

PROSTORNO VOĐENJE TRASE PUTA

Trasa predstavlja prostornu konstrukciju u kojoj su objedinjeni elementi sve tri projekcije, prostorna slika puta sa sve tri koordinate (X,Y,Z).

Cilj je projektovati funkcionalnu trasu, pouzdanu i stabilnu u inženjerskom pogledu, estetski oblikovanu i uklopljenu u pejzaž uz racionalne troškove.

Trasa je unikatan proizvod – veliki izazov i odgovornost projektanta, lična vještina i inženjerski osjećaj, kao i iskustvo.

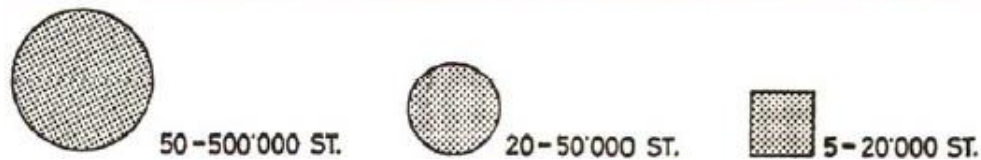
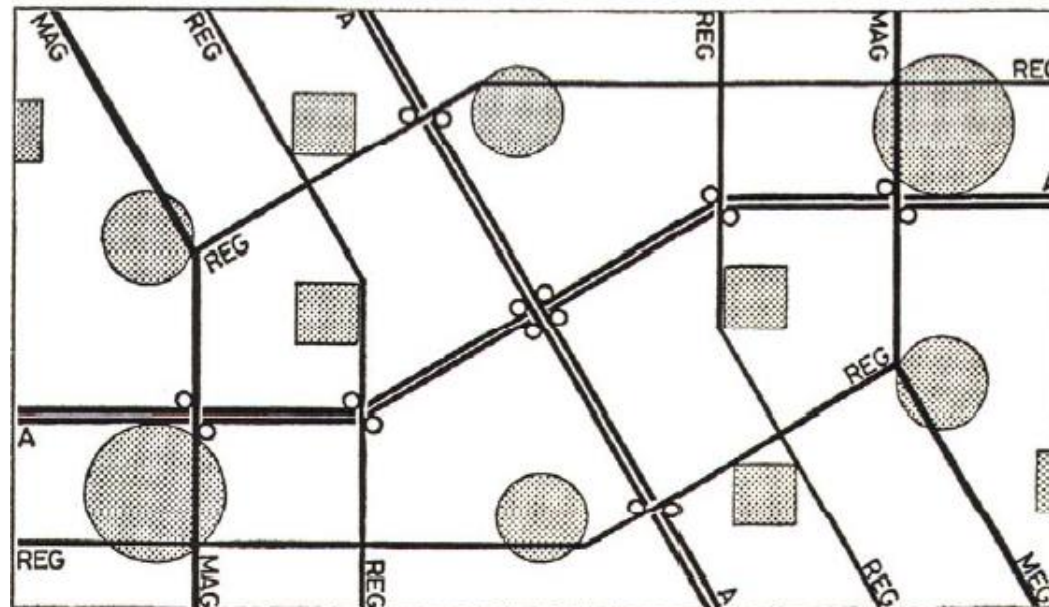
PRINCIPI VOĐENJA TRASE

PLANERSKI PRINCIP

odnos trase prema naseljima i odnos trase prema prirodnoj sredini:

- lokalni putevi služe za povezivanje naselja koja predstavljaju glavne izvore i ciljeve putovanja (svakodnevni radni saobraćaj vezan za proizvodnju i aktivnosti stanovništva-industrija, poljoprivreda, poslovanje...)
- regionalni putevi nose privredni i radni saobraćaj većeg dometa, do 60km, obilaze manja mjesta seoskog tipa, tangiraju veća naselja, a prolaze kroz gradove ≥ 20.000 stanovnika. Na regionalne puteve se vezuje mreža lokalnih puteva, dok se oni vezuju na magistralne puteve.
- magistralni putevi su osnova državne putne mreže, saobraćaj velikog dometa, obilaze sva naselja i gradove do 20.000 stanovnika, tangiraju gradove srednje veličine (od 20.000 do 50.000 stanovnika), prolaze kroz gradove koji imaju značaj regionalnih centara
- autoputevi su najviša tehnička klasa magistralnih puteva, obilaze sva naseljena mjesta, tangiraju gradove sa 50.000-500.000, prolaze kroz gradove sa preko 500.000 stanovnika, gdje 75% saobraćaja sa autoputa ima svoj cilj.

PLANERSKI PRINCIP

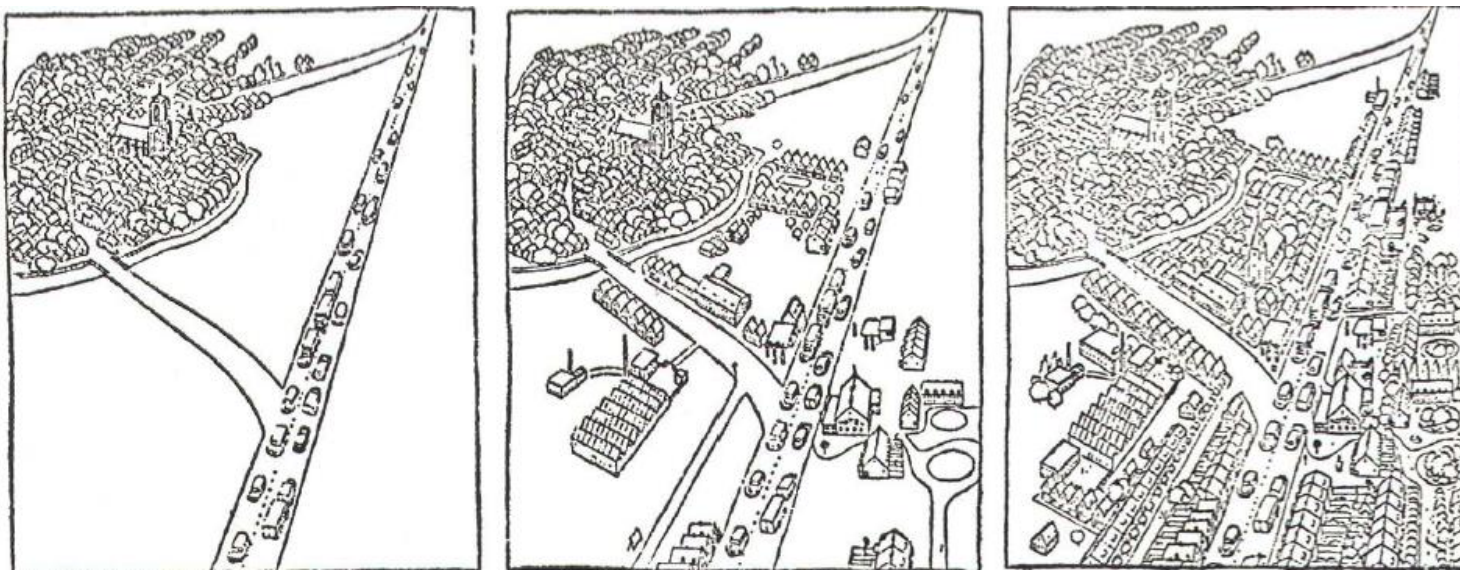


Šematski prikaz odnosa trase prema naseljima

PRINCIPI VOĐENJA TRASE

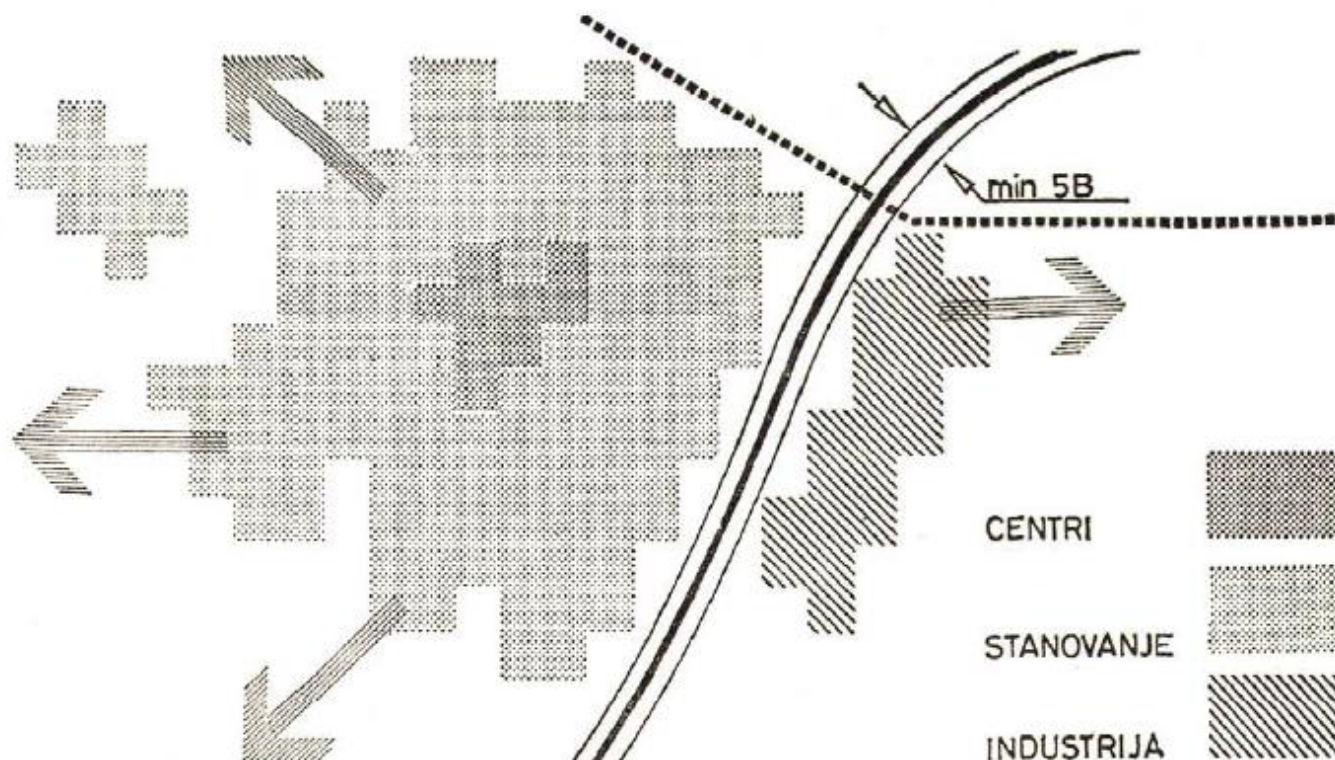
- poremećaji idealne teorijske mreže u sredinama gdje je tehnološkom revolucijom narušen opšti sklad i hijerarhija odnosa u prirodi
- pogrešno shvatanje razvoja saobraćaja
- gradovi izloženi stihijskim uticajima savremene motorizacije, put se posmatra sa stanovišta automobila i upravo zato razvoj gradova ugrožava automobilski putevi
- naknadno usklađenje nije jednostavno, planerske zablude se teško ispravljaju

PRINCIPI VOĐENJA TRASE



Uzajamnost uticaja puta na grad i grada na put. Rješenje koje zadovoljava današnje potrebe sutra može postati prepreka razvoju!

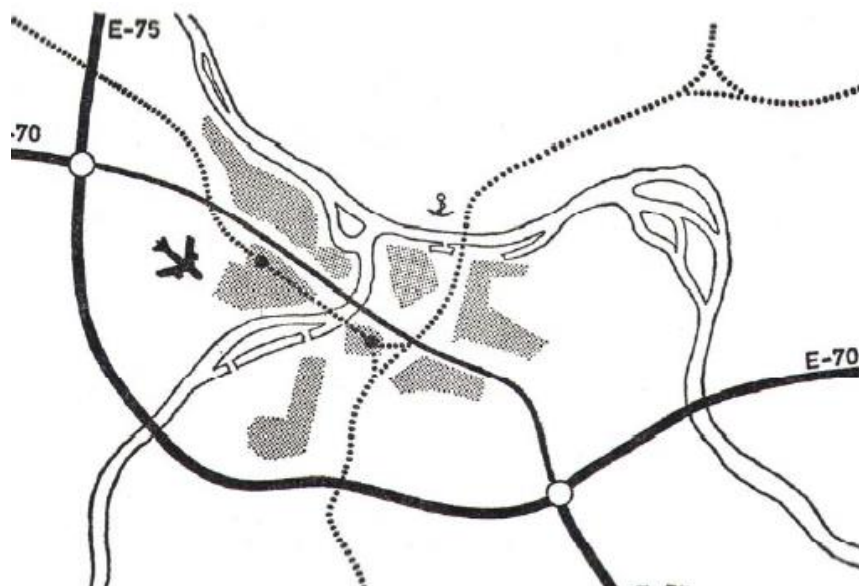
- planirati koridore regionalnih i magistralnih puteva izvan stambenih naselja i centara aktivnosti, poželjno je da prolaze kroz ind.zone ili granicom stanovanja



Odnos trase puta prema urbanim sadržajima

- autoputevi i putevi sa komercijalnim sistemom eksploatacije treba da običu sve urbane zone, planirati koridore koji će obezbjediti nezavisnost saobraćajnice najmanje 50 godina

- značajni infrastrukturni i saobraćajni terminali moraju biti u okviru sistema slobodne eksploatacije (aerodromi, željezničke stanice, luke...)



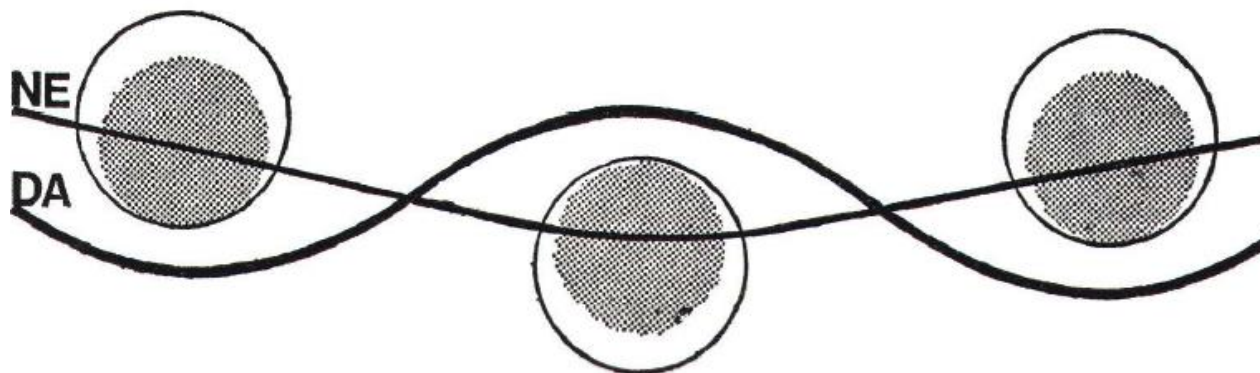
Mreža magistralnih pravaca na području Beograda

Odnos trase prema prirodnoj sredini

- gradnja puta- modeliranje životne sredine, najčešće protiv sebe ili protiv generacija koje dolaze, zato svaka intervencija u prostoru mora biti osmišljena tako da ne ugrožava prirodno nasleđe i ne pogoršava uslove za budući razvoj
- pažljivo preispitivanje putnog koridora kroz naselja ili u blizini izgrađenih objekata (buka, aeroxagađenje, zagađenje voda)
- buka, savremeni problem, mjere zaštite obaveza projektanta

Za uspostavljanje skladnog odnosa između puta i prirodne sredine treba slijediti principe:

- ne narušavati postojeće ambijentalne cjeline: kompaktni šumski kompleksi, voćnjaci, vinogradi, maslinjaci, prirodni rezervati, izvorišta, istorijske cjeline.



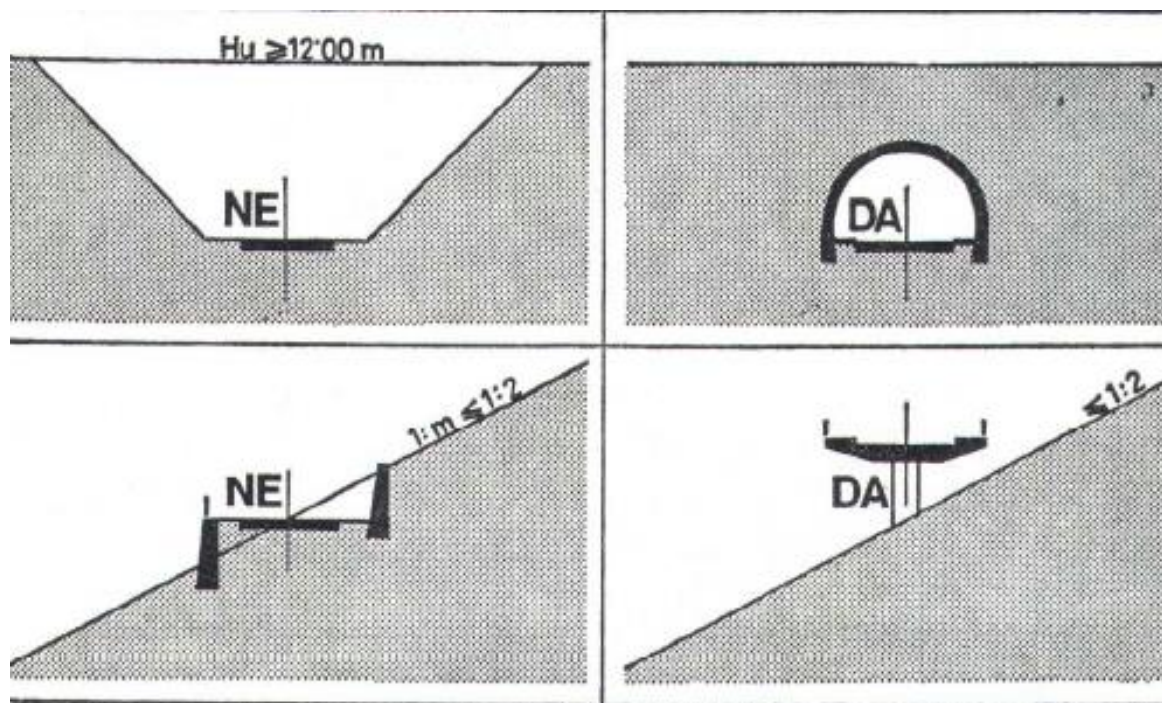
Princip očuvanja postojećih ambijentalnih cjelina

- put ne smije da postane vještačka prepreka koja remeti ustaljeni mikroklimat, najčešće greške iz ekonomskih razloga-nasip ili vijadukt



Primjer skladno projektovane trase, dionica autoputa Frankfurt-Nürnberg

- očuvati likovnu i fizičku ravnotežu okoline pravilnim izborom položaja puta u poprečnom profilu



Položaj trase u poprečnom profilu na strmoj padini



Primjeri uspješnog i neuspješnog vođenja trase na strmim padinama

INŽENJERSKO-TEHNIČKI PRINCIPI

-trasa puta treba da bude stabilna i pouzdana u svim uslovima eksploatacije, najkraći potez za obavljanje transportnih zadataka sa najmanjim troškovima eksploatacije, najmanje investicionih troškova

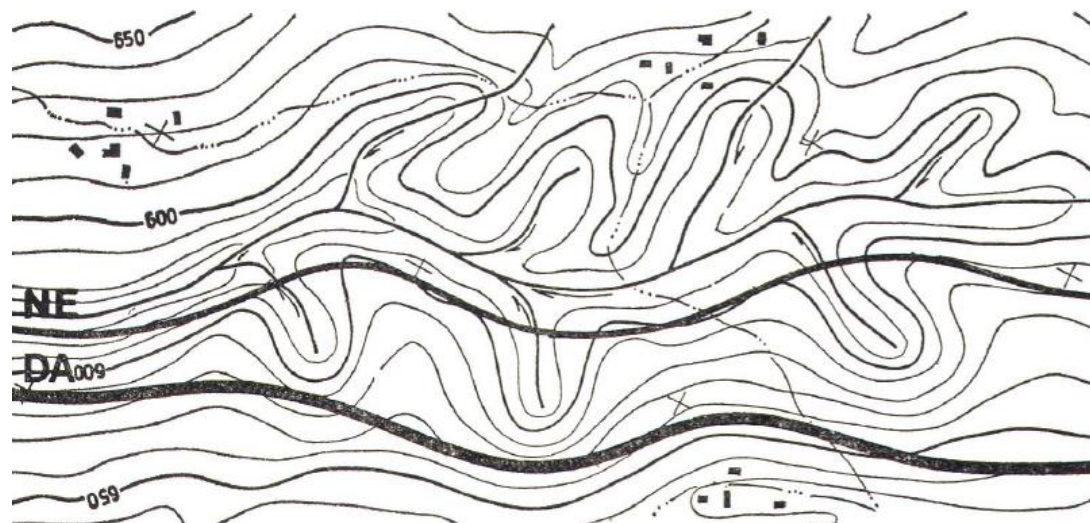
- trasu voditi pouzdanim padinama bez aktivnih geoloških procesa:

široke rječne doline, trasa je uz ivicu padine, a ne uz rečno korito – trasa se oslanja na stabilnije tlo, omogućava se pristupačnost rječnim obalama, ne sprečava se razvoj doline, koristi se rijeka



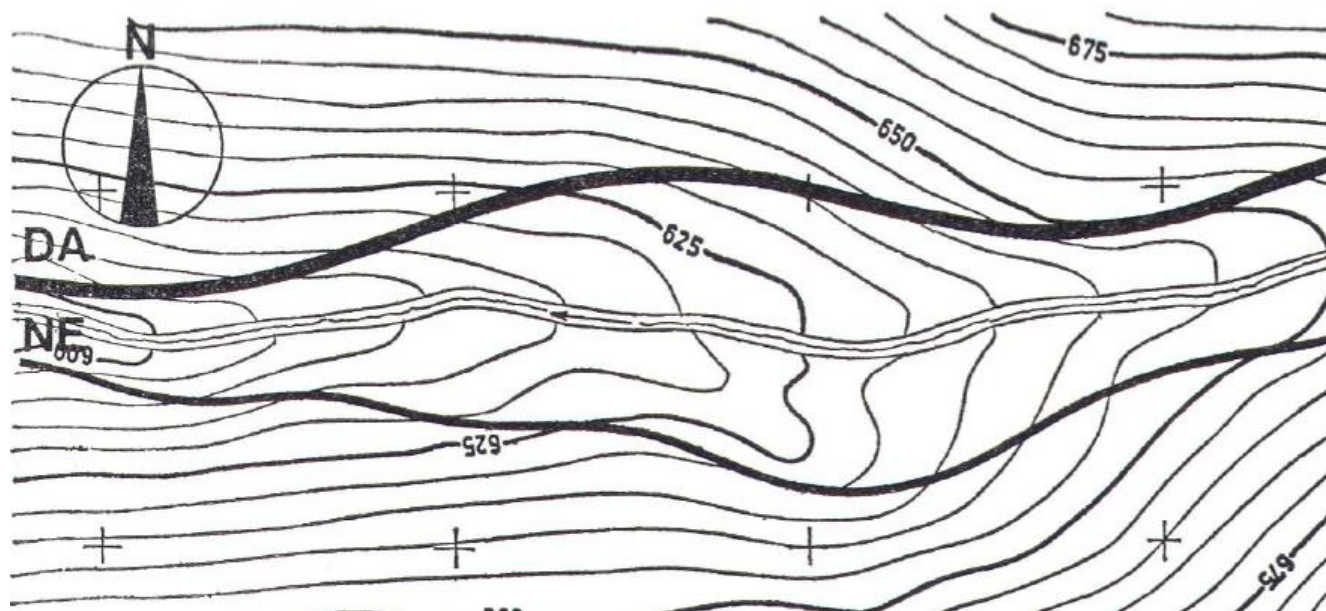
INŽENJERSKO-TEHNIČKI PRINCIPI

kod **uskih rječnih dolina** sa izraženim sekundarnim pritokama treba odustati od praćenja doline, ako to ima za posledicu neprekidno zasijecanje trase u isturene djelove padine, trasu voditi vrhom padine ili vododjelnicom



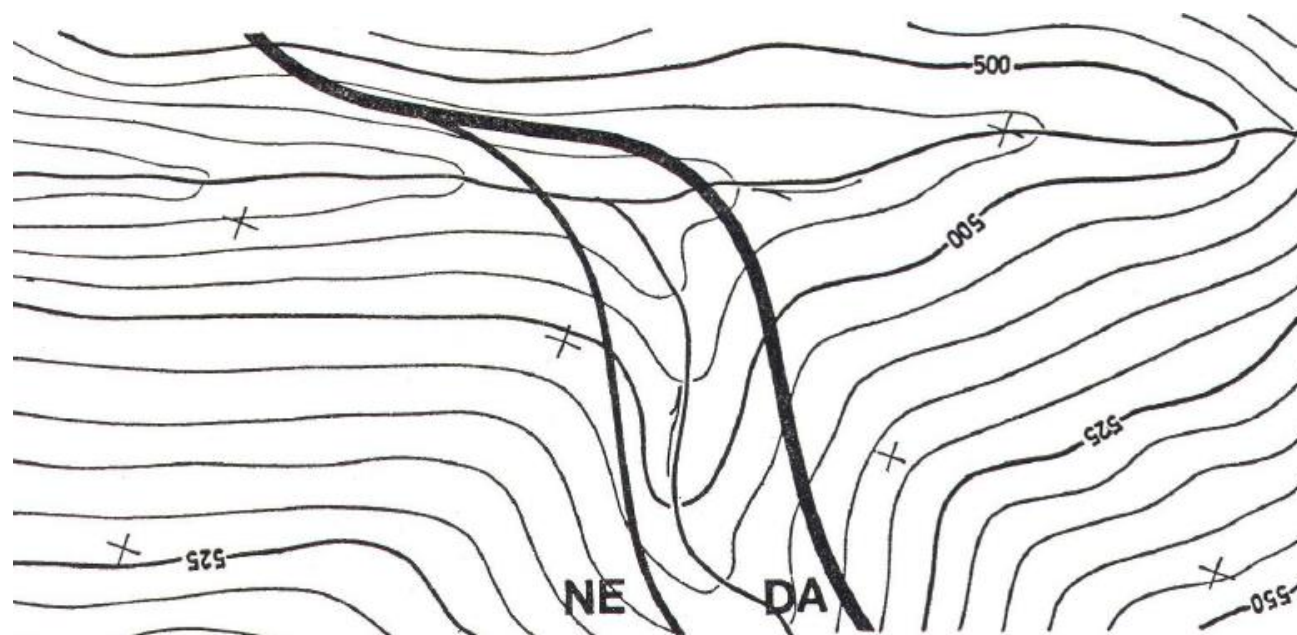
INŽENJERSKO-TEHNIČKI PRINCIPI

kod **opruženih padina u brdovitom terenu** trasa se vodi osunčanom stranom-geotehnička stabilnost, ocijeđivanje i prosušivanje kolovoza



INŽENJERSKO-TEHNIČKI PRINCIPI

na prelasku riječnih dolina birati najuža mjesta sa zdravim padinama i stabilnim hidrauličkim režimom vodotoka, mostovi podređeni trasi – mogu biti u horizontalnoj i vertikalnoj krivini, izuzev kod plovnih rijeka



INŽENJERSKO-TEHNIČKI PRINCIPI

vododjelnice i uzdužni grebeni najčešće pružaju povoljne uslove za vođenje trase, osjedne su i geološki stabilne, ali su i izložene vjetrovima i sniježnim nanosima. Zato se mora voditi računa o nadmorskoj visini, klimatskim i meteorološkim uslovima

u ravničarskim predjelima trasu voditi plitkim nasipom visine 1-2m – put je pregledan, jednostavno je odvodnjavanje, minimalno zavijavanje i lako čišćenje puta u zimskim uslovima, dobro uklapanje trase u okolni pejzaž

Osim navedenih principa, stalno imati na umu činjenicu da stabilnost direktno zavisi od efikasnosti sistema za prihvatanje površinskih i podzemnih voda. **"MEMENTO AQUA"!**

TEHNIKA TRASIRANJA

- trasiranje - faza u projektovanju u kojoj se uspostavljaju geometrijske zakonitosti sve tri projekcije i jednoznačno definišu projektne linije u apsolutnom X,Y,Z sistemu
- izvodi se postepeno, u koracima, zavisno od faze izrade projektne dokumentacije, razmjere podloga i značaja putnog pravca
- programski uslovi: kategorija puta, mjerodavno saobraćajno opterećenje, uslovi odvijanja saobraćaja, računaska brzina po dionicama, sistem eksploatacije, okvirni položaj raskrsnica, tip kolovozne konstrukcije

TEHNIKA TRASIRANJA

- prvi korak: geometrijsko i konstruktivno dimenzionisanje elemenata poprečnog profila, uz detaljnu tehničku i ekonomsku analizu svakog primjenjenog elementa, kao i analizu mogućnosti i potrebe etapne gradnje
- drugi korak: definisanje graničnih elemenata plana i profila sa stanovišta vozno-dinamičkih, konstruktivnih i estetskih zahtjeva (maksimalna dužina pravca, minimalni radijus horizontalne krivine, min parametar prelazne krivine, max podužni nagib, min radijus konveksnog zaobljenja, min radijus konkavnog zaobljenja, min vizura zaustavne preglednosti, min vizura preticajne preglednosti)

PROJEKTNE PODLOGE

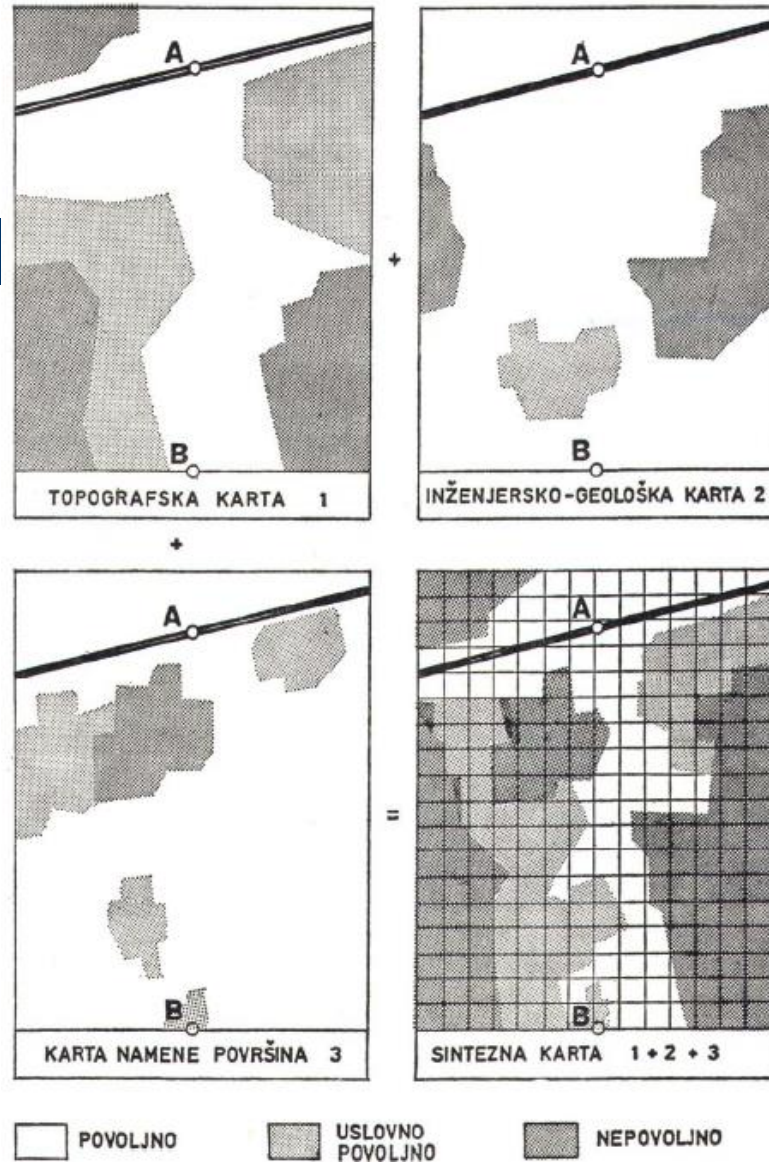
- prije početka trasiranja prikupiti sve relevantne podatke: topografske, geomehaničke, geomorfološke, urbanističke i ekonomske uslove – podloge:

inženjersko geološka karta sa zbirnim prikazom o osnovnim geomorfološkim i geomehaničkim karakteristikama terena (podaci o savremenim geološkim procesima, karakteristikama stijenskih masa, hidrologiji podzemnih i površinskih voda)

karta namjene površina dobijena na osnovu regionalnih i urbanističkih planova, koja prikazuje budući razvoj područja, vrste i obim izgradnje, kao i bonitet zemljišta sa okvirnom parcelacijom

topografska karta – osnova na kojoj se grafički definiše trasa budućeg puta (klasično geodetsko snimanje ili fotogrametrijsko snimanje)

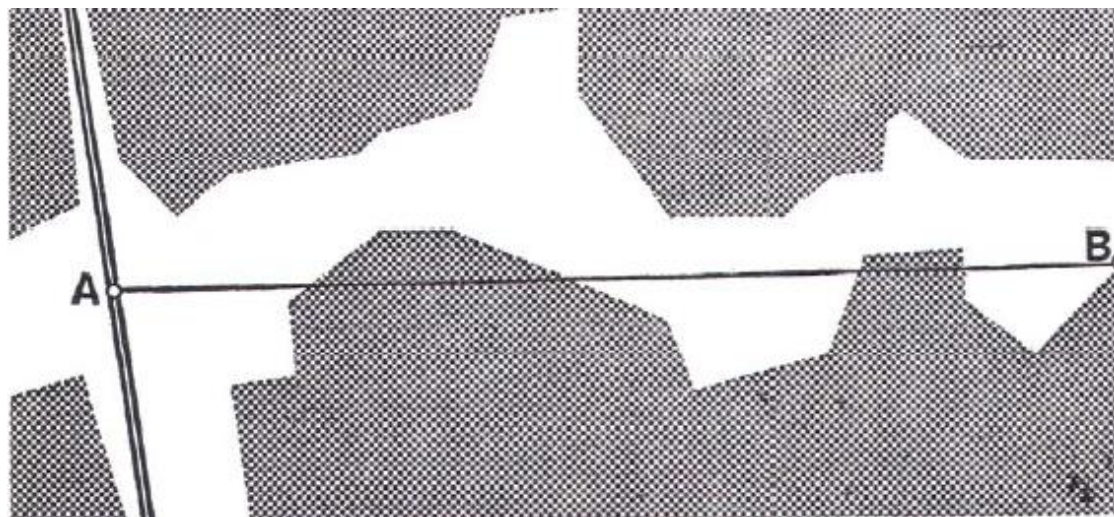
Na osnovu svih prikupljenih podloga radi se **sintezna karta ograničenja** sa povoljnim, uslovno povoljnim i nepovoljnim područjima za projektovanje puta.



POSTUPCI U TRASIRANJU

- utvrđivanje grube osovine, povlačenje nulte linije, definisanje projektne osovine i analitička obrada trase

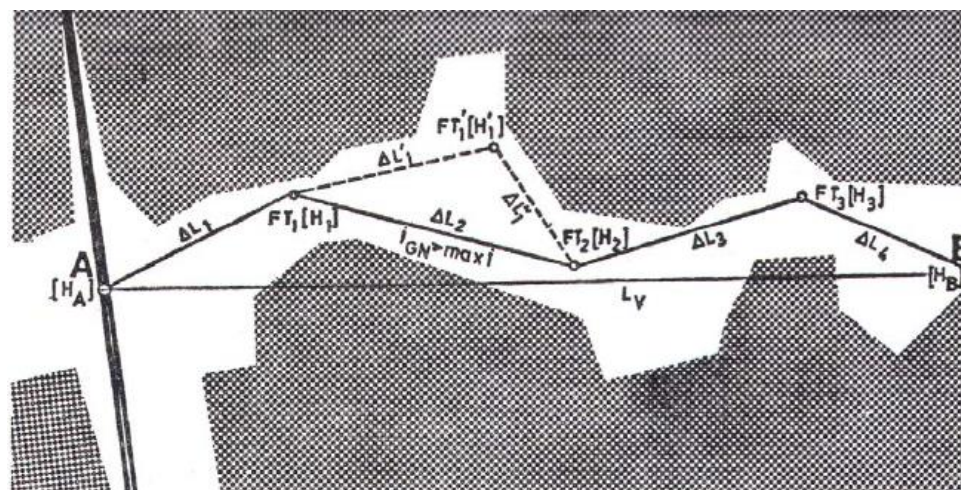
Gruba osovina predstavlja putokaz za generalno pružanje trase, vazдушna linija između A i B. Služi za istraživanje najpovoljnijih pozicija za prelaz trase preko prirodnih prepreka



Generalna orijentacija na karti

POSTUPCI U TRASIRANJU

- spajanjem fiksnih tačaka dobija se gruba osovina, poželjno je da ne presijeca vazдушnu liniju odnosno da se ne utiče na dužinu trase
- provjeriti vrijednosti podužnog nagiba, pri čemu procijenjena vrijednost treba da je za jedan stepen manja od max dozvoljene vrijednosti za datu kategoriju puta, kao i teren između susjednih fiksnih tačaka



Prikaz grube osovine

POSTUPCI U TRASIRANJU

Nulta linija je putanja konstantnog nagiba koja spaja dvije fiksne tačke, povijajući se po terenu bez zemljanih radova.

- izlomljeni poligon koji služi kao vodič za projektovanje skladnih geometrijskih oblika
- može se konstruisati samo kada se između dvije fiksne tačke nalazi teren približno uniformnih karakteristika
- prognozni podužni nagib odsjeka

$$i_N = \frac{\Delta H \cdot 100}{\alpha \cdot \Delta L}$$

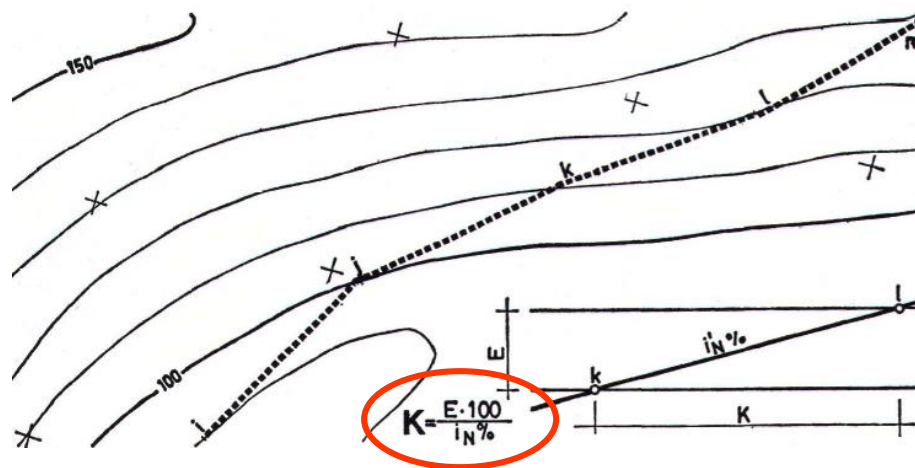
α - koeficijent razvijanja trase, $\alpha \approx 1.05-1.15$

POSTUPCI U TRASIRANJU

- korak za trasiranje se prenosi od izohipse do izohipse-nulta linija

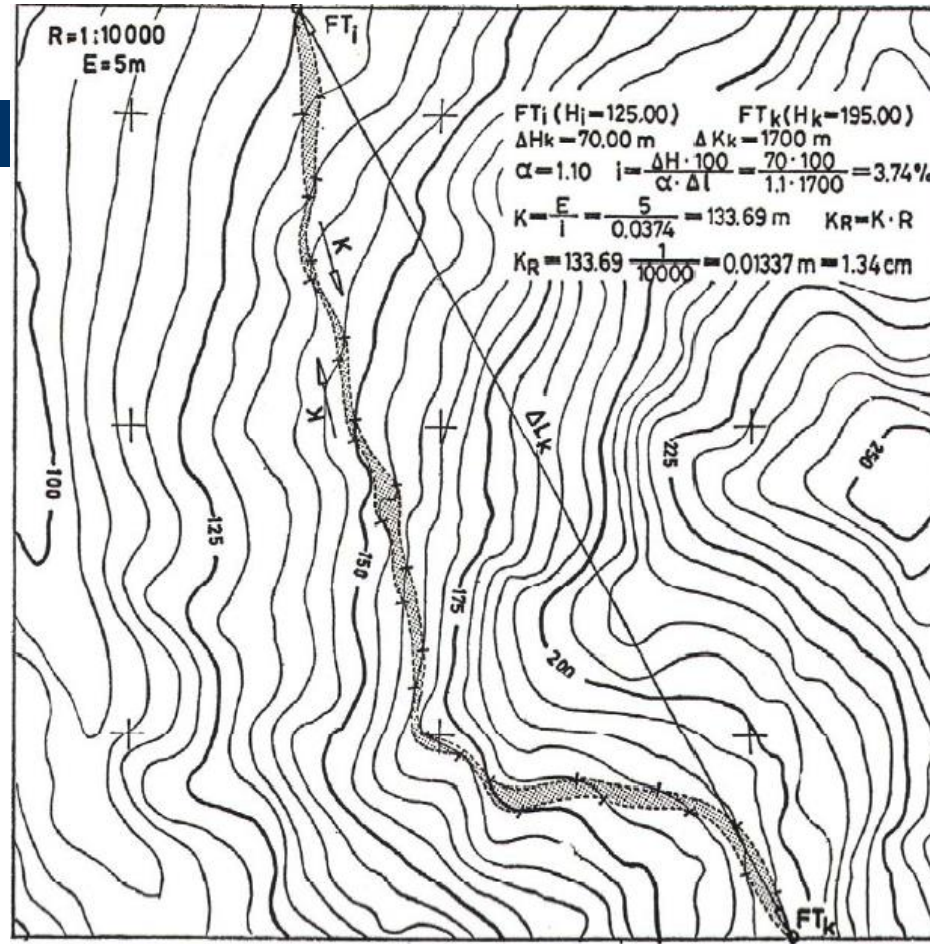
- nulta linija prati terenske oblike i može samo jednom sjeći istu izohipsu

- koračanje u oba smjera – mikrokoridor projektne osovine



Korak i nulta linija

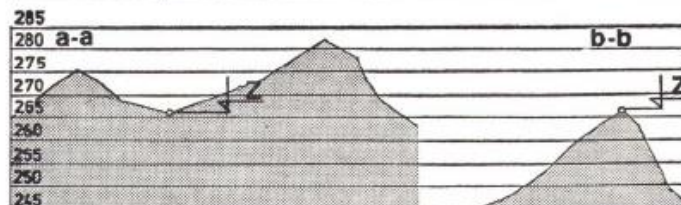
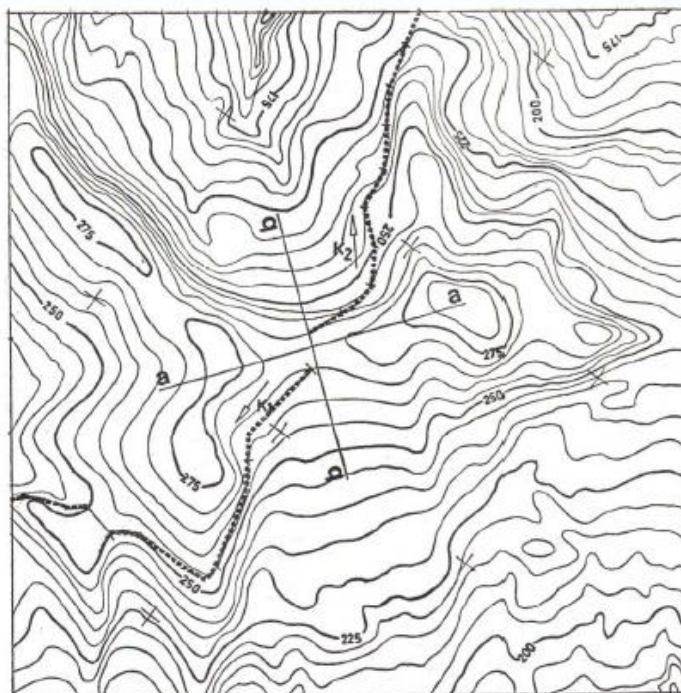
POSTUPCI U TRASIRANJU



Nulta linija na padinskoj trasi, koračanje u oba smjera

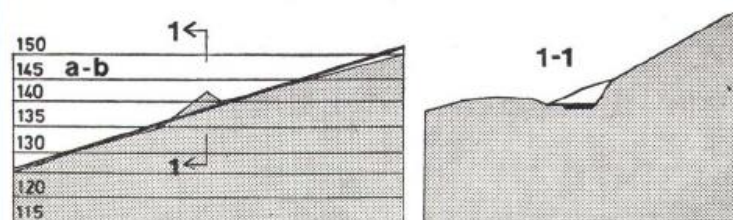
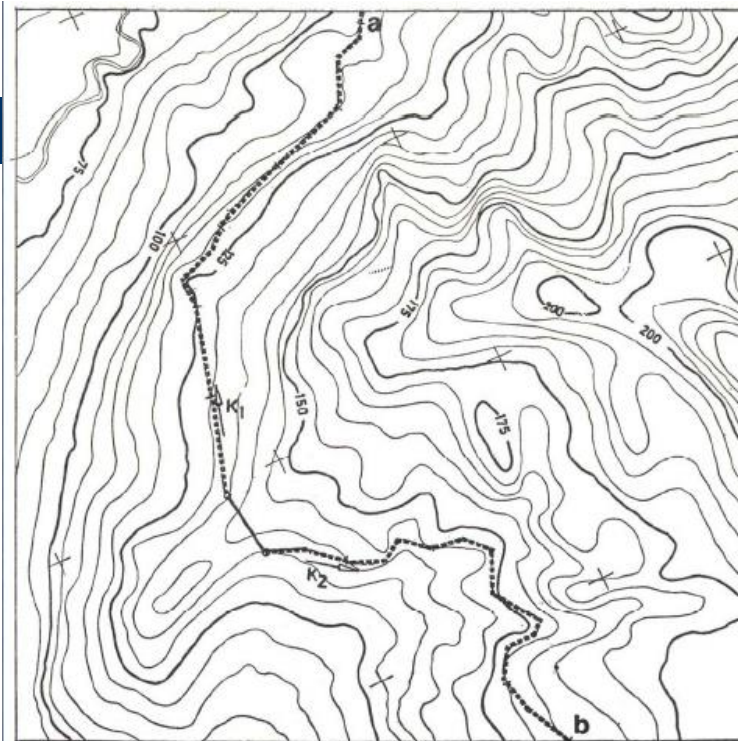
POSTUPCI U TRASIRANJU

- za složene zemljišne oblike treba odrediti pozicije sekundarnih fiksnih tačaka na kojima se vrši prekid nulte linije

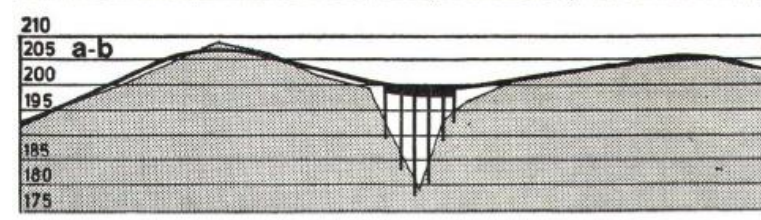
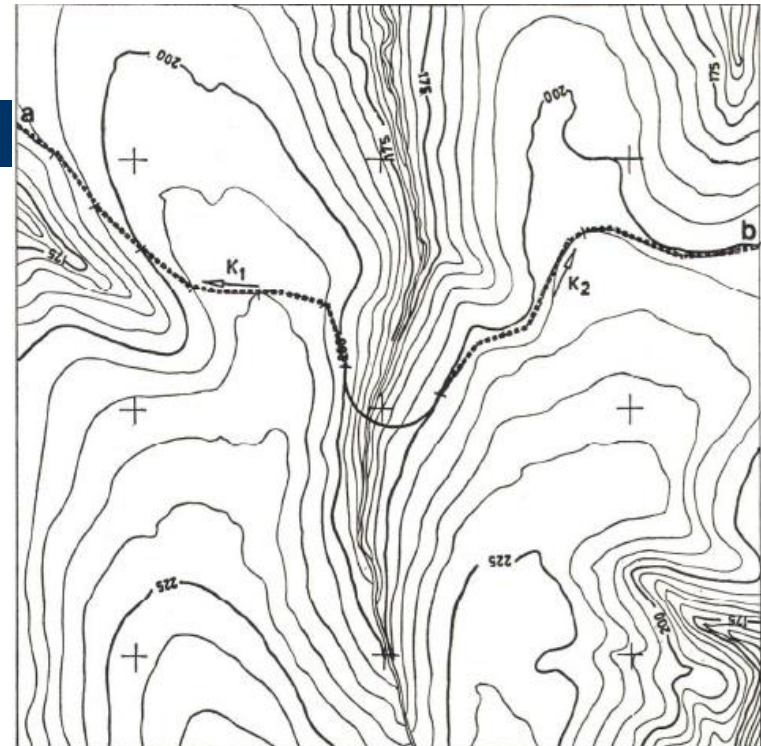


Prelaz preko brdskog prevoja

POSTUPCI U TRASIRANJU



Prelaz preko grebena



Prelaz izražene bočne doline

POSTUPCI U TRASIRANJU

- fiksne tačke kod serpentina su na lokacijama glavnih okretnica i nulta linija se nezavisno razvija na svakom kraku serpentine

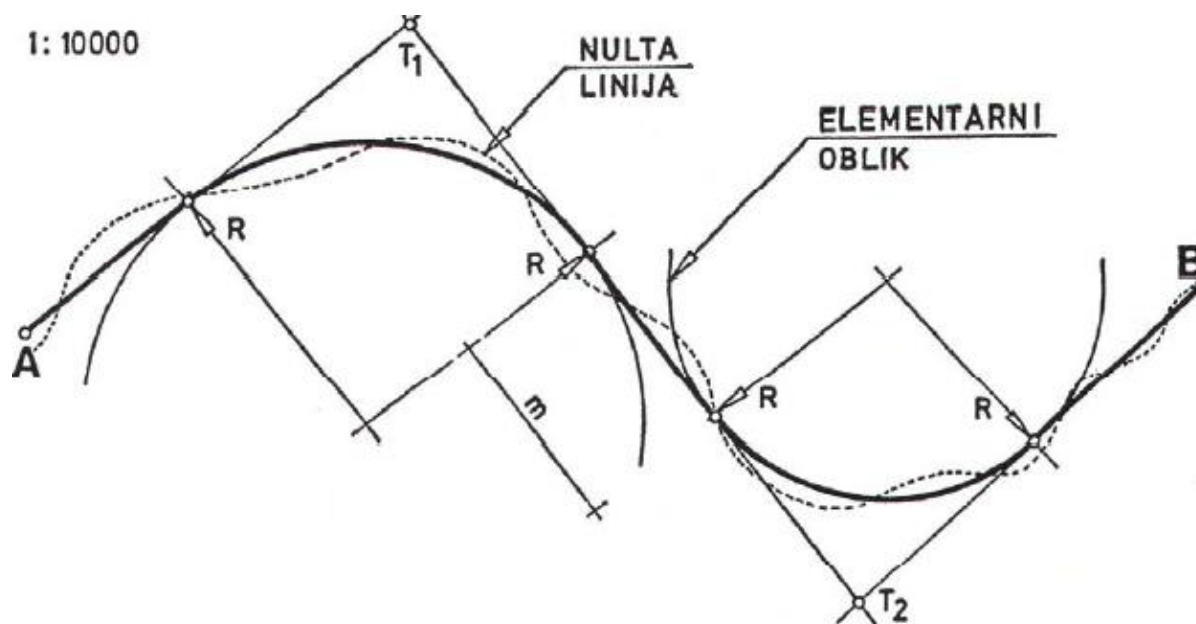


Primjer serpentskog razvoja trase

POSTUPCI U TRASIRANJU

- geometrizacija nulte linije pomoću pravaca i kružnih krivina na situacionim podloga razmjere 1:10.000 i 1:25.000

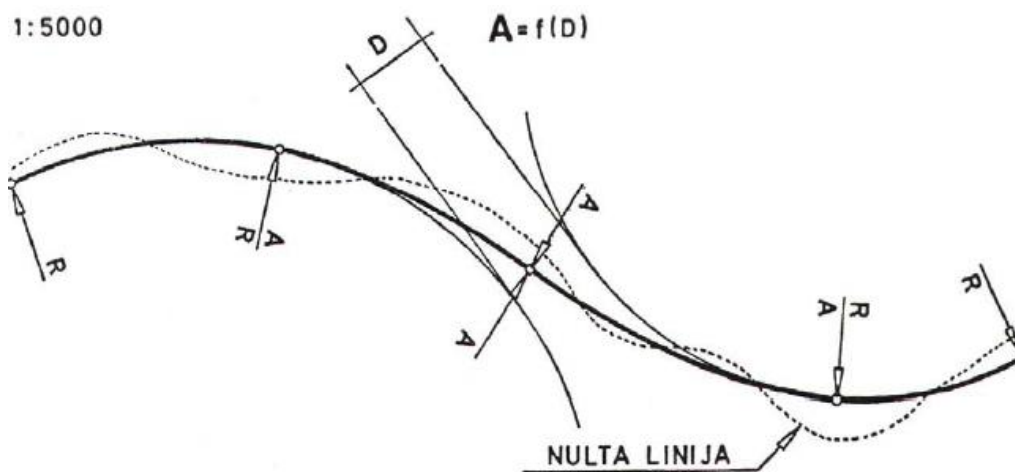
- aproksimacija nulte linije treba da bude ostvarena tako da ravnomjerno oscilira oko kružnog luka – ravnomjeran bilans zemljanih radova



Projektna osovina sastavljena iz pravaca i kružnih lukova

POSTUPCI U TRASIRANJU

- za situacione planove razmjere 1:1000 do 1:5000, primjena i klotoide
- definisanje tjemena poligona trase i grafičko utvrđivanje elementarnih tačaka (početak i kraj krivine)
- dužina međupravaca za smještaj prelaznih krivina, početna aproksimacija kružnim lukovima, zatim određivanje parametra klotoide

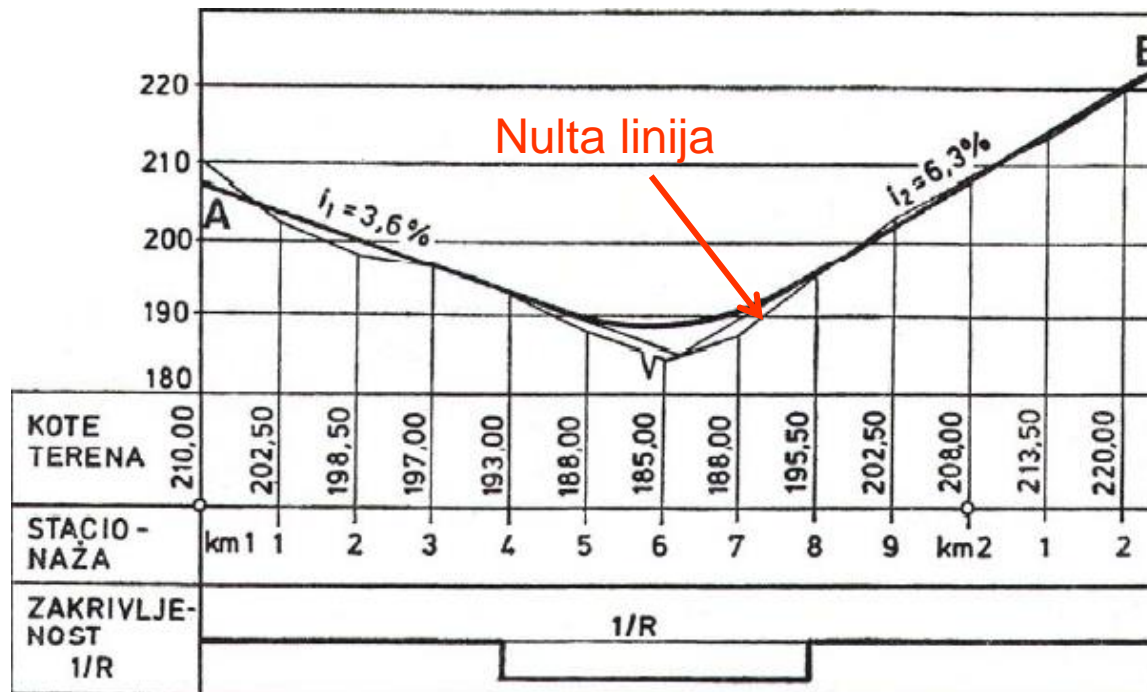


Projektna osovina konstruisana direktnom primjenom klotoide

POSTUPCI U TRASIRANJU

- istovremeni rad na podužnom profilu vodi usklađivanju odnosa međuzavisnih projekcija

- stacionirati horizontalnu osu i očitati kote terena svih elementarnih i detaljnih tačaka, definisati visinska ograničenja i specifične zahtjeve okoline

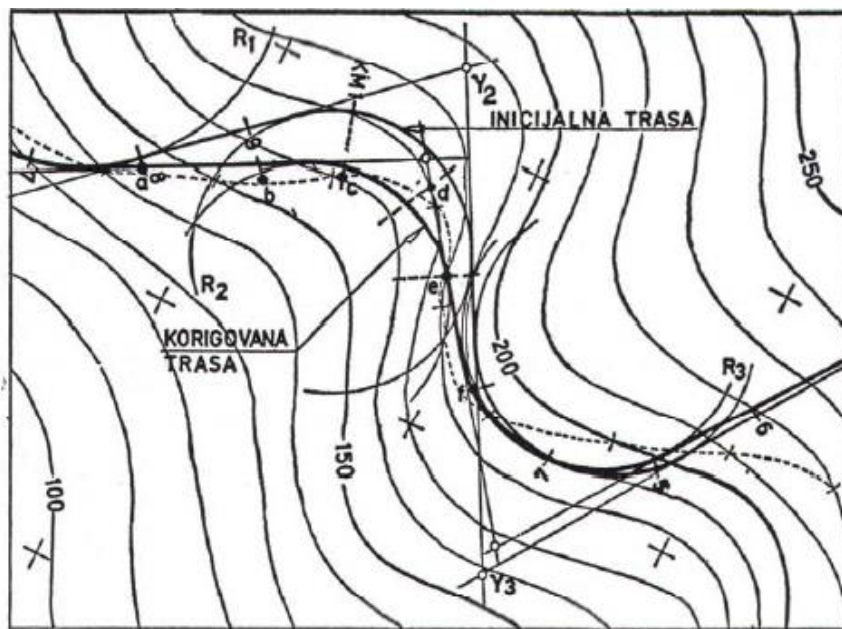


Radni podužni profil

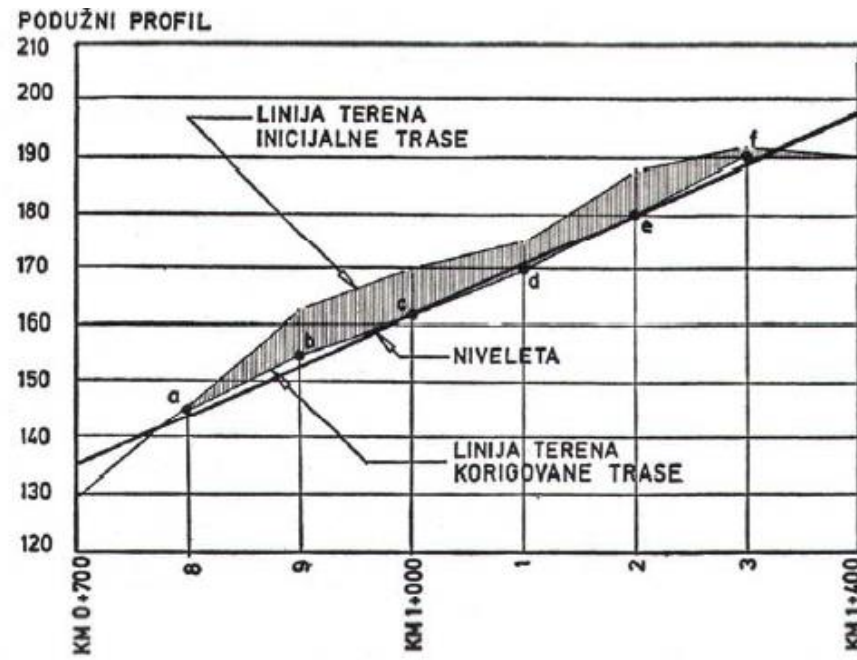
POSTUPCI U TRASIRANJU

- jednovremeno sagledavanje situacionog plana i podužnog profila
- poboljšanje geometrije, veće intervencije ili čak potpuno napuštanje trase

TRASIRANJE JE ITERATIVAN POSTUPAK!



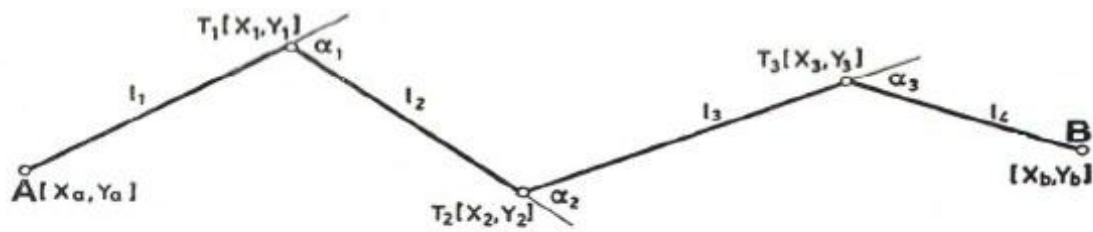
SITUACIONI PLAN



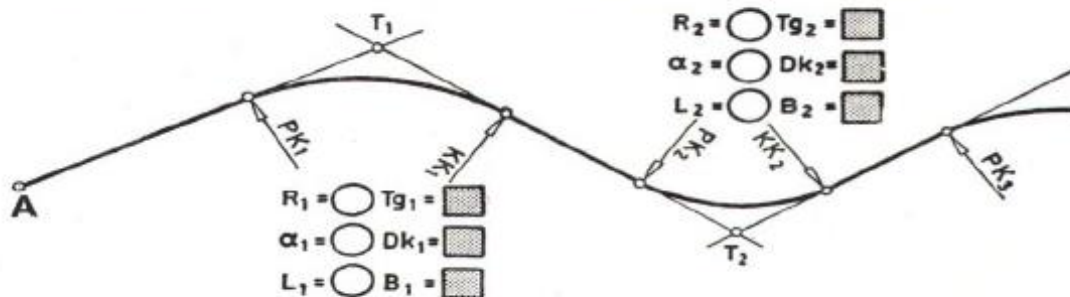
Korekcija plana i profila trase sa stanovišta balansa masa

POSTUPCI U TRASIRANJU

- analitička obrada trase – utvrđivanje geometrijskih zakonitosti osnovnih projektnih linija i njihov odnos prema konkretnom terenu (računski i grafički postupci)



	A	PK ₁	T ₁	KK ₁	PK ₂	T ₂	KK ₂
X	○	■	○	■	■	○	■
Y	○	■	○	■	■	○	■

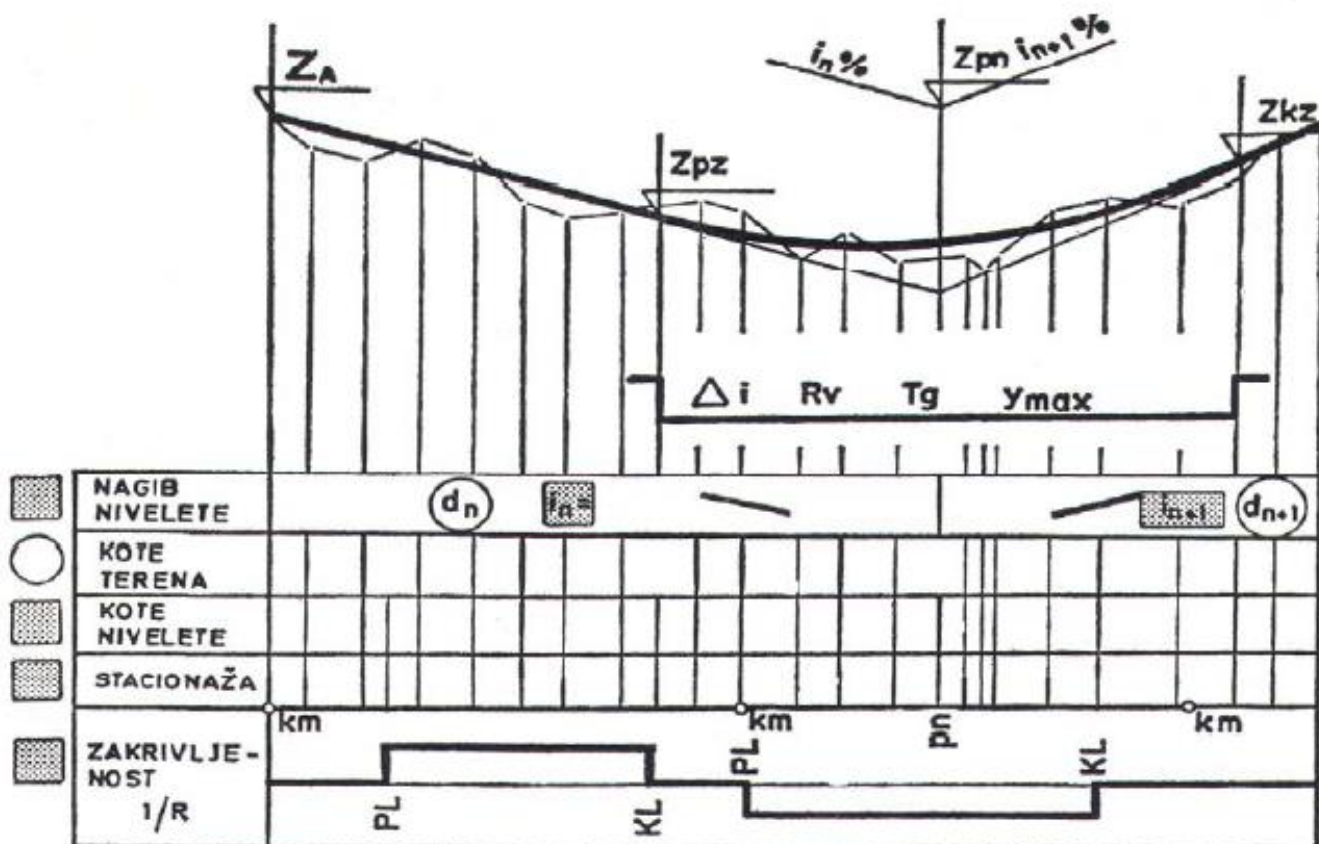


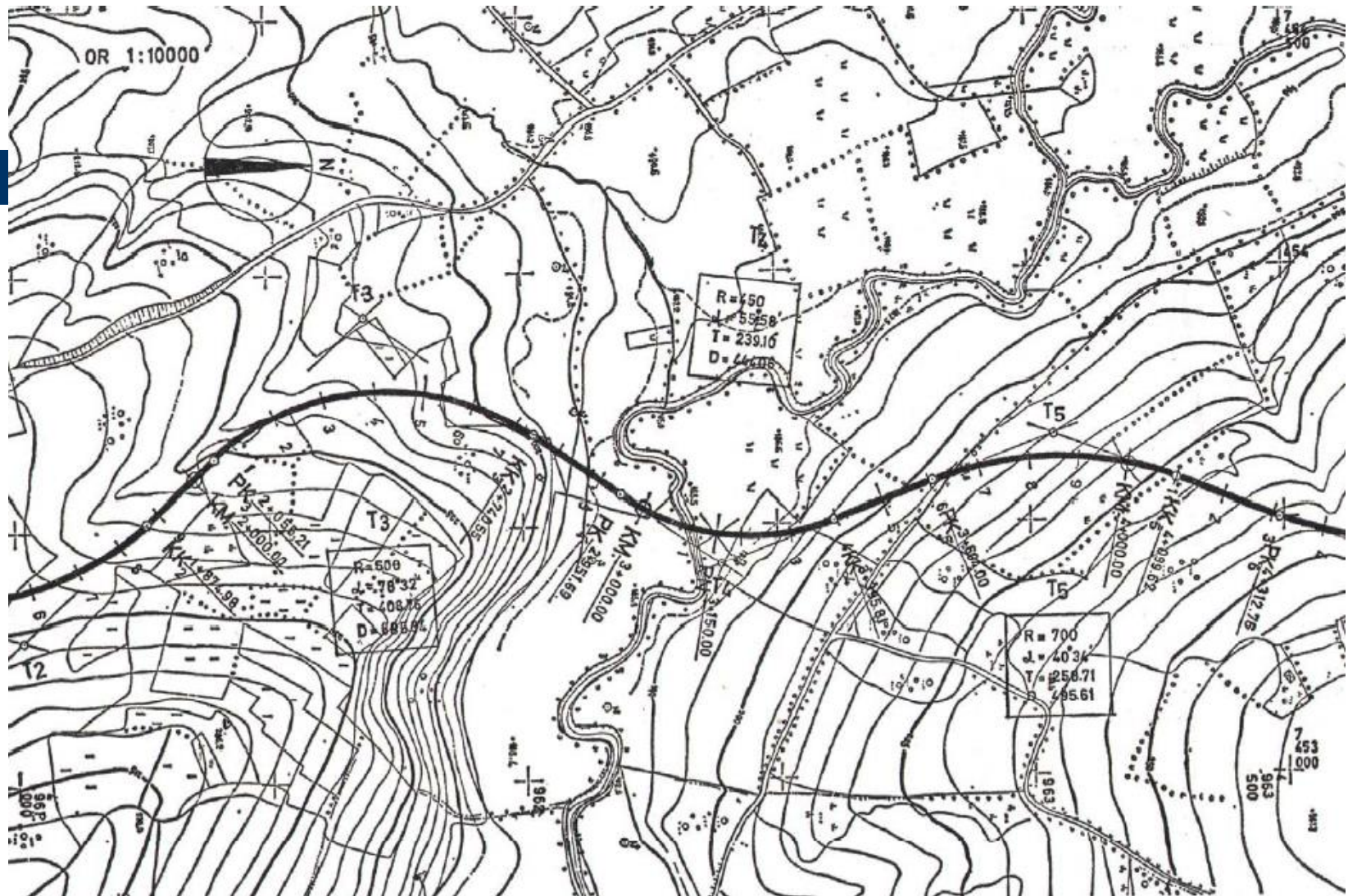
OSOVINA PUTA SA ○ POLAZNIM I ■ SRAČUNATIM PODACIMA

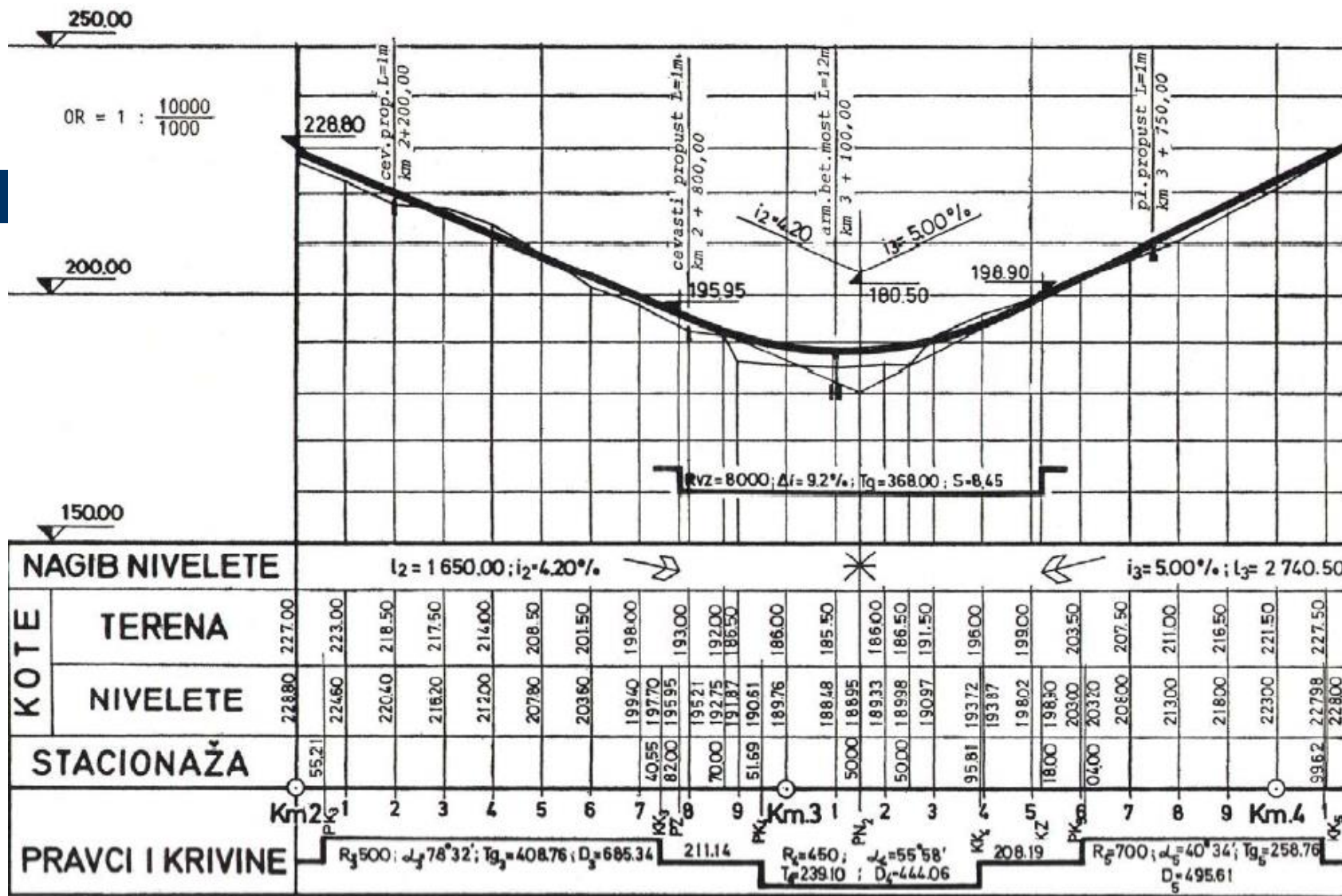
Analitička obrada situacionog plana

POSTUPCI U TRASIRANJU

- **podužni profil**: pozicije preloma nivelete, dužine dionica određenog nagiba nivelete, nagib nivelete, proračun zaobljenja i kote nivelete







OBLIKOVANJE PUTA

- savremeno projektovani put mora da zadovolji i likovne kriterijume koji se zasnivaju na vizuelnim predstavama i doživljaju puta od strane njegovih korisnika
- veoma utiče na ponašanje vozača – bezbjednost saobraćaja – doživljaj puta sa pozicije oka vozača direktno utiče na saobraćajne nezgode
- trasiranje traži uključivanje ne samo inženjerskih disciplina već i saobraćajne psihologije, teorije informacija, tehničke kibernetike, pejzažne arhitekture...
- istraživanja ponašanja i reakcije vozača – optimalni odnosi geometrijskih elemenata u trasiranju

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA

proces skladnog komponovanja projektnih elemenata sa ciljem da se ostvari prostorna slika puta koja u vizuelnom pogledu ostavlja pozitivne utiske i vozačima uliva osjećanje sigurnosti

- neophodno uspostaviti širu međuzavisnost projektnih elemenata, kako unutar jedne linijske predstave tako i u prostornom smislu
- utisci o putu stvaraju se iz kontinualnog niza slika koje se javljaju u vidnom polju – prostorna predstava koju formiraju strukturne linije puta (ivice kolovoza, markacija, zaštitne ograde)
- svaki oblik posmatran sa pozicije oka vozača optički je transformisan, pa se mora voditi računa o optičkim svojstvima svakog geometrijskog oblika kao i o geometrijskim kombinacijama iz kojih se stvara cjelokupna prostorna slika

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA

- **pravac** – najizrazitiji fenomen nedogleda – pogrešna procjena i neodgovarajuća reakcija vozača, monotonija; samo kao pomoćni element
- **kružni luk** ima likovne kvalitete koji se mogu uspješno realizovati uz uslov da je dužina kružnog luka dovoljno velika za shvatanje stepena zakrivljenosti; min dužina se dobija iz uslova 2-5s vožnje, a max je veličina shvatljive vizure preglednosti $1.4 \cdot V_p \leq D_k \leq 7 \cdot V_p$
- **klotoida** stvara najpovoljnije optičke efekte, pa u njenoj primjeni treba poći ne sa pozicija minimalnih konstruktivnih potreba već sa aspekta putne estetike; najpovoljnija likovna rješenja pri odnosu $L_k : D_k : L_k = 1 : 1 : 1$, $R/3 \leq A \leq R$

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA



a.



b.



c.



d.

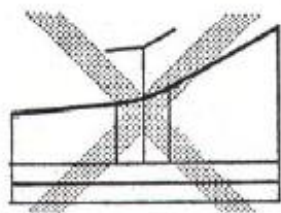
Optički efekti koje stvaraju elementarni oblici u horizontalnoj ravni:

- a. pravac, b. kružni luk,
- c. pravac i kružna krivina,
- d. pravac i kružna krivina sa prelaznicom

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA

- nagibi nivelete su praktično neuočljivi ispod $i_N=3\%$, nagib veći od 4% može da djeluje neprijatno ako je primjenjen na dugom pravcu-efekat zida, rješenje-vijugavost trase

- vertikalne krivine moraju imati odgovarajuću dužinu da bi djelovale prirodno, min dužina u granicama izoštrene vizure preglednosti $D_v \sim 3-4V_p$



a.



b.

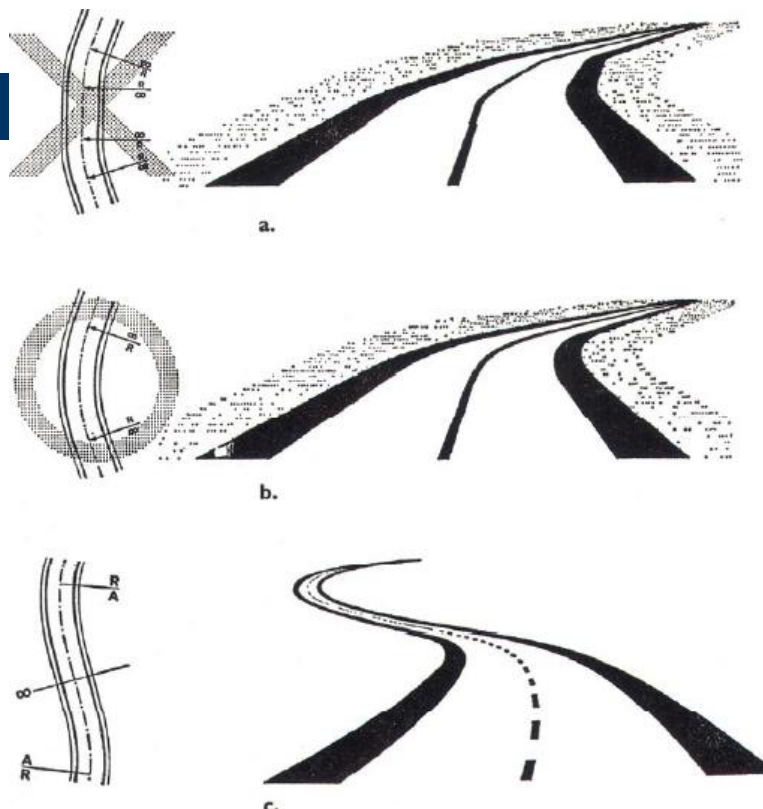
Vizuelni doživljaj konkavne krivine: a. $R=5000m$, $D_v=150m$,
b. $R=10000m$, $D_v=300m$

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA

Interno usklađenje projektnih elemenata

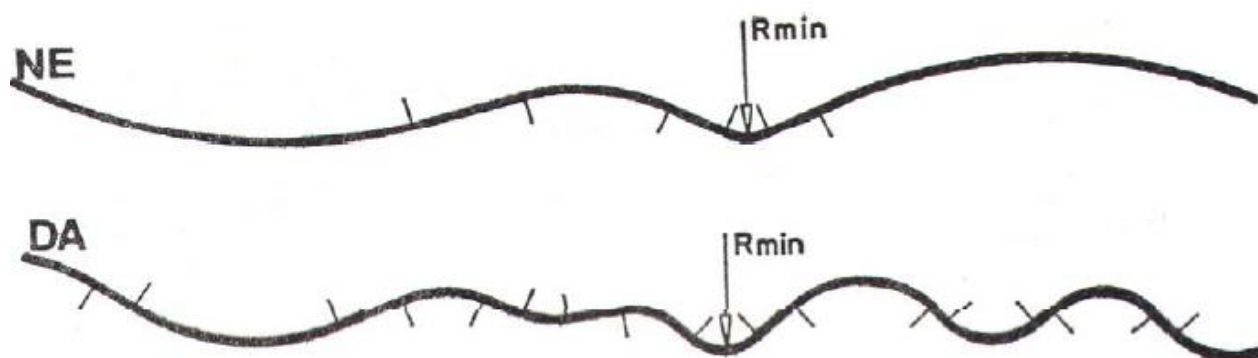
- **istosmjerne krivine sa kratkim međupravcem** – utisak poligonalne osovine puta, vozač istražuje kontinualnu putanju koja odstupa od projektovane trajektorije, fiziološki nepovoljno zbog uzastopne pojave istosmjerne promjene radijalnog ubrzanja - izbjeći projektovanjem složene jajaste krivine ili krivine većeg radijusa
- **kontra krivine sa kratkim međupravcem** – neopravdano, ispravno rješenje kontinualna S kriva
- **neusaglašeni radijusi horizontalnih krivina** stvaraju neskladne likovne efekte, narušena postupnost u promjeni brzine; naročito izraženo kod radijusa $R < 400\text{m}$; tolerantni odnosi se kreću pri odnosu $R_i \leq 1.5R_{i+1}$

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA



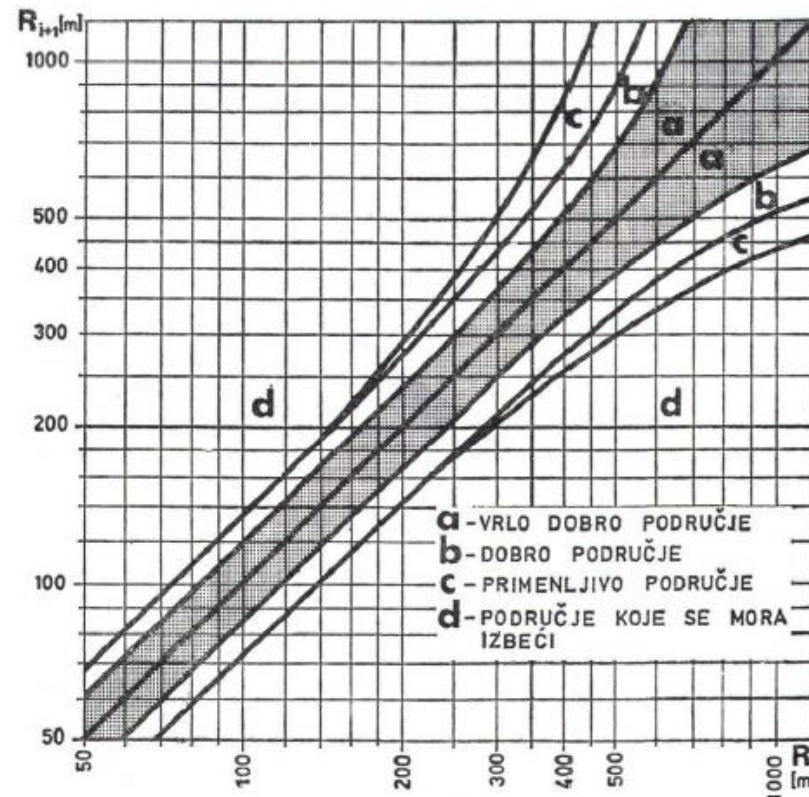
Kontinuitet krivinskih oblika kao uslov za harmoničan tok trase u situacionom planu: a. dvije istosmjerne krivine sa kratkim međupravcem, b. kontinualna krivina većeg radijusa, c. kontinualna S kriva

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA



Primjeri trasa sa usklađenim i neusklađenim elementima horizontalne projekcije

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA

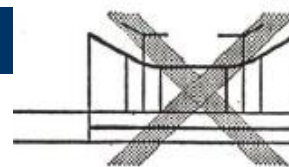


Preporuke za izbor korespodentnih radijusa horizontalnih krivina

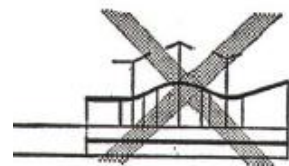
GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA

Primjeri optičkih efekata koji proističu iz odnosa u podužnom profilu:

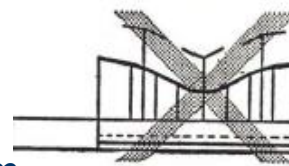
- a. dvije konkavne krivine na bliskom rastojanju;
- b. "gubitak trase" usled učestalih preloma nivelete;
- c. poremećen tok horizontalne krivine "prilagođavanja" nivelete terenu;
- d. ispravno rješenje sa velikom vertikalnom krivinom



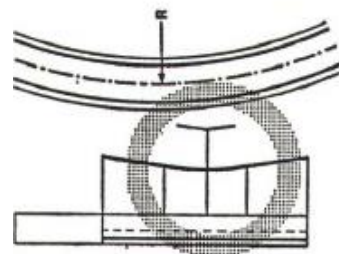
a.



b.



c.



d.



GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA

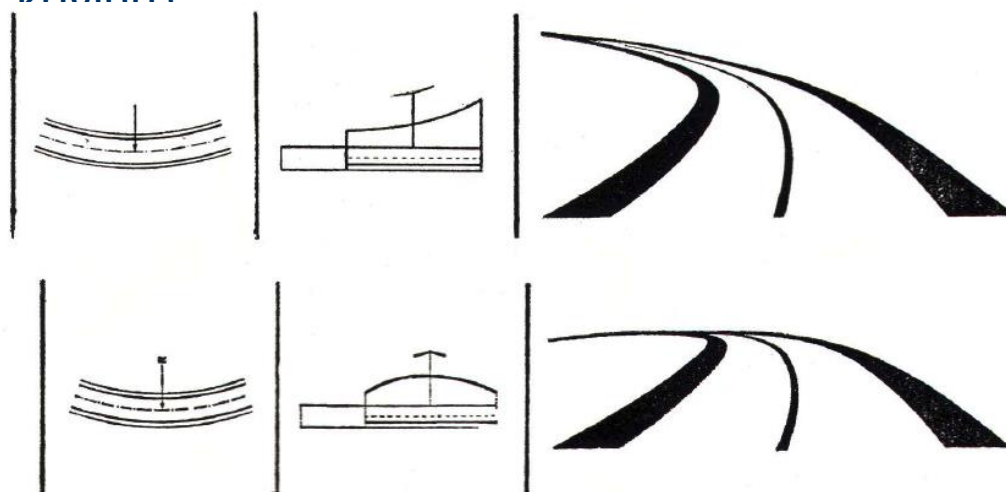
Prostorno usklađenje putnih projekcija

Interna koordinacija elemenata situacionog plana vrši se paralelno sa sagledavanjem uticaja vertikalne projekcije i obrnuto.

- kod trasa koje se u situacionom planu vode kontinualnim krivinskim oblicima jedino ispravno mjesto za prelom nivelete je u središtu kružne krivine; optički kriterijum: konkava otvara prostornu preglednost horizontalne krivine, horizontalna krivina ublažava prostornu nesagledljivost konvekse; konstruktivni kriterijum: nulti nagibi zaobljene nivelete nalaze se u zoni najvećih poprečnih nagiba kolovoza
- zaobljenja preloma nivelete treba obaviti radijusima koji daju dovoljne dužine vertikalnih krivina
- jedna horizontalna krivina ne smije da sadrži više od jednog preloma nivelete

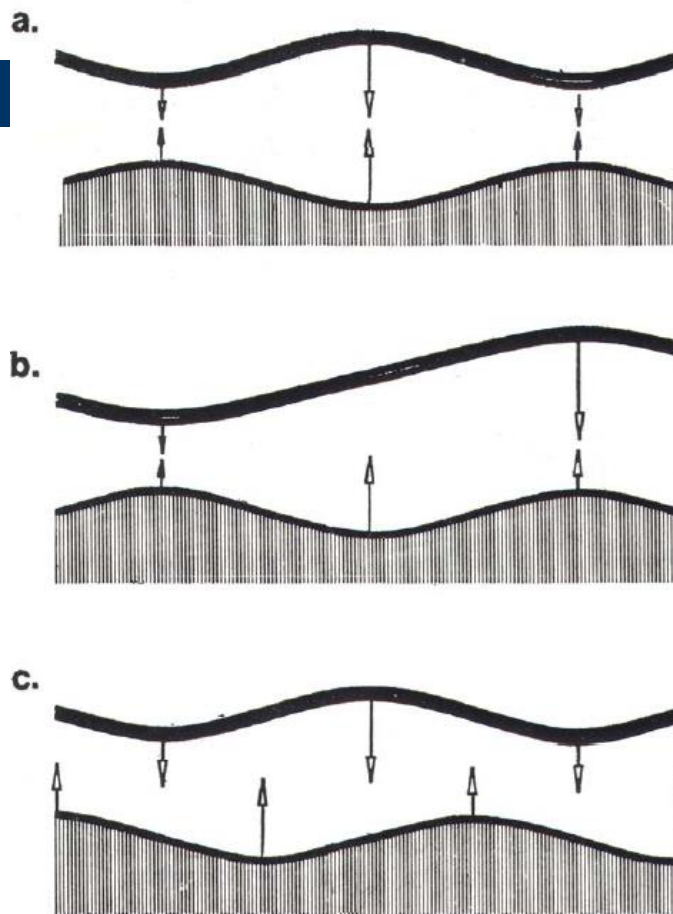
GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA

prelomi nivelete u pravcu se moraju preispitati sa gledišta uticaja sagledljivosti horizontalnih krivina (za konvekse kraj zaobljenja i početak horizontalne krivine treba da budu na rastojanju $L \geq 2 \cdot V_p(m)$, za konkave uticaj zaobljenja ne treba da se prenese u prelaznu krivinu)



Prelom nivelete u središtu kružnog luka

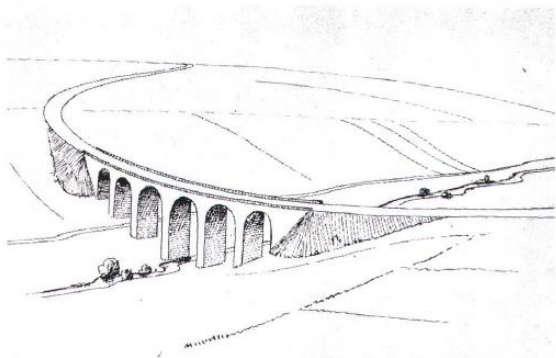
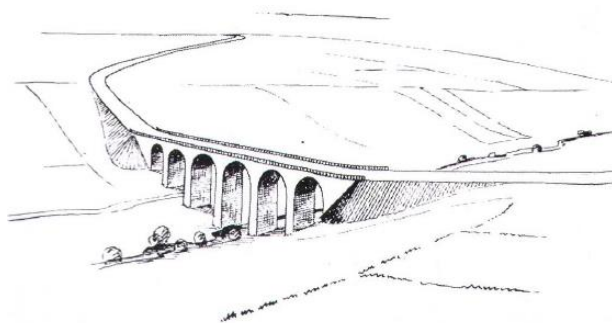
GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA



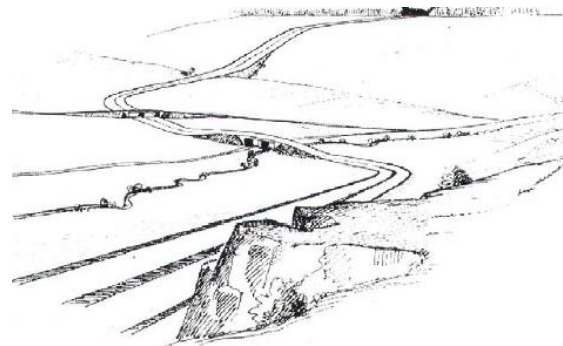
Prostorno usklađenje putnih projekcija

a. zadovoljavajuće; b.korektno; c. nezadovoljavajuće rješenje

GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE PUTA



Prelaz doline pojedinačnim
elementima i jedinstvenim tokom



Trasa preko grbina i uvala sa više
preloma i povoljniji tok