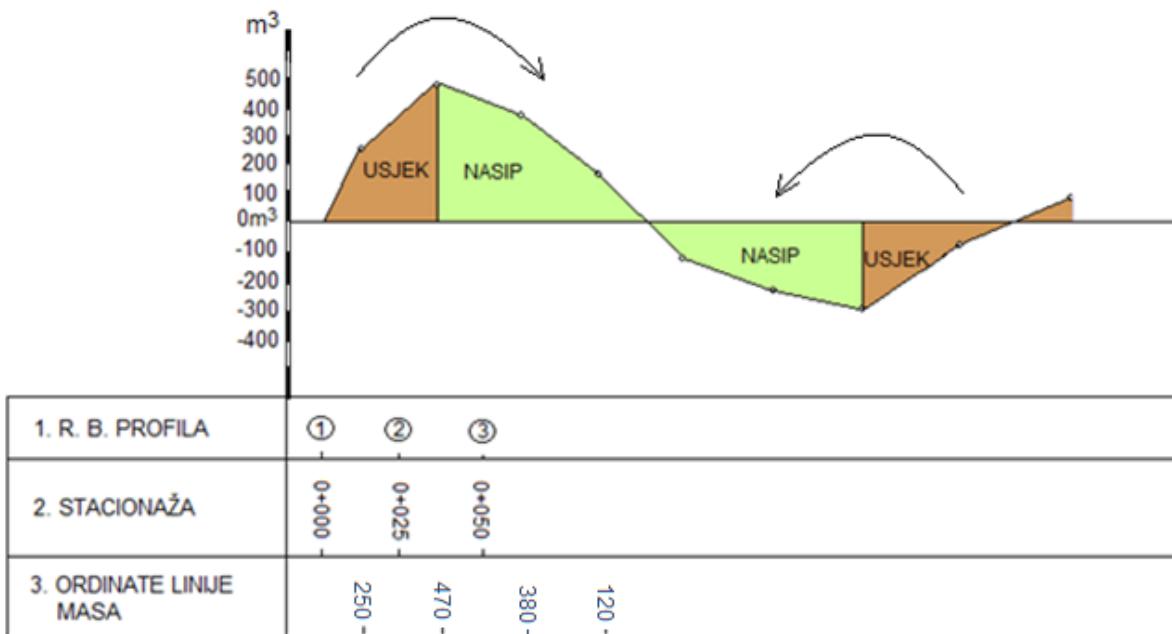
OBRAČUN MASA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
REDNI BROJ PROFILA	STACIONAŽA	POVRŠINA		SREDNJA POVRŠINA		RAZMAK PROFILA	KUBATURA		POVEĆANJE (SMANjenje) ISKOPA k = (1,06)	MANJAK	VIŠAK	ORDINATA LINIJE MASA
		NASIPA	USJEK A	NASIPA	USJEKA		NASIPA	ISKOPA				
		m ²	m ²	m ²	m ²	m	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
1	0+000	0	40	0	(40+30):2=35	25	0*25=0	35*25=875	875*1,06=927,5		927,5	927,5
2	0+025	0	30	5	25	25	5*25=125	25*25=625	625*1,06=662,5		662,5-125=537,5	927,5+537,5=1465
3	0+050	10	20	8	14	25	200	350	371		371-200=171	1465+171=1636
4	0+075	6	8	13	4,25	10	130	42,5	45,05	130-45,05=84,95		1636-84,95=1551,05
5	0+085	20	0,5	35	0,5	15	525	7,5	7,95	525-7,95=517,05		1551,05-517,05=1034
6	0+100	50	0,5	50	0,5	25	1250	12,5	13,25	1250-13,25=1236,75		1034-1236,75=-202,75
7	0+125	50	0,5	30	0,5	15	450	7,5	7,95	442,05		-202,75-442,05=-644,8
8	0+140	10	0,5	5	10,5	10	50	105	111,3		61,3	-644,8+61,3=-583,5
9	0+150	0	20,5									

LINIJA MASA

Linija masa omogućuje organizaciju gradilišta za vrijeme izgradnje donjeg ustroja ceste.

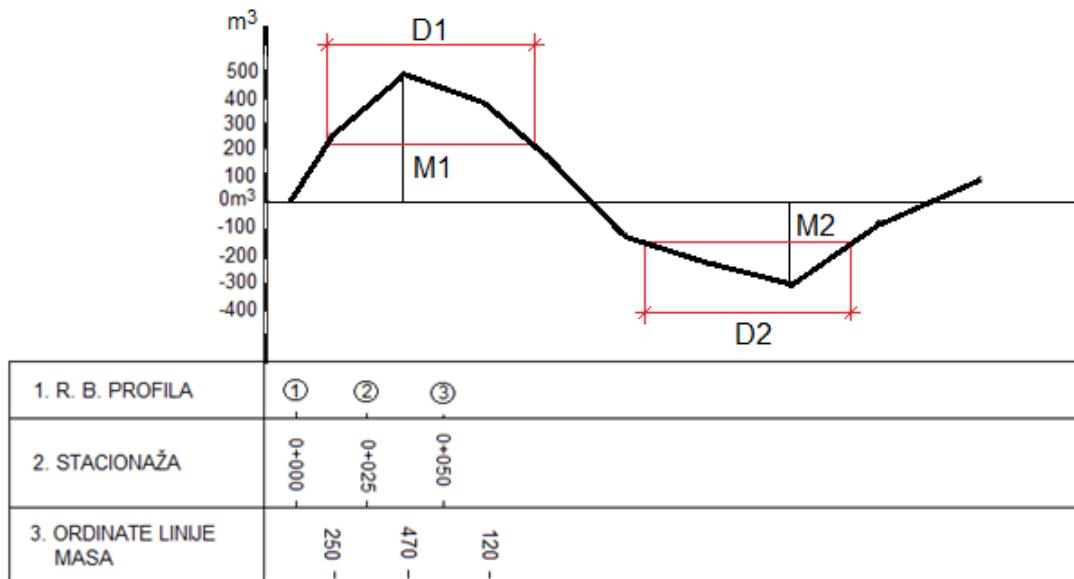
Crtat će se u dvostrukom mjerilu. Za udaljenosti se odabire mjerilo uzdužnog profila, a za mjerilo masa najpreglednije mjerilo (npr. da maksimalna ordinata linije masa bude između 15 i 20 cm).



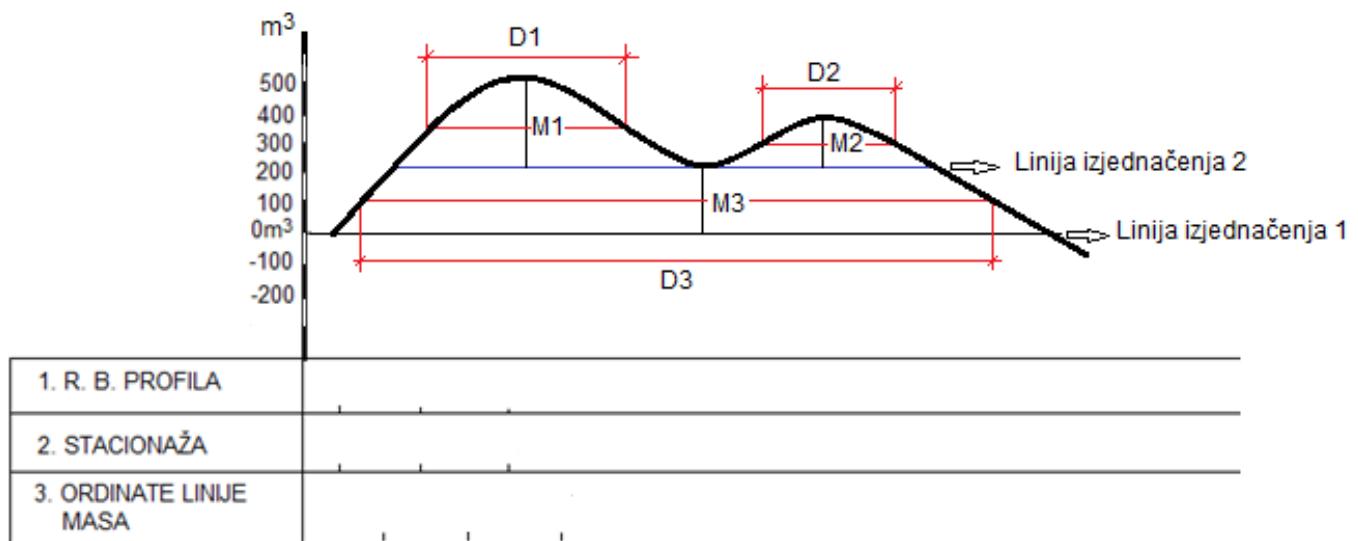
Karakteristike linije masa:

1. ako linija masa ima tendenciju uspona, radi se o dionicama u usjeku
2. ako linija masa ima tendenciju pada, radi se o dionicama u nasipu
3. mjesto gdje linija masa prelazi iz uspona u pad je mjesto gdje se usjek smjenjuje s nasipom
4. svaka horizontalna linija koja presijeca jedan val linije masa odsijeca iste količine nasipa i iskopa (linija izjednačenja)
5. srednju razvoznu duljinu iskopanog i nasipanog materijala dobivamo tako da maksimalnu ordinatu jednog vala raspolovimo, polovištem povučemo horizontalnu liniju i očitamo udaljenost točaka sjecišta te linije s linijom masa.

Određivanje srednje razvozne duljine



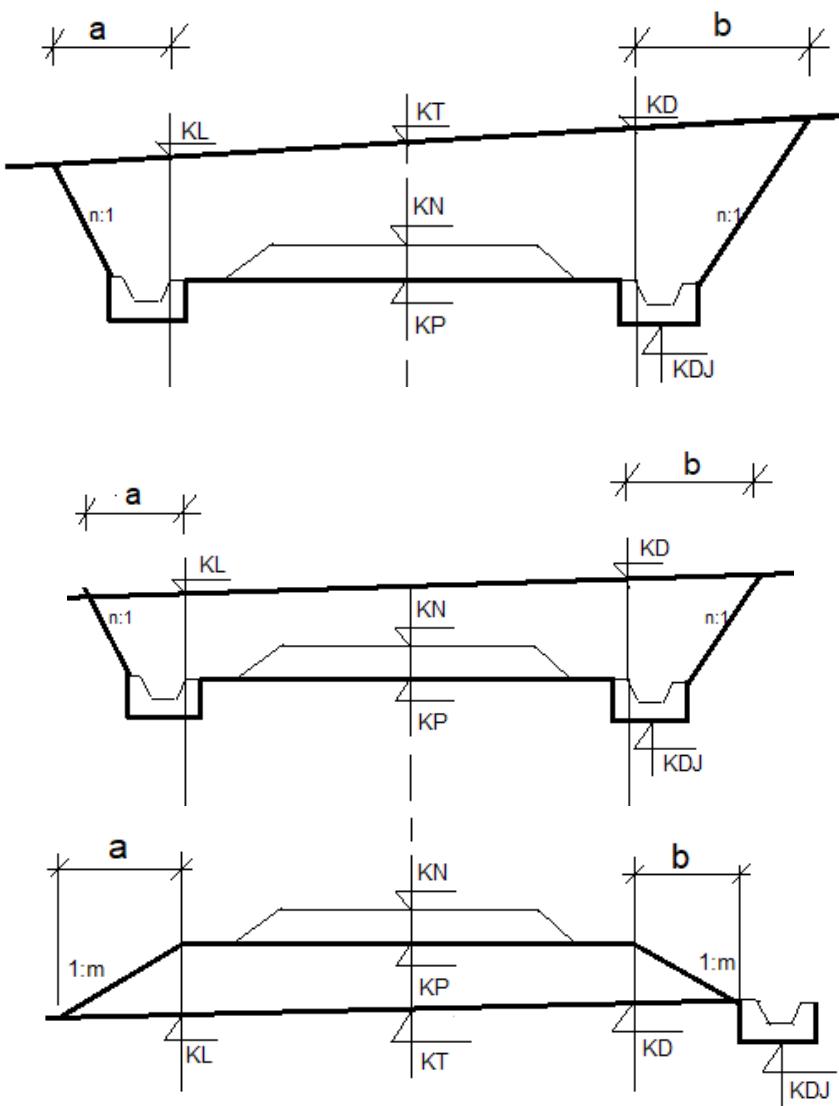
Na jednoj liniji masa može se položiti više linija izjednačenja. Mase (M) će biti ekonomično izjednačene ako su duljine transporta (D) minimalne. Ako linija masa završava iznad osnovne linije znači da ćemo na posljednjoj stacionaži promatrane dionice imati viška materijala, a ukoliko linija masa završava ispod osnovne linije znači da će tu količinu materijala trebati dovesti iz pozajmišta.

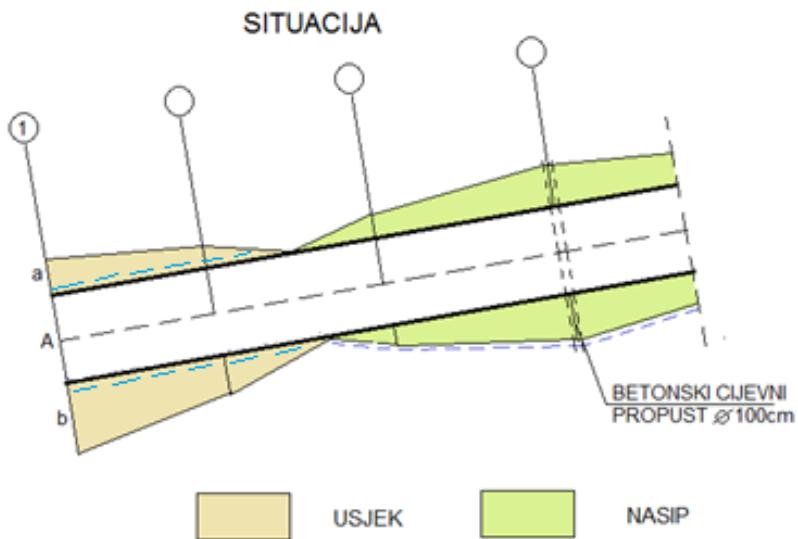


DORADA UZDUŽNOG PROFILA I SITUACIJE

Ucrtavanje nasipa i usjeka u situaciju

Širina usjeka i nasipa odmjerava se na svakom poprečnom presjeku i to s lijeve i desne strane. Odmjerava se širina od posteljice do nožice (presjek linije terena s pokosom nasipa ili usjeka) i ta se veličina nanosi u situaciju u odgovarajućem mjerilu. Ovdje treba biti pažljiv jer su poprečni presjeci crtani u mjerilu 1: 100, a situacija u mjerilu 1:1000.





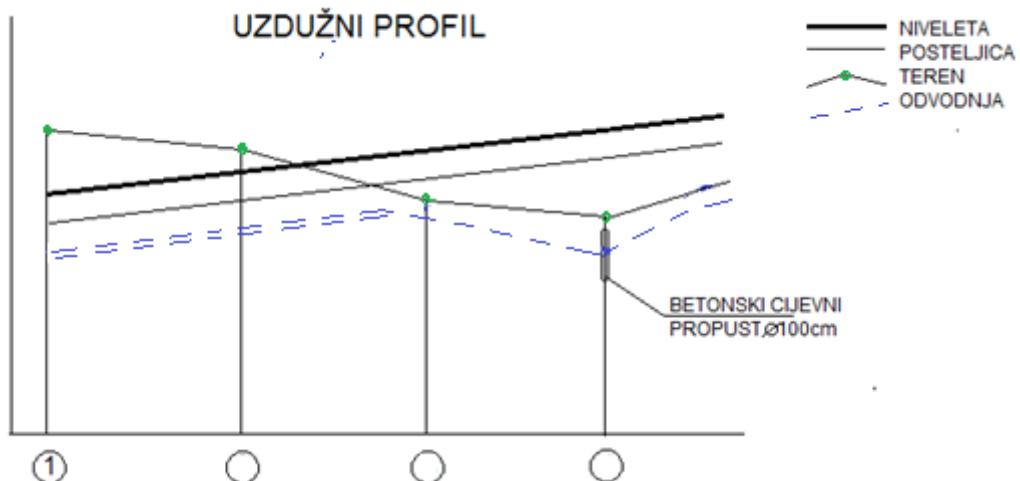
Rješavanje odvodnje

U **situaciji** se jaci ucrtavaju u usjeku s obje strane posteljice, a u nasipu uz višu nožicu nasipa.

Da bi se odvodnja ucrtala u **uzdužni profil**, potrebno je prenjeti kote dna jaraka (KDJ) na svaki poprečni presjek u nasipu.

U usjeku jaci prate posteljicu i udaljeni su od nje uvijek za istu dubinu. Kako su u usjeku jaci s lijeve i desne strane, u uzdužnom se profilu oni predstavljaju s dvije paralelne linije.

Na mjestima na kojima se skuplja voda, postavljaju se propusti kako bi se sakupljena voda kontrolirano provela kroz trup prometnice.



TEHNIČKI OPIS

Tehnički opis je sastavni dio projektne dokumentacije koji sadrži sve potrebne tekstualne podatke za potrebe izvedbe glavnog projekta željezničke pruge Sastoji se od sljedećih točaka:

Opći podaci

Ovaj dio sadrži zadane podatke definirane programskim zadatkom (red pruge, konfiguracija i sastav terena, vrsta praga...) te podatke koji su određeni na temelju zadanih veličina (projektna brzina, minimalni polumjer horizontalnog zavoja, maksimalni uzdužni nagib nivelete, koeficijent rastresitosti.....) .

Horizontalni elementi

U ovom dijelu treba opisati projektirano rješenje u situaciji: duljinu trase, horizontalne zavoje s elementima iskolčenja (kut α , R, L, t, Ouk), duljine pravaca, stacionaže te usporedbe odabralih elemenata s graničnim (minimalnim) vrijednostima .

Vertikalni elementi

Dio koji sadrži karakteristike uzdužnog profila; opisuje se izgled nivelete, uzdužni nagibi, elementi vertikalnog zaobljenja (ρ , t , yz).

Obrazlaže se proračunato nadvišenje kolosijeka, provjerava je li međupravac veći od minimalnog.

Elementi poprečnog presjeka

Dio u kojem je potrebno navesti širinu i debljinu zastorne prizme, širinu i nagib posteljice, definirati nagibe pokosa nasipa i usjeka te način njihove zaštite. Treba navesti obračunate ukupne količine iskopa i nasipa na cijeloj dionici te konačni višak iskopanog materijala ili manjak materijala potrebnog za izradu nasipa.

Odvodnja

U dijelu odvodnje opisuju se načini rješenja odvodnje u usjeku i nasipu: oblik i dimenzije odvodnih jaraka.

Treba opisati položaj i rješenja cijevnih betonskih propusta na trasi pruge sa potrebnim dimenzijama.