

Na osnovu člana 252. stav (1) tačka 2, a u vezi sa članom 11. Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na cestama u Bosni i Hercegovini ("Službeni glasnik BiH", broj 6/06), ministar komunikacija i prometa Bosne i Hercegovine, u saradnji sa nadležnim tijelima za saobraćaj i unutrašnje poslove, donosi

PRAVILNIK

O OSNOVNIM UVJETIMA KOJE JAVNE CESTE, NJIHOVI ELEMENTI I OBJEKTI NA NJIMA MORAJU ISPUNJAVATI SA ASPEKTA SIGURNOSTI SAOBRAĆAJA

Član 1.

(Predmet Pravilnika)

Ovim Pravilnikom se propisuju osnovni uvjeti koje javne ceste, njihovi elementi i objekti na njima moraju ispunjavati sa aspekta sigurnosti saobraćaja.

Član 2.

(Osnovni uvjeti i njihova primjena)

(1) Osnovni uvjeti iz člana 1. ovog Pravilnika utvrđeni su u Prilogu "Osnovni uvjeti koje javne ceste, njihovi elementi i objekti na njima moraju ispunjavati sa aspekta sigurnosti saobraćaja", koji je sastavni dio ovog Pravilnika.

(2) Pri izradi tehničke (projektne) dokumentacije za izgradnju, obnovu i rekonstrukciju javnih cesta, njihovih elemenata i objekata na njima obavezna je primjena osnovnih uvjeta utvrđenih u Prilogu iz stava (1) ovog člana.

Član 3.

(Izuzeci od primjene)

Za javne ceste se izuzetno mogu primjeniti vrijednosti koje odstupaju od graničnih minimalnih i/ili maksimalnih vrijednosti predviđenih ovim Pravilnikom samo uz posebno dokumentovano obrazloženje.

Član 4.

(Prijelazne odredbe)

Tehnička (projektna) dokumentacija za izgradnju, obnovu i rekonstrukciju javnih cesta koja je izrađena ili čija je izrada započeta prije stupanja na snagu ovog Pravilnika, može se prihvatiti, odnosno završiti prema odredbama Pravilnika o osnovnim uvjetima koje javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju da ispunjavaju sa gledišta sigurnosti saobraćaja ("Službeni glasnik SFRJ", broj 35, 1981. godina), ako bi se, zbog izmjene te dokumentacije u svrhu njenog usklađivanja sa ovim Pravilnikom, izgradnja, obnova, odnosno rekonstrukcija javne ceste, za koji je tehnička (projektna) dokumentacija izrađena ili je u toku, morala odložiti na duže vrijeme.

Član 5.

(Provedba Pravilnika)

Radi detaljnije razrade pojedinih odredbi ovog Pravilnika koje se odnose na tehničke uvjete za projektovanje objekata, funkcionalnih elemenata i površina ceste i drugo, ministar komunikacija i prometa Bosne i Hercegovine može donositi uputstva za primjenu ovog Pravilnika.

Član 6.

(Prestanak primjene propisa)

Danom stupanja na snagu ovog Pravilnika prestaje da važi pravilnik o osnovnim uvjetima koje javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju da ispunjavaju sa gledišta sigurnosti saobraćaja u Bosni i Hercegovini.

Član 7.

(Objavljivanje i stupanje na snagu)

Ovaj Pravilnik stupa na snagu 01.01.2008. godine, a objavljuje se u "Službenom glasniku BiH" i službenim glasilima entiteta i Brčko Distrikta Bosne i Hercegovine.

Broj 01-02-2-328-16/07
8. februara 2007. godine
Sarajevo

Ministar
dr. **Branko Dokić**, s. r.

OSNOVNI UVJETI KOJE JAVNE CESTE, NJIHOVI ELEMENTI I OBJEKTI NA NJIMA MORAJU ISPUNJAVATI SA ASPEKTA SIGURNOSTI SAOBRAĆAJA

1. PODJELA JAVNIH CESTA

Javne ceste se dijele prema različitim osnovama i parametrima.

1.1. Podjela prema društvenom i privrednom značaju

Prema Zakonu o osnovama sigurnosti saobraćaja na cestama u Bosni i Hercegovini (u daljem tekstu: Zakon), kao i važećim zakonima o javnim cestama, javne ceste se, zavisno od njihovog društvenog i privrednog značaja, dijele na:

- magistralne ceste,
- regionalne ceste,
- lokalne ceste i
- ulice u naseljima.

1.2. Podjela prema vrsti saobraćaja

Prema vrsti saobraćaja kome su namijenjeni, javne ceste se dijele na:

- ceste za saobraćaj motornih vozila i
- ceste za mješoviti saobraćaj.

Ceste za saobraćaj motornih vozila namijenjeni su isključivo za vozila koja se smatraju motornim vozilima, u smislu člana 9. tačka 10. Zakona.

Ceste za mješoviti saobraćaj namijenjeni su za kretanje svih vrsta vozila i drugih učesnika u saobraćaju (motorna i zapežna vozila, radna vozila, biciklisti, pješaci i dr).

1.2.1. Ceste za saobraćaj motornih vozila

Ceste za saobraćaj motornih vozila se dijele na:

- autoceste i
- brze ceste.

Autocesta je javna cesta posebno izgrađen i namijenjen isključivo za saobraćaj motornih vozila, koji je označen propisanim saobraćajnim znakom i ima dvije fizički odvojene kolovozne trake za saobraćaj iz suprotnih smjerova, bez ukrštanja sa drugom cestom ili željezničkom ili tramvajskom prugom u nivou i u čiji se saobraćaj može uključiti, odnosno isključiti samo određenim i posebno izgrađenom priključnom javnom cestom na odgovarajuću kolovoznu traku.

Brza cesta je javna cesta posebno izgrađena i namijenjena isključivo za saobraćaj motornih vozila, koji je označen propisanim saobraćajnim znakom i ima dvije fizički odvojene kolovozne trake za saobraćaj iz suprotnih smjerova, bez zaustavnih traka, bez ukrštanja sa drugim cestama ili željezničkom ili tramvajskom prugom u nivou i u čiji se saobraćaj može uključiti, odnosno isključiti samo određenom i posebno izgrađenom priključnom javnom cestom na odgovarajuću kolovoznu traku.

Broj saobraćajnih traka i izbor poprečnog profila cesta za saobraćaj motornih vozila zavise od saobraćajnog opterećenja za određeni planski period. Autoceste i brze ceste se mogu graditi po fazama s tim da se izgrađena prva faza smatra brzom cestom.

1.3. Podjela prema saobraćajnoj funkciji

Saobraćajne funkcije ceste su: priključivanje na ceste za veće udaljenosti, povezivanje centara, prikupljanje i osiguranje pristupa. Saobraćajna funkcija ceste se obavlja između polarne i ciljne tačke, koje su određene pojedinim urbanim sredinama ili centrima, pri čemu se oni razlikuju po složenosti i intenzitetu saobraćajnih potreba.

Prema saobraćajnoj funkciji, javne ceste se dijele na:

- daljinske ceste za povezivanje glavnih (državnih) centara i centara entiteta, kao i centara izvan države,
- vezne ceste za povezivanje centara entiteta ili kantona i sekundarnih (općinskih) centara sa ciljem izjednačavanja urbanih aglomeracija,
- sabirne ceste za prikupljanje saobraćajnih tokova sa ciljem udruženog vođenja do sekundarnih (općinskih) centara i centara entiteta i kantona i njihove raspodjele i
- pristupne ceste za pristup pojedinim zatvorenim prostornim jedinicama i pojedinim lokacijama, odnosno opsluživanje namjene površina u neposrednom okruženju ceste.

1.4. Podjela prema prostornoj funkciji

Prostorna funkcija se definiše na osnovu lokacije u prostoru (izvan, kroz ili unutar naselja), gustine izgrađenosti u urbanom prostoru i veličine, značaja i dimenzija urbanog centra.

Prema prostornoj funkciji, javni ceste se dijele na:

- javne ceste bez zgrada uz cestu, izvan naselja,
- javne ceste bez zgrada uz cestu, unutar naselja,
- javne ceste sa zgradama uz cestu, izvan naselja i
- javne ceste sa zgradama uz cestu, unutar naselja.

1.5. Tehnička podjela cesta

S obzirom na način funkcioniranja ceste, elementi ceste se dimenzioniraju:

- u odnosu na vožno-dinamičke uvjete (uvjete konstantne brzine i neometane prijevoznosti) ili
- u odnosu na karakteristično vozilo (osiguranje prijevoznosti bez obzira na vožno-dinamičke uvjete).

Prema načinu funkcioniranja ceste, odnosno načinu dimenzioniranja, javnih cesta se dijele na sljedeće tehničke grupe:

- A (povremena upotreba, dimenzioniranje prema vožno-dinamičkim uvjetima),
- B-izvan naselja (periodična upotreba, dimenzioniranje prema vožno-dinamičkim uvjetima),
- B-unutar naselja (česta upotreba, dimenzioniranje prema vožno-dinamičkim uvjetima),
- C (pretežno stalna upotreba, dimenzioniranje prema vožno-dinamičkim uvjetima) i
- D (stalna upotreba, dimenzioniranje prema osiguranju prijevoznosti)

1.6. Podjela prema saobraćajnom opterećenju

Prema veličini saobraćajnog opterećenja na kraju planskog perioda, izraženog prosječnim godišnjim dnevnim saobraćajem (PGDS), javne ceste se dijele na 7 razreda (tabela 1).

Tabela 1. Podjela javnih cesta prema saobraćajnom opterećenju

Razred ceste	PGDS [vozil/dan]
I	> 12.000
II	8.000-12.000
III	6.000-8.000
IV	4.000-6.000
V	2.500-4.000

Razred ceste	PGDS [voz/dan]
VI	1.001-2.500
VII	<1.000

Velikina i struktura saobraćajnog opterećenja, za određeni planski period, se utvrđuju prema poglavlju Saobraćaj, dio Saobraćajno opterećenje.

1.7. Određivanje kategorije ceste

Po pravilu se usvaja najviša kategorija ceste koja se dobije primjenom kriterijuma iz tabele 2.

Tabela 2. Određivanje mjerodavne kategorije ceste

Tehnička grupa	Vrsta saobraćaja	Društveni i privredni značaj	Velikina saobraćaja (PGDS) [voz/dan]	Saobraćajna funkcija	Srednja dužina putovanja [km]
A	motorni	magistralni	>12.000	daljinski	>100
B-travan naselja	mješoviti i motorni		8.001-12.000		50-100
B-ostala naselja	mješoviti		6.001-8.000	vremi	25-50
			4.001-6.000		10-30
C		regionalni	2.501-4.000	skupni	5-20
		lokalni	1.001-2.500		5-10
D		lokalni	<1.000	pristupni	<5

Određivanje kategorije ceste kao osnovnog podatka prema kome se u daljem postupku utvrđuje mjerodavna brzina (predviđena ili projektna), a preko nje i osnovni elementi poprečnog profila, situacionog plana i podužnog profila, provodi se uzimajući u obzir sve kriterijume od 1.1. do 1.6.

2. SAOBRAĆAJ

2.1. Učesnici u saobraćaju

Učesnici u saobraćaju na cesti su:

- motorna vozila sa vozačima i putnicima u vozilima,
- biciklisti,
- pješaci i
- ostali učesnici (traktori, specijalna, vojna i nemotorna vozila sa vozačima i putnicima).

Učesnici u saobraćaju mogu da koriste iste ili odvojene saobraćajne površine. Upotreba istih ili odvojenih saobraćajnih površina se određuje na osnovu karakteristika određene kategorije ceste, koji proizilaze iz njegove osnovne saobraćajne funkcije.

Ako je cesta izgrađena sa odvojenim saobraćajnim površinama za različite učesnike, prijelazi između površina moraju biti detaljno projektovani, a prilikom paralelnog upravljanja saobraćajnim tokovima u obzir se uzimaju odgovarajuće udaljenosti u zavisnosti od brzine kretanja vozila na kolovozu (rakitna/sigurna širina).

2.1.1. Motorna vozila

Motorna vozila su mjerodavna za određivanje dimenzija ceste i njegovih dodatnih uređenja. Dimenzije motornih vozila i njihove sposobnosti manevriranja su prikazane u tabeli 3.

Tabela 3. Dimenzije vozila i njihova sposobnost manevriranja

Vrsta prijevoznog sredstva	Dimenzije vozila [m]			Radijus vanjskog loka okretanja R_{vanj} [m]
	dužina	širina	visina	
bicikl sa motorom	1,80	0,60	1,00 ¹	3,00
motocikl	2,25	0,70	1,00 ¹	3,00
tipičan automobil	4,70	1,75	1,50	5,80
mali automobil	3,80	1,60	1,40	5,30
veliki automobil	5,15	1,90	1,60	6,00
međuvrsto putničko vozilo	4,70	2,10	1,70	5,80
kombi vrsto vozilo	5,00	2,10	2,30	6,20
teretna vozila				
mala teretna vozila	6,00	2,30	2,30 ²	6,20
tipično dvosovinsko teretno vozilo	8,50	2,50 ³	3,00 ²	9,60
tipično trosovinsko teretno vozilo	10,00	2,50 ³	3,00 ²	9,80
teretno vozilo sa prikolicom,	16,00	2,50 ³	4,00	12,50
polu-prikolicom, vozilo sa prikolicom	16,50	2,50 ³	4,00	12,00
vozilo za odvoz otpada				
tipično dvosovinsko vozilo	7,70	2,50	3,30 ²	
tipično trosovinsko vozilo	10,50	2,50	3,30 ²	
varijabilno vozilo	6,80	2,50	2,80 ²	9,25
varijabilno vozilo sa međuvrstama	12,00	2,50	3,50	10,50
tipičan autobus I	11,00	2,50 ³	2,95	10,25
tipičan autobus II	11,50	2,50 ³	2,95	11,00
tipičan međugradski autobus	12,00	2,50 ³	3,10/3,45 ⁴	11,40
tipičan autobus sa zglobov	18,00	2,50 ³	2,95	12,00
traktor sa prikolicom	9,20	1,80	3,50	4,50

¹ sa vazačem i potnikom 2,0 m² visina kabine za vozača³ sa stepenicom 2,95 m⁴ autobusi sa dva sprata

Teretno vozilo, širine 2,50 m i visine 4,00 m upotrebljava se za određivanje standardne širine voznih traka i visine profila ceste na javnim cestama. Za ceste malog saobraćajnog opterećenja i ceste za posebne namjene (nestandardne ceste) u obzir se uzimaju najveća vozila koja su tipična za predmetnu cestu.

Proširenje voznih traka na određenom putu se definiira u odnosu na udaljenost između osovina vozila koje je tipičan korisnik predmetne ceste.

2.1.2. Ostali učesnici u saobraćaju

Prilikom određivanja dimenzija površina za kretanje biciklista u obzir se uzimaju: dužina 2,00 m, širina 0,75 m i visina 2,25 m, sa prosječnom brzinom kretanja koja iznosi 12 km/h.

Prilikom određivanja dimenzija pješačkih površina u obzir se uzima profil širine 0,75 m i visine 2,25 m, sa prosječnom brzinom hodanja koja iznosi 4,3 km/h. Za dimensioniranje pješačkih površina u obzir se dodatno uzimaju dimenzije dječjih kolica, i to: dužina 1,10 m, širina 0,55 m i visina 1,00 m, kao i dimenzije invalidskih kolica, i to: dužina 1,50 m, širina 1,20 m i visina 1,50.

Minimalne dimenzije nemotoriziranih prijevoznih sredstava su navedene u tabeli 4.

Tabela 4. Dimenzije nemotorizovanih prijevoznih sredstava i njihova sposobnost manevriranja

Vrsta prijevoznog sredstva	Dimenzije vozila [m]			Radijus vanjskog loka okretanja R_{vanj} [m]
	dužina	širina	visina	
dječja kolica	1,10	0,55	1,00 ¹	1,00
invalidska kolica	1,25	0,85	1,10 ¹	2,80
bicikl	1,85	0,60	1,00 ¹	3,00

¹ sa korisnikom 2,0 m

2.2. Saobraćajno opterećenje

2.2.1. Podaci o saobraćaju

Standardni metod vođenja podataka o saobraćajnom opterećenju na cestama predstavlja prosječan godišnji dnevni saobraćaj (PGDS), koji se odnosi na određenu dionicu ceste. PGDS se određuje brojanjem saobraćaja ili na osnovu saobraćajne studije. Ukoliko cesta nije u upotrebi određeni broj dana u godini, prosjek se računa za period u kojem je cesta bila u upotrebi i time definiira prosječan dnevni saobraćaj (PDS).

Podatke potrebne za planiranje, projektovanje, eksploataciju i održavanje ceste potrebno je prikupiti:

- za ceste: brojanjem saobraćaja na određenim tačkama na cesti u neprekidnom vremenskom intervalu (automatski tokom čitave godine ili između 6.00 i 22.00 časa ili u odabranim časovima tokom karakterističnih dana) ili izradom saobraćajne studije i/ili kompjuterske simulacije;
- za raskrsnice: brojanjem saobraćaja u smjerovima vožnje na raskrscima po časovima, s tim da se u vršnim časovima saobraćajni tokovi mogu razdvajati na 15-o minutne, odnosno 5-o minutne intervale u toku časa brojanja ili izradom saobraćajne studije i/ili kompjuterske simulacije.

Podaci koji se odnose na PGDS i PDS se upotrebljavaju za:

- utvrđivanje potreba i prioriteta u vezi sa održavanjem cesta,
- utvrđivanje prioriteta u vezi sa obnovom i rekonstrukcijom postojeće cestovne mreže,
- planiranje cestovne mreže i određivanje optimalnih trasa za nove ceste,
- utvrđivanje potreba i zahtjeva novih cesta i
- utvrđivanje mjera koje se odnose na upravljanje saobraćajem.

Podaci o saobraćajnom opterećenju, uključujući veličinu i vrste motornog cestovnog saobraćaja, broj osovina, težinu i dimenzije teretnih vozila, upotrebljavaju se za:

- projektovanje saobraćajnih površina s obzirom na tehničke uvjete i minimalne dimenzije geometrijskih elemenata,
- dimenzionisanje kolovozne konstrukcije i mostovskih konstrukcija,
- analiziranje utjecaja teretnih vozila na propusnu moć ceste,
- uspostavljanje režima saobraćaja i
- postavljanje saobraćajnih ograničenja.

Podaci dobijeni brojanjem na otvorenoj dionici ceste ili na dionici u urbanom području, upotrebljavaju se za određivanje:

- saobraćajnog opterećenja na pojedinim smjerovima,
- saobraćajnog opterećenja u toku dana i
- raspodjele vozila na pojedine kategorije (struktura vozila).

Podaci o raspodjeli saobraćaja po smjerovima i strukturi vozila upotrebljavaju se za:

- analiziranje propusnosti,
- planiranje režima saobraćaja (jednosmjernje ceste ili ulice, ograničenja saobraćaja, itd),
- određivanje potreba za parkiralištima i
- utvrđivanje efikasnosti određenih mjera na cestama i raskrsnicama.

Podaci o saobraćaju dobijeni brojanjem na raskrsnicama upotrebljavaju se za određivanje:

- veličine saobraćaja koji ulazi u područje raskrsnice,
- veličine saobraćaja koji teče u određenom smjeru kroz raskrsnicu,
- količine saobraćaja za vrijeme određenih vremenskih intervala u toku dana i
- strukture saobraćaja.

Podaci o saobraćaju koji se odnose na vremenske intervale kraće od jednog sata mogu da se upotrebljavaju za:

- analiziranje promjena u saobraćaju u vrijeme vršnog opterećenja,
- utvrđivanje smanjene propusnosti saobraćajnih površina i
- utvrđivanje karakteristika saobraćaja u vrijeme vršnog opterećenja.

Saobraćajno opterećenje utvrđeno u periodu vršnog opterećenja se upotrebljava za:

- određivanje propusnosti određene ceste,
- utvrđivanje potreba, planiranje i tačno određivanje vrste i položaja opreme saobraćajnih površina,
- utvrđivanje potreba za parkiranjem, okretanjem i zaustavljanjem i
- projektovanje cesta, odnosno određivanje broja i širine saobraćajnih i ostalih traka, potrebe za dodatnim mjerama (kanalisanje saobraćajnih tokova, itd).

Podaci o saobraćajnom opterećenju tokom čitave godine se upotrebljavaju za:

- saobraćajna predviđanja,
- analize isplativosti, odnosno opravdanosti,
- analize opće saobraćajne sigurnosti i
- rješavanje specifičnih problema koji se odnose na saobraćajna opterećenja.

2.2.2. Struktura vozila

Struktura vozila u saobraćaju, s obzirom na brojanje i statističku obradu, se utvrđuje prema sljedećim osnovnim kategorijama:

- MC motocikli,
- PV putnička vozila sa i bez prikolice,
- BUS autobusi sa i bez prikolice, autobusi sa zglobovima,
- LT lahka teretna vozila sa i bez prikolice (do 3,5 t),
- ST srednje teška teretna vozila (između 3,5 t i 8 t),
- TT teška teretna vozila (preko 8 t),
- TP teška teretna vozila sa prikolicom i
- TTP teška teretna vozila sa polu-prikolicom (autovozovi),

i dopunskim kategorijama (statistička-alternativna):

- PT poljoprivredni traktori,
- SV specijalna i vojna vozila i
- BK bicikli.

Za potrebe saobraćajnog dimensioniranja cesta prema metodologiji u Priručniku o kapacitetu puteva (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, D.C., SAD,

2000), vozila u saobraćajnom toku se dijele na slijedeće kategorije za koje se određuje njihov broj i udio (%):

- PV putnička vozila,
- A autobuse,
- LK lahke kamione i
- TK teške kamione.

U slučaju, da se prilikom dimenzioniranja saobraćaja upotrebljava samo termin "teška vozila", u ovu kategoriju se uključuju sva teretna vozila i autobusi, a lahki kamioni se uključuju u kategoriju putničkih vozila.

Za potrebe saobraćajnog dimenzioniranja novih i/ili analiziranja saobraćajnih uvjeta postojećih raskrsnica, vozila u saobraćajnom toku se klasifiriraju kao:

- PV putnička vozila,
- A autobusi,
- TV teretna vozila i
- TTP autovozove i teretna vozila sa prikolicom.

Saobraćajni tok vozila se, u tom slučaju, iskazuje u jedinicama putničkih vozila na sat (JPV/h). Standardne vrijednosti zamjene za proračun JPV iznose:

- za putnička vozila 1,
- za autobuse 2 i
- za autovozove i kamione sa prikolicom 3,5.

2.2.3. Mjerodavno saobraćajno opterećenje

Za projektovanje ceste mjerodavna je veličina saobraćajnog toka na kraju planskog razdoblja, ukoliko iz opravdanih stručnih razloga projektnim zadatkom nije određeno drugačije.

Prilikom saobraćajnog dimenzioniranja cesta u obzir se uzima:

- mjerodavno časovno saobraćajno opterećenje za dimenzioniranje ceste $Q_{h, \text{mjer}}$ i
- mjerodavno 15-o minutno saobraćajno opterećenje za dimenzioniranje raskrsnice $Q_{15, \text{mjer}}$.

U oba slučaja mjerodavno saobraćajno opterećenje iskazuje se ili kao broj vozila po času (voz-h) ili kao broj jedinica putničkih vozila po času (JPV/h). U obzir se uzima i odgovarajući faktor vršnog časa (FVC), koji predstavlja osciliranje saobraćajnog toka unutar tog sata. U slučaju brojanja, FVC se izračunava za svaki smjer posebno, odnosno po ograncima, trakama ili krakima raskrsnice.

2.2.4. Način dobijanja podataka o saobraćaju

Način dobijanja podataka o saobraćaju kao i izvor podataka moraju biti naznačeni u projektnom zadatku. Prihvatljivi su slijedeći načini dobijanja podataka o saobraćaju:

- brojanje i mjerenje (ručno, automatsko),
- saobraćajne studije i/ili kompjuterske simulacije i
- stručna procjena.

Za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja podaci o saobraćaju se utvrđuju saobraćajnom studijom i/ili kompjuterske simulacije. Za sve ostale ceste saobraćajno opterećenje se može odrediti na osnovu raspoloživih podataka o brojanju saobraćaja i stručnom procjenom, sa predviđivim godišnjim porastom, a bez posebnih istraživanja.

Kod proračuna propusne moći cestovnog profila utvrđuje se mjeraodavno saobraćajno opterećenje $Q_{h, \text{max}}$ (broj vozila u n-tome času). Kada je „n“ za pojedinu vrstu cesta ili zvanično propisan ili definiran u projektnom zadatku, on se određuje saobraćajnom studijom.

Ukoliko određivanje $Q_{h, \text{max}}$ putem saobraćajne studije nije propisano, niti je zatraženo projektnim zadatkom, mjeraodavno saobraćajno opterećenje može se odrediti preko faktora n-tog časa (FNC) i PGDS-a.

$$Q_{h, \text{max}} = \text{FNC} \cdot \text{PGDS}$$

Za pojedine vrste cesta FNC su dati u tabeli 5. Vrijednosti, navedene u tabeli, se primjenjuju u zavisnosti od saobraćajnog i ekonomskog karaktera pojedine ceste u skladu sa stručnom procjenom. Stručna procjena i njena opravdanost sastavni su dio odgovarajuće projektne dokumentacije.

Tabela 5. Okvirne vrijednosti FNC u procentima PGDS

Vrsta ceste	FNC (% PGDS)
Ceste za daljinsko povezivanje	12-16
mošagrafske ceste (izvan naselja)	10-14
prigradske ceste (i daljinske)	9-11
gradske ceste (osim pristupnih)	8-10

Na cestama sa različitim (karakterističnim) godišnjim i dnevnim oscilacijama u saobraćaju, $Q_{h, \text{max}}$ mora biti posebno stručno određeno unutar projektne dokumentacije (sezonski saobraćaj, turističke ceste, ulice).

Na cestama sa izraženim sezonskim saobraćajem, ukoliko obim saobraćaja u sezoni prijelazi prosječnu vrednost za više od 50 %, prikupljanje saobraćajnih podataka i proračuni protoka se izvode odvojeno za sezonski i vansezonski obim saobraćaja. Zbog ekonomičnosti izgradnje preporučuje se, da se, u sezonskom periodu, u obzir uzme niži nivo usluge od zadatog ili 10-20 km/h niža brzina putovanja od planirane na određenoj cesti. Ova preporuka se može primijeniti na ceste sa više saobraćajnih traka sa razdvojenim kolovozima (autoceste i brze ceste) samo u ekstremnim slučajevima i uz posebno dokumentovano obrazloženje.

2.2.5. Planski period

Geometrijski projekat novih cesta razvija se na prognozi mjeraodavnog saobraćajnog opterećenja za period 20 godina posle završetka izgradnje ceste. Prognozirano opterećenje dobija se saobraćajnom studijom, analiziranjem sadašnjeg obima saobraćaja i definiranjem parametara koji utječu na (obično godišnji) stupanj povećanja saobraćajnog opterećenja do kraja planskog razdoblja (saobraćajne prognoze).

U opravdanim slučajevima, naročito kada je u trasi ceste predviđena izgradnja tunela (praktično nemoguće uvećanje profila u tunelu), preporučuje se da se u obzir uzme period duži od 20 godina. Produženje planskog razdoblja mora prethodno da odobri investitor, te ono mora biti navedeno u projektnom zadatku.

Kada se radi o rekonstrukciji ili potpunoj sanaciji ceste ili glavne raskrsnice, plansko razdoblje za određivanje mjeraodavnog saobraćajnog opterećenja iznosi 10 godina po završetku predviđenih radova, ukoliko investitor ili nadležno tijelo ne odrede duži period.

Ukoliko se izvode druge vrste mjera (obnova, poboljšanje pojedinih sastavnih dijelova trupa ceste) plansko razdoblje može biti i kraće, ali ne manje od 5 godina po završetku primjene mjera.

Ukoliko se izgradnja ceste vrši u farama, projektom se predviđaju mjere, kojima će se osigurati nesmetano funkcionisanje naprava za odvodnjavanje u toku trajanja određene faze.

Nije dozvoljena primjena nikakvih mjera u vezi sa poprečnim profilom ceste koje bi umanjile sigurnost saobraćaja. Vijek trajanja pojedine faze utvrđuje se proračunom propusnosti.

2.3. Propusna moć ceste

Propusna moć ceste predstavlja maksimalnu količinu vozila u saobraćajnom toku pri kojoj određena vrsta ceste osigurava određeni nivo usluge.

Kriterijum za odvijanje cestovnog saobraćaja se utvrđuje na osnovu nivoa usluge (NU) koji se određuje u zavisnosti od mjera uspjehnosti različitih vrsta cesta (tabela 6). NU se određuje u odnosu na ometanje vozila u saobraćajnom toku (koncentracija saobraćajnog toka) i u skladu sa prosječnom brzinom kretanja. Za izračunavanje propusnosti i određivanje NU upotrebljava se Priručnik o kapacitetu cesta (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, D.C., SAD, 2000). Metodologijom je definirano 6 nivoa usluge, i to: od A do E (prihvatljivo) i F (neprihvatljivo-zastoji). Upotrebu drugih metoda treba posebno obrazložiti.

Tabela 6. Mjere uspjehnosti različitih vrsta cesta (kvantitativni pokazatelji za određivanje NU)

Cesta ili vrsta saobraćaja	Mjera uspjehnosti
Autocesta, osmorojna dionica	gustina [IPV/km/saob. traku]
autocesta, deštna dionica	prosječna brzina kretanja [km/h]
Autocesta, priključci	tok [IPV/h]
cesta sa višom saobraćajnom trakom	gustina [IPV/km/saob. traku] prosječna brzina kretanja [km/h]
Cesta sa dvije saobraćajne trake	procenat kašnjenja [%] tok [IPV/h]
asimetrizirane raskrsnice	prosječno kašnjenje usljed zaustavljanja [s/vozilo] nivo zasićenja pojedinih smjerova X [%]
nemasimetrizirane raskrsnice	broj vozila u redu u pojedinim smjerovima [vozilo] i dužina reda [m]
gradske ulice	prosječna brzina kretanja [km/h]
stanica za naplatu cestarine	tok [IPV/h] procenat kašnjenja [%]
gradski prijelaz potoka	stepa zadržavanja [osoba/izlazak]
Pjotaci	raspoloživi prostor [m/pjotak]

Kapacitet ceste, na granici između NU E i F, predstavlja maksimalan obim saobraćajnog toka pri kome se na cesti još ne pojavljuju zastoji. Ovaj kapacitet je karakterističan po veoma niskoj prosječnoj brzini kretanja, koja je, naročito na cestama sa višom saobraćajnom funkcijom, prema pravilu, niža od propisane za ceste viših kategorija.

2.3.1. Definirani nivo usluge

Izgradnja nove ceste ili raskrsnice ili rekonstrukcija postojeće ceste ili raskrsnice se projektuje na osnovu elemenata, kojima se za tu cestu ili tu raskrsnicu osigurava postizanje definiranog NU na kraju planskog perioda (tabela 7).

Tabela 7. Preporučeni i minimalan NU zavisnosti od funkcije ceste na kraju planskog perioda

Funkcija ceste	Preporučeni NU	Minimalan NU
daljinska cesta	B	D
većna cesta	C	E
subina cesta	D	E
pristupna cesta	D	E

Nivo usluge je društveno definirana vrijednost, koja odražava saobraćajnu funkciju i aspekt ekonomičnosti cestovnog prometa. Za pojedine kategorije ceste se utvrđuje navodom u upravnom aktu države i/ili entiteta. Do uvođenja tog akta primjenjuju se vrijednosti definirane u ovom dokumentu.

Pokazatelji nivoa usluge na cestama sa razdvojenim kolovozima, priključcima i raskrsnicama su stepeni NU (A-E i F), dok je prosječna brzina kretanja pokazatelj nivoa usluge na kolovozima sa jednom i dvije saobraćajne trake.

Na kompletnoj saobraćajnoj dionici, odnosno odsječku ceste sa približno istom veličinom i strukturom saobraćaja, treba osigurati dovoljna propusna moć i zadati nivo usluge. Odstupanje od prethodnog stava može se dozvoliti samo u slučaju ako se primjenom analize "troškovi-koristi" dokaže da je to opravdano, s tim da mjerođavno saobraćajno opterećenje na kraju planskog perioda ne pređe propusnu moć ceste (nivo usluge E). Mjerođavno saobraćajno opterećenje ceste se određuje na osnovu odgovarajućeg vrlnog opterećenja (uobičajeno 100-ti sat prognozirano saobraćaja).

2.3.2. Saobraćajna analiza elemenata ceste

Analizom nivoa usluge, prema kvantitativnim pokazateljima, provode se sljedeće radnje:

- provjera izbora strukture i veličine elemenata ceste u poprečnom profilu, te geometrijskih elemenata osovine ceste u vidu zadovoljavanja zadatih ili izabranih parametara vođenja,
- upoređenje varijanti,
- donošenje odluke o mogućim intervencijama u situacionom planu i podužnom profilu sa ciljem uvećanja eksploatacionih efekata (dodatne trake, ukrštanja van nivoa, smanjenje eksploatacionih troškova vozila i sl.) i
- donošenje odluke o mogućim redukcijama elemenata u situacionom planu i podužnom profilu sa ciljem uvećanja ekonomičnosti građenja ceste (prilagođavanje elemenata ceste stvarnim saobraćajnim potrebama).

Nivo usluge se analizira za:

- otvorenu trasu (na odabranoj dionici),
- pojedine uspone (podužni nagib uspona i relevantna dužina),
- priključke (na razdvajanju, priključku, traci za prestrojavanje) i
- raskrsnice.

Ukoliko se na osnovu analize kvantitativnih pokazatelja NU dobiju vrijednosti koje su znatno niže od definiranih za odgovarajuću kategoriju ceste, potrebno je ili korigiranje niveleta ili uvođenje dodatnih saobraćajnih traka na određenoj dionici, i to: na usponima ili na dionici sa uvećanim obimom saobraćajnog toka između dvije raskrsnice.

Ukoliko se na osnovu proračuna osnovnih pokazatelja NU za dvotračne dvosmjerne ceste dobiju vrijednosti koje su vrlo malo niže od definiranih, traženi NU se može postići povećanjem dimenzija geometrijskih elemenata osovine ceste ili promjenom dimenzija elemenata u poprečnom profilu ceste (širina traka, udaljenost bočnih smetnji).

Potreba za dodatnom saobraćajnom trakom na usponu definiira se analizom kvantitativnih pokazatelja nivoa usluge, koji moraju biti isti kao i za trasu ceste bez uspona. Kod provjeravanja nivoa usluge na dionici ceste na kojoj je planirana dodatna saobraćajna traka za sporu vođnju, u podacima o saobraćaju (za pojedine smjerove u slučaju ceste sa razdvojenim kolovozima po smjerovima) oduzima se broj, odnosno postotak teških vozila, koja se kreću dodatnom trakom.

Analiza nivoa usluge predstavlja obaveznu komponentu tehničkog izvještaja u:

- planerskim studijama,
- fazi generalnog projekta i
- fazi izrade idejnog projekta.

Analiza nivoa usluge u glavnom/izvođačkom projektu obavezno se izvodi u slučajevima dodatnih intervencija u projektu kao posljedice obaveza prihvaćenih u fazi donošenja odluke o odgovarajućoj planskoj dokumentaciji.

3. OSNOVE ZA ODREĐIVANJE DIMENZIJ ELEMENATA CESTA

Elementi cesta za saobraćaj motornih vozila i cesta za mješoviti saobraćaj određuju se prema potrebama saobraćaja motornih vozila, odnosno dimenzioniraju se na osnovu vozno-dinamičkih parametara.

Izbor uvjeta za određenu cestu se vrši isključivo unutar pojedine tehničke grupe. Mogući izuzeci, koji su posljedica nepredviđene ili neodređene namjene zemljišta, moraju biti predviđeni projektnim zadatkom i stručno prikazani u projektu.

Osnovni polazni uvjeti se ne smiju mijenjati prilikom izbora pojedinih geometrijskih ili tehničkih elemenata osovine ceste i kolovoza.

Za saobraćajno najzahtjevnije ceste (tehničke grupe A i B-izvan naselja), odredbe koje se odnose na uklađenost geometrijskih elemenata se ne smiju zanemariti.

Skromniji polazni uvjeti se upotrebljavaju bez posebnih obrazloženja ukoliko se projektuju ceste (ulice) u gustom naseljenom području, a naročito u gustom naseljenim urbanim centrima. Trasa ceste (ulice) i njegovi (njene) elementi su, u tom slučaju, u najvećoj mjeri podređeni prostornim mogućnostima.

Za turističke ceste se, s obzirom na posebne okolnosti, planskim dokumentom ili projektnim zadatkom, određuje koje uvjete je potrebno uzeti u obzir (uslove grupe B ili C-prilagođavanje zadovoljavanja saobraćajnih potreba mogućnostima prostora). U pojedinim slučajevima, projektnim zadatkom može biti određeno da se osigura samo prijevoznost (grupa D).

3.1. Vrste elemenata ceste

Osnovni projektni elementi ceste su:

- geometrijski elementi osovine ceste u situacionom planu i podužnom profilu i
- elementi poprečnog profila.

Elementi ceste se kombiniraju i dimenzioniraju u skladu sa Zakonom o cestama, ovim dokumentom i općim stručnim metodama. Ukoliko to zahtijevaju prostorni uvjeti ili u slučaju posebne namjene ceste, koja nije predviđena ovim dokumentom moguće je upotrijebiti i druga rješenja. Navedena alternativna rješenja moraju biti stručno utemeljena za svaki pojedinačni slučaj.

3.2. Utjecaj učesnika u saobraćaju

U cilju osiguranja racionalnog izbora elemenata ceste, ceste sa različitim saobraćajnim funkcijama se dimenzioniraju uzimajući u obzir razlike između korisnika. Karakteristike korisnika i njihov utjecaj na dimenzioniranje su navedene u tabeli 8.

Tabela 8. Psihofizički faktori i psihološka ograničenja vozača i njihov utjecaj na dimensioniranje elemenata ceste

Vrsta faktora	Projektni elementi ceste
polje preglednosti	daljina dosjice i prevoja, saobraćajna signalizacija
vrijeme reakcije	razmak na daljinu
bočno ubrzanje	minimalne dimenzije elemenata situacionog plana
bočni udar	minimalna dužina prijelazne krivine
podužno ubrzanje	promjena brzine
podužni udar ¹	dobroćina kočenja

¹ podužni udar (intenzivno kočenje) se ne uzima u obzir prilikom izračunavanja razmak na daljinu

Prilikom određivanja nivoa udobnosti vozača i putnika u obzir se uzimaju sljedeće veličine:

- Polje preglednosti predstavlja područje koje vozač obuhvata jednim pogledom. Granice polja preglednosti se određuju na osnovu linije (ugla) i dubine (daljine) pogleda, koji se u toku kretanja mijenjaju. U sklopu polja preglednosti razlikuju se sljedeće površine:

- oštra vidljivost, ugao $\alpha=3-5^\circ$;
- relativna vidljivost, ugao $\beta=10-15^\circ$ i
- periferna vidljivost, ugao $\gamma=120-180^\circ$.

Normalna oštra vidljivost, daljina preglednosti L_v [m] se određuje na osnovu sljedeće jednačine:

$$L_v = t_v \cdot v_k + 4 \cdot V_k$$

gdje je:

t_v - vrijeme vođenja sa najvećom oštrinom, 12-14 s,

v_k - brzina vođenja u m/s i

V_k - brzina vođenja u km/h,

- Vrijeme reakcije t_r [s] treba da iznosi između 0,7 i 2,5 sekunde. Navedeno vrijeme se uzima u obzir prilikom dimensioniranja zaustavne preglednosti. Prilikom projektovanja ceste, a s obzirom na vrstu tipičnih korisnika, u obzir se uzimaju sljedeće vrijednosti:

- normalna 2,0 s,
- prihvatljiva 1,5 s i
- u izuzetnim slučajevima 1,0 s.

Vrijeme reakcije, koje se uzima u obzir, može da bude kraće ili čak može da se isključi u slučaju da se radi o cestama sa čestim korisnicima ($t_r=1,5$ s) i sa trajno postavljenim preprekama (raskrsnice, prijelazi, ostale fizičke prepreke) na koje je vozač upozoren saobraćajnim znacima,

- Bočno ubrzanje a_k [m/s²], koje uvjetuje udobnost vođenja, iznosi:

- za udobnu vožnju do 2,5 m/s²,
- za prihvatljivu vožnju do 3,0 m/s² i
- gornja granična vrijednost 3,5 m/s².

- Bočni udar a_k (promjena ubrzanja) [m/s²] se uzima u obzir u granicama $0,30 \leq a_k \leq 0,95$, a tim da glavna vrijednost iznosi 0,5 m/s²;

- Podužno ubrzanje a_z [m/s²], koje uvjetuje udobnost vođenja, iznosi:

- za udobnu vožnju do 2,65 m/s²,
- za neudobnu vožnju do 3,45 m/s² i
- za posebne uvjete vožnje 4,25 m/s²,

- Podužni udar x_T (promjena ubrzanja) je ograničen vrijednošću $\max x_T = 2,5 \text{ m/s}^2$.

3.3. Brzina

Brzina je vožno-dinamička veličina od koje zavise udobnost vožnje i sigurnog cestovnog saobraćaja. Pri projektovanju cesta u obzir se uzimaju sljedeće vrste brzina:

- brzina vožnje (V_v) predstavlja stvarnu brzinu kretanja vozila na kolovozu,
- dozvoljena brzina vožnje (V_{dov}) je brzina koja je zakonom ili upravnim ograničenjem određena na cesti ili dionici ceste,
- brzina putovanja (V_{pu}) predstavlja prosječnu brzinu vožnje koju vozila dostižu na određenoj cesti,
- definirana/plansirana brzina putovanja (V_{pl}) predstavlja prosječnu brzinu vožnje, koju vozila treba da dostignu na određenoj cesti na kraju planirane raskršćja, i koja predstavlja relevantnu brzinu za dimensioniranje normalnog poprečnog profila, kao i geometrijskih i tehničkih elemenata ceste,
- predviđena brzina (V_{pred}) je računska brzina koja je određena za pojedine kategorije ceste s obzirom na saobraćajnu funkciju i uvjete prostora kroz koji cesta prolazi, i na osnovu ove brzine se vrši procjena dimenzija elemenata ceste; po pravilu, za kompletan potez trase se određuje ista vrijednost predviđene brzine,
- projektna brzina (V_{proj}) je brzina kretanja vozila u slobodnom saobraćajnom toku po čistom i mokrom kolovozu (brzina slobodnog toka $V_{sl, \infty}$), koju omogućavaju pojedini geometrijski i tehnički elementi projektovanog ili postojeće ceste, a upotrebljava se kao računska brzina za analizu sigurnosti saobraćaja, kao i za ispravke pojedinih elemenata ceste; projektna brzina ne može biti manja od predviđene brzine (V_{pred}), a njena najveća vrijednost ne smije biti veća od najveće zakonom ili upravnim ograničenjem dozvoljene brzine vožnje na cesti ili dionici ceste (V_{dov});
- brzina u bočnom smjeru (V_{bo}) predstavlja brzinu kretanja vozila u bočnom smjeru pri promjeni saobraćajnih traka.

Računska brzina (V_r) je svaka brzina koja se upotrebljava za određivanje ili proračun tehničkih elemenata ceste

3.3.1. Procjena projektna brzine

Projektna brzina se procjenjuje analizom pojedinih elemenata ceste. U projektu se prikazuje kao profil projektna brzina, a određuje se na osnovu primjenjenih elemenata situacionog plana i podužnog profila. Mjerodavna projektna brzina za određenu lokaciju na trasi jednaka je vrijednosti manje od dvije ovako određene veličine. Utvrđena brzina ne smije da bude veća od maksimalne dozvoljene brzine kretanja na datoj cesti. Analiza se, u projektu, izvodi za ceste koje pripadaju grupi A i za ceste iz grupe B, gdje predviđena brzina prelazi 70 km/h.

Ukoliko posebnom analizom nije drugačije određeno, primjenjuje se sljedeće:

- za dvosmjernu cestu sa odvojenim kolovozima, gdje je $V_{pred} < V_{dov}$

$$V_{proj} = V_{pred} + 10 \text{ km/h} \text{ za izrazito zakrivljenu trasu ili}$$

$$V_{proj} = V_{pred} + 20 \text{ km/h} \text{ za opruženu trasu,}$$

- za dvosmjernu cestu sa jednim kolovozom, gdje je $V_{pred} < V_{dov}$

$$\max V_{proj} = V_{dov} \text{ za pojedinu vrstu ili kategoriju ceste ili}$$

$$\max V_{proj} = V_{pred}$$

Razlika projektna i predviđene brzine ne smije biti veća od 20 km/h. Ako je razlika:

$$V_{\text{proj}} - V_{\text{post}} \geq 20 \text{ km/h},$$

potrebno je provjeriti opravdanost usvojene vrijednosti predviđene brzine i istu povećati ili smanjiti projektnu brzinu korekcijom trase kako bi razlika bila u granicama:

$$V_{\text{proj}} - V_{\text{post}} \leq 20 \text{ km/h}.$$

3.3.2. Brzina u bočnom smjeru

Brzina u bočnom smjeru je računska veličina, kojom se izračunava dubina prijelaznog područja prilikom promjene saobraćajnih traka. Zavisi od širine između saobraćajnih traka, brzine vožnje i od toka trase ceste (u pravcu, u krivini).

Ukoliko posebnim uvjetima nije određeno, primjenjuju se sljedeće vrijednosti:

- blaga 0,7 m/s za $V_c > 70 \text{ km/h}$, za teška vozila, ceste u krivini i
- prihvatljiva 1,0 m/s za $V_c \leq 70 \text{ km/h}$, za putnička vozila, ceste u pravcu.

3.3.3. Promjena brzine kretanja

Prilikom promjene brzine kretanja vozila u obzir se uzimaju sljedeće prosječne vrijednosti:

- ubrzanje
 - putnička vozila 0,50-1,50 m/s^2 i
 - teretna vozila 0,30-0,75 m/s^2 ,
- pasivno kočenje (kočenje motorom)
 - putnička vozila 0,50-0,82 m/s^2 za $V_c = 60-100 \text{ km/h}$ i
 0,66 m/s^2 prosječno za $V_c = 80 \text{ km/h}$,
- aktivno kočenje (kočenje kočnicama)
 - putnička vozila 1,75-2,94 m/s^2 za $V_c = 60-100 \text{ km/h}$ i
 3,31 m/s^2 prosječno za $V_c = 80 \text{ km/h}$,
 - teretna vozila 1,50 m/s^2 .

Navedene vrijednosti su orijentacione i namijenjene su isključivo za ispitivanje prihvatljivosti količina, koje su izračunate za pojedine slučajeve upotrebom različitih osnova (za analize sigurnosti saobraćaja).

3.4. Otpornost na klizanje

Prirodjivost na kolovoz se izražava koeficijentom trenja klizanja (KTK ili μ_k) između kolovoza i guma. Prilikom dimenzionisanja elemenata ceste, usvaja se KTK koji osigurava sigurnost saobraćaja za 95 % uzorka asfaltnog kolovoza i vozila, na čistom i mokrom kolovozu. Navedena vrijednost se određuje empirijski, sa gumama odobrenim od strane PIARC-a (Permanent International Association of Road Congresses), i iskazuje sljedećom jednačinom:

$$f_{\text{iznos}} = \mu_k = 0,2 \cdot \left(\frac{V_c}{100} \right)^3 - 0,629 \cdot \frac{V_c}{100} + 0,637.$$

KTK se upotrebljava za dimenzionisanje elemenata koji su podijeljeni na poprečne (f_1) i radijalne (f_2). Za maksimalnu vrijednost KTK, u oba smjera, primjenjuju se sljedeći odnosi:

$$f_{1\text{maks}} = f_{\text{iznos}} \quad f_{2\text{maks}} = n \cdot f_{\text{iznos}},$$

gdje koeficijent n zavisi od brzine, a primjenjuje se sljedeća jednačina:

$$n = 0,873 + 10,3 \cdot 10^{-4} \cdot V_{50}$$

U posebnim slučajevima (analizama) može biti utvrđena različita vrijednost $f_{k, \max}$, primjenom odgovarajuće stručne procjene. Uopćeno, dozvoljena je upotreba koeficijenta $n=0,925$ za određivanje $f_{k, \max}$ koji odgovara brzini vožnje od 50 km/h.

Za obe komponente KTK primjenjuje se sljedeće:

$$f_k^2 = f_1^2 + f_2^2$$

Korišćenje KTK u poprečnom smjeru je dozvoljeno samo do obima kojim se osigurava da njegove preostale vrijednosti ne predstavljaju opasnost za sigurnost saobraćaja, s obzirom na kočenje na istom geometrijskom elementu ceste. Nivo iskorisćenosti doz $f_{k, \max}$ je također definiran graničnim vrijednostima tipičnih karakteristika korisnika ceste (vozači i pumci u vozilima), te može da se razlikuje u različitim uvjetima.

doz $f_{T, \max}$ može u potpunosti biti iskorišćen za izračunavanje zaustavnih dužina.

Vozno-dinamičke vrijednosti, koje treba poštovati u cilju osiguranja saobraćajne sigurnosti, i koje dozvoljavaju kretanje vozila izabranom brzinom vožnje na cestama koja su dimensionisana prema vozno-dinamičkim zahtjevima, navedene su u tabeli 9. Nivo iskorisćenosti KTK, koji se upotrebljava za određivanje radijusa horizontalnog kružnog luka, prikazan je u odnosu na maksimalni i minimalni poprečni nagib kolovoza.

Tabela 9. Vozno-dinamički uvjeti

Tehnička grupa	doz $f_{k, \max}$ pri		Maksimalan poprečni nagib kolovoza ¹	Preklona krivine	Radijus od kružnih lukova	Vrijeme reakcije t, [s]	Preporučeni pregladnost
	$q_{\min}$	$q_{\max}$					
A	50 %	10 %	7 (8) %	obavezna	obavezno	2,0 s	potrebna
B-izvan naseља	60 %	30 %	7 (8) %	obavezna	obavezno	1,5 s	preporučena
B-unutar naseља	60 %	30 %	5 (7) %	obavezna	preporučeno	1,5 s	nije potrebna
C	70 %	50 %	5 (7) %	preporučena	nije obavezno	1,5 s	nije potrebna
D	70 %	50 %	5 (7) %	preporučena	-	-	-

¹ vrijednosti u zagradi se primjenjuju za obnovu ili rekonstrukciju postojećih cesta

Dozvoljene vrijednosti koeficijenta trenja (doz $f_{k, \max}$) za definiranje odnosa između dimenzija elemenata ceste i brzine kretanja navedene su u tabeli 10. Vrijednosti $f_{T, \max}$ i $f_{k, \max}$ su navedene za čist i mokar kolovoz, sa habajućim slojem izrađenim od kretnjačkih kamenih agregata, dok su vrijednosti $f_{T, \min}$ navedene za slojeve izrađene od eruptivnih agregata. Za kolovoze izrađene od drugačijih materijala koeficijent trenja treba odrediti za svaki pojedinačni slučaj.

Tabela 10. Dozvoljene (maksimalne) vrijednosti koeficijenta trenja za proračunavanje elemenata ceste

Koeficijent trnjenja		Brzina vožnje V_v [km/h]										
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$f_{T, \max}$	[+]	0,42	0,37	0,33	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15
$f_{k, \max}$	[+]	0,381	0,343	0,310	0,279	0,250	0,225	0,203	0,187	0,169	0,161	0,151
$f_{T, \min}$	[-]	0,510	0,480	0,460	0,430	0,410	0,390	0,370	0,351	0,338	0,325	0,311

Za proračunavanje dužine kočenja i zaustavljanja u načelu se primjenjuje ukupna (maksimalna) dozvoljena vrijednost koeficijenta trenja, dok se za izračunavanje graničnih radijusa horizontalnih kružnih lukova ($R_{\min}$, R_d) primjenjuju odnosi navedeni u tabeli 11.

3.5. Granične vrijednosti vožno-dinamičkih parametara

Saobraćajne površine i granične vrijednosti vožno-dinamičkih parametara, koje omogućavaju izvođenje saobraćajnih funkcija u određenim granicama, predstavljene su u tabeli 11.

Tabela 11. Osnovne saobraćajne i vožno-dinamičke karakteristike cesta koje pripadaju različitim tehničkim grupama

Tehnička grupa	Standardne karakteristike za projektovane i funkcionirajuće ceste										
	vrsta saobraćaja	V_{max} [km/h]	V_{min}^1 [km/h]	kategorija	podkategorija ²	maksimalna preporučena brzina ³ * V_{pmax} [km/h]					
izvan naselja											
A	osnovni	130	80-90	održavajući sigurnost	u vrlo široj	130	120	110	100		
	osnovni	90	50-60	održavajući sigurnost	u vrlo široj				90	80	
B	osnovni	100	70-80	održavajući sigurnost	u vrlo široj		110	100	90	80	
	ograničeni	90	70-75	održavajući sigurnost	u široj kani				90	80	70
C	ograničeni	100	60-65	održavajući sigurnost	u široj kani		90	80	70	60	
	ograničeni	90	50-55	održavajući sigurnost	u široj kani		90	80	70	60	50
D, E	osnovni	70	40-45	održavajući sigurnost	u široj kani				70	60	50
	ograničeni	70	40-45	održavajući sigurnost	u široj kani				70	60	50
F	osnovni	70	-	održavajući sigurnost	u široj kani				70	60	50
G	ograničeni	70	-	održavajući sigurnost	u široj kani				70	60	50
u naselju											
A	osnovni	100	60-65	održavajući sigurnost	u vrlo široj	100	90	80			
	osnovni	90	50-55	održavajući sigurnost	u vrlo široj		90	80	70	60	50
B	osnovni	90	70-75	održavajući sigurnost	u široj kani			90	70	60	
	ograničeni	70	40-45	održavajući sigurnost	u široj kani				70	60	50
C	ograničeni	90	-	održavajući sigurnost	u široj kani				90	80	70
	ograničeni	90	-	održavajući sigurnost	u široj kani				90	80	70
D	ograničeni	70	-	održavajući sigurnost	u široj kani				70	60	50
	ograničeni	70	-	održavajući sigurnost	u široj kani				70	60	50

* određuje se s obzirom na udaljenost između cestara saobraćajnog potencijala (vrsta udaljenost, vrsta V_{pmax})

¹ vrsta kategorije se određuje s obzirom na vrstu saobraćaja:

kana, kanalizacija, saobraćajna oprema, opre, kompletna saobraćajna oprema

min, minimalna saobraćajna oprema, bez, bez saobraćajne opreme, samo saobraćajna oprema

² određuje se s obzirom na postojeće uvjete i konstruktivni voz izgrađenih saobraćajnih dionica ili odjaka

* mreža V_{pmax} izabrati koliko okoliš utječe na vozača, ograničenje brzine je potrebno obavezno označiti dodatnom tabelom "po kili"

Saobraćajne površine, navedene u tabeli 11, mogu biti izvedene na skromniji način, ukoliko je to dovoljno s obzirom na saobraćajno opterećenje ili u slučaju izgradnje u fazama, s tim da zahtjevi koji se odnose na sigurnost saobraćaja moraju u potpunosti biti ispunjeni. Pri izgradnji ceste u fazama, fazno uređenje treba u potpunosti izvesti i prikazati u projektu na osnovu konačnog stanja. Pri tome je u potpunosti obavezno poštovanje uvjeta koji se odnose na sigurnost saobraćaja.

3.6. Utjecaj saobraćajnog opterećenja

Ako je, na cesti sa dvije saobraćajne trake, po isteku planskog perioda, projektirano saobraćajno opterećenje prozračovalo pad prosječne brzine putovanja ispod određene, potrebno je povećati propustnost:

- povećanjem dijela dužine ceste pogodne za preticanje,
- uređenjem dodatnih traka na većim usponima ili
- povećanjem broja saobraćajnih traka.

Za građevinske investicije, koje su predmet ekonomskih studija (autopceste, brze ceste, magistralne ceste), odluka o izabranoj mjeri se provjerava odgovarajućom studijom opravdanosti. Za ostale ceste dovoljna je jednostavna analiza troškova.

3.7. Utjecaj okoline ceste na dimenzije elemenata ceste

S obzirom na opterećenje i namjenu zemljišta u području kroz koje cesta prolazi, potrebno je razlikovati:

- gradska područja (gusto izgrađena),
- prigradska i seoska područja (riječke zgrade, pojedinačni objekti, industrijski kompleksi i sl.)
- ostala područja (uglavnom neizgrađena područja, šume, poljoprivredne površine, parkovi i sl.)

Ako cesta prolazi kroz područja sa različitom namjenom zemljišta, ista dionica ceste može, ukoliko to dopuštavaju uvjeti za osiguranje funkcionalnosti, biti predviđena za izmjenjenu strukturu korisnika. Također, mogu se izmijeniti tehnički i geometrijski elementi ceste. Svaki prijelazni dio predmetne dionice ceste mora biti tehnički posebno pažljivo planiran, i, ukoliko je potrebno, moraju biti predviđeni posebni saobraćajni znaci. Potrebno je naročito pažljivo isplanirati one dijelove ceste na kojima se mijenja ograničenje brzine kretanja, veličina geometrijskih elemenata i normalan poprečni profil.

3.8. Ulaзни parametri za određivanje dimenzija elemenata ceste

3.8.1. Ceste tehničkih grupa A, B i C

Dimenzije elemenata ceste određuju se na osnovu:

- tehničke grupe ceste,
- predviđene brzine (V_{pred}) i
- definiranog nivoa usluge koji je potrebno osigurati na cesti određene kategorije na kraju planskog razdoblja (gustina saobraćajnog toka na jednosmjernim kolovozima i prosječna brzina putovanja (V_{put}) na dvosmjernim kolovozima)

Za predviđenu brzinu bira se najviša vrijednost od onih navedenih u tabeli 11. Prilikom izbora elemenata trase potrebno je postići najveću moguću usklađenost sa prostornim elementima, kao i racionalnost pri planiranju. Za tu namjenu, u tabeli 11, su navedene i niže moguće predviđene brzine, koje se upotrebljavaju u slučaju:

- zahtjevnih prostornih uvjeta (namjena prostora, prirodne karakteristike, kulturno naslijeđe, urbana sredina, izbjegavanje pretjeranih intervencija u prostoru, smanjenje mogućih utjecaja ceste),
- zahtjevnih oblika reljefa (velike visinske razlike, velika raznorodnost),
- zahtjevnih inženjersko-geoloških i geotehničkih uvjeta ili
- drugih razloga, iz kojih bi izgradnja ceste sa najvišom mogućom predviđenom brzinom bila prostorno neprihvatljiva i/ili preskupa u poređenju sa predviđenom funkcijom ceste i saobraćajem na cesti. Svako odstupanje mora biti dodatno obrazloženo i stručno utemeljeno u projektu ceste.

Prema vrsti terena na kojima se projektuju javne ceste uvajaju se stupnji ograničenja definirani u tabeli 12, a u odnosu na stupnje ograničenja preporučuju se vrijednosti predviđene brzine za pojedine tehničke grupe cesta (tabela 13).

Tabela 12. Stupnji ograničenja u odnosu na vrstu terena

Vrsta terena	Stupanj ograničenja
načičanki	I bez ograničenja
brzodoljak	II umjerno ograničenje
brdoviti	III znatno ograničenje
planinski	IV velika ograničenje

Tabela 13. Preporučene vrijednosti predviđene brzine u odnosu na stupanj ograničenja

Tehnička grupa	Stupanj ograničenja			
	I	II	III	IV
A	110-130	100	80-90	60-70
B	100	90	70-80	60-60
C	70-80	60	50	40

Za tehničku grupu A, kao i za ceste sa većim saobraćajnim opterećenjem iz saobraćajne grupe B (kada je $V_{proj} = V_{lim}$), dimenzije elemenata ceste je potrebno odrediti s obzirom na projektnu brzinu.

Prilikom uređenja kraće dionice određene ceste (glavni dio ceste je prethodno već uređen), potrebno je predvidjeti dimenzije elemenata ceste, koje su već upotrijebljene na susjednoj, već završenoj dionici (kontinuitet uređenja), izuzev u slučaju da je planskom dokumentacijom predviđeno drugačije ili u slučaju da se očekuje saobraćajno opterećenje koje je znatno veće ili manje od onog na susjednoj, već završenoj dionici. Navedeno pitanje mora biti definirano projektnim zadatkom.

Širina i sastav elemenata normalnog poprečnog profila mora biti određena na osnovu predviđene brzine i vrste korisnika ceste (vozila, pješaci, biciklisti), kao i na osnovu saobraćajnog opterećenja (kapacitet i struktura vozila i projektovano opterećenje po času). Dimenzije elemenata normalnog poprečnog profila i saobraćajna oprema moraju biti jednake onim određenim za pojedine tehničke grupe cesta, kao i za vrstu saobraćaja na cesti. Širine pojedinačnih elemenata poprečnog profila su standardizirane i u skladu su sa dimenzijama navedenim u ovom dokumentu. Odstupanja su moguća samo u posebnim slučajevima, koji su utvrđeni odgovarajućim zakonima o prostornom planiranju i koji su posebno navedeni u projektnom zadatku.

3.8.2. Ceste tehničke grupe D

Na cestama koja pripadaju tehničkoj grupi D moguće je izostaviti određivanje dimenzija geometrijskih elemenata u zavisnosti od predviđene brzine. U cilju osiguranja sigurnosti saobraćaja na takvim cestama, prilikom određivanja tehničkih elemenata u obzir se uzima slijedeće:

- normalan poprečni profil se određuje s obzirom na tipične korisnike, pri čemu su širine saobraćajnih traka manje od standardizovanih za javne ceste,
- najviša brzina vožnje na tim cestama iznosi do 50 km/h, a najveći poprečni nagib kolovoza, po pravilu, ne prelazi 5%,
- preporučuje se upotreba odredbi za određivanje dimenzija elemenata kolovoza, koje su važeće za tehničku grupu C,
- poprečni nagib i dužinu preglednosti na pojedinom kružnom luku treba odrediti s obzirom na procjenjenu brzinu vožnje na datom luku,
- kada se među susjednim kružnim lukovima utvrdi znatne razlike između moguće brzine vožnje, poprečni nagib većeg luka treba odrediti na osnovu brzine koja je moguća na kružnom luku manjeg radijusa,
- kada se opreulene dionice (prave ili lukovi $R > 400$ m), duže od 200 m, pojave između pojedinih grupa tri ili više kružnih lukova, elemente pojedine grupe lukova potrebno je odrediti uzimajući u obzir brzinu koja se primjenjuje za najmanji kružni luk unutar određene grupe sa najvećim poprečnim nagibom i
- na pojedinim trasama moguće je postavljanje grupa lukova različitih brzina, ali istog normalnog poprečnog profila; ukoliko su izrazita odstupanja brzina između susjednih grupa lukova ($\Delta V \geq 20$ km/h) to je potrebno posebno označiti vertikalnom saobraćajnom signalizacijom.

Ako je predviđeno projektnim zadatkom i stručno utemeljeno u projektu, postupak naveden u prethodnoj stavci može da se uvede i za ceste iz tehničkih grupa C i B-izvan naselja, ukoliko prostorni uvjeti to diktiraju.

3.8.3. Utjecaj rezultirajućeg nagiba kolovoza

Rezultirajući nagib kolovoza je vektorska suma podužnog i poprečnog nagiba. Na dionicama ceste gdje rezultirajući nagib kolovoza prelazi maksimalnu vrijednost (moguća opasnost od proklizavanja usljed poledice na kolovozu), moraju se upotrijebiti horizontalni kružni lukovi sa ograničenim poprečnim nagibom kolovoza koji se određuje preko dijagrama na slici 1, a s obzirom na vrijednost podužnog nagiba za bilo koju od maksimalnih vrijednosti rezultirajućeg nagiba kolovoza q_{max} .

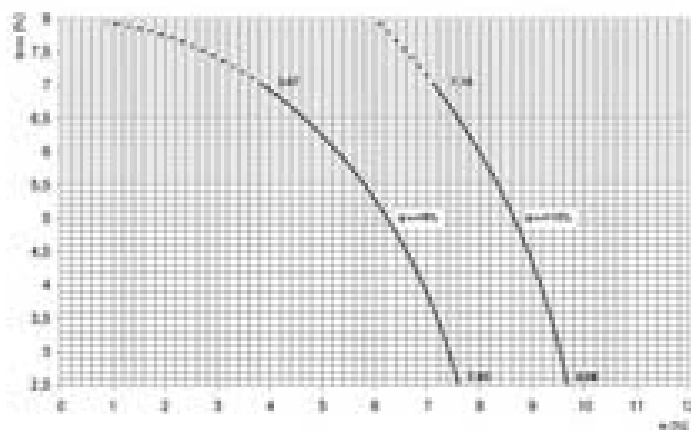
Maksimalne dozvoljene vrijednosti rezultirajućeg nagiba kolovoza q_{max} iznose:

- 8 % na cestama tehničke grupe A sa obimom saobraćaja preko 12.000 voz/dan i
- 10 % na cestama tehničkih grupa A i B-izvan naselja, kao i na drugim cestama gdje obim saobraćaja prelazi 5.000 voz/dan.

U izuzetnim slučajevima je potrebno predvidjeti odgovarajuće mjere zaštite od proklizavanja (obaveza stroge kontrole i odmrzavanja, zaštite ograde, itd). Na daljinskim cestama je potrebno projektovati i izlaze za prinudno isključivanje iz saobraćaja.

Definirane uvjete nije potrebno ispunjavati za područja gdje je statistički dokazano da se poledica ne javlja.

Slika 1. Zavisnost maksimalnog poprečnog nagiba kolovoza q_{pop} od podužnog nagiba s , pri rezultirajućem nagibu kolovoza $q_{max}=8\%$ i $q_{max}=10\%$.



3.8.4. Utjecaj minimalnih veličina nagiba na površinsko odvodnjavanje

Prilikom određivanja dimenzija tehničkih elemenata (podužni nagib kolovoza) u obzir se uzimaju slijedeći minimalni nagibi za odvodnjavanje površinske vode pomoću naprava za odvodnjavanje:

- na cementno-betonskim površinama 0,2 %,
- na asfaltnim površinama 0,3 % i
- na zatravljenim površinama 0,5 %.

3.8.5. Postupak određivanja dimenzija elemenata ceste

Prilikom izrade projekta ceste, dimenzije elemenata ceste se određuju prema redoslijedu koji je definiran na slici 2. Za ceste za koje je ovim dokumentom i/ili drugim tehničkim propisima određeno drugačije moguće je izostaviti neki od navedenih koraka.

Slika 2. Redoslijed određivanja dimenzija elemenata ceste



4. POPREČNI PROFIL

Poprečni profil javne ceste je u najširem smislu trup ceste predstavljen u poprečnom profilu sa svim pratećim objektima. Poprečni profil je prva polarna projekcija u projektovanju ceste. Njime se utvrđuju vrsta i dimenzije elemenata ceste, omeđuju konture budućeg cestovnog pojasa i sagledavaju eksploatacioni i investicioni efekti koji se mogu javiti kao posljedica primjenjenih rješenja u tom profilu.

Poprečni profil ceste treba da bude racionalno projektovan i određen tako da, unutar predviđenog saobraćajnog opterećenja, omogućava normalne uvjete za vožnju i slobodan tok saobraćaja.

Pri izboru elemenata poprečnog profila u obzir se uzima slijedeće:

- brzina, struktura, gustina i vremenska raspodjela predviđenog saobraćajnog opterećenja,
- dimenzije izabranog njevodavnog vozila,
- broj očekivanih susretanja vozila,
- saobraćajni značaj i funkcija ceste,
- ekonomičnost,
- topografija terena,
- zaštita životnog okoliša i
- potrebe zimске službe.

4.1. Saobraćajni i slobodan profil

4.1.1. Saobraćajni profil

Saobraćajni profil osigurava nesmetano odvojanje saobraćaja i, u području iznad kolovoza, sastoji se od:

- profila mjerodavnog vozila,
- područja potrebnog za manevrisanje vozila u krivinama i pravcu i
- sigurnosnog prostora između vozila.

Određeni navedeni elementi se također primjenjuju na saobraćajni profil biciklističke staze, kao i na kombinaciju biciklističke i pješačke staze.

Saobraćajni profil se, po širini, sastoji od saobraćajnih i ivičnih traka, sigurnosnog prostora i saobraćajnih traka i sigurnosnog prostora za bicikliste i pješake (uglavnom u naseljenim područjima).

Visina saobraćajnog profila za motorna vozila iznosi 4,20 m. U saobraćajnom profilu ne smije biti, niti se u njega smije protezati bilo kakve fizičke prepreke.

4.1.2. Slobodan profil

Slobodan profil je saobraćajni profiluvećan za sigurnosnu širinu i visinu.

Slobodan profil mora biti oslobođen svih stalnih fizičkih prepreka, kako ne bi došlo do ometanja u kretanju vozila predviđenom brzinom, kao i u kretanju ostalih korisnika ceste.

Elementi saobraćajnih znakova i opreme mogu se nalaziti u ovom području izvan saobraćajnog profila, izuzev onih čije dimenzije i postavljanje mogu ograničiti preglednost ceste.

Sigurnosna širina b_s u slobodnom profilu zavisi od V_{max} (tabela 14).

Tabela 14. Sigurnosna širina u slobodnom profilu

V_{max} [km/h]	<50	50-70	>70
b_s [m]	0,50	1,00	1,25

Sigurnosne širine na saobraćajnim trakama se preklapaju za različite korisnike, ukoliko se saobraćaj na njima odvija u istom smjeru.

Ukoliko se saobraćaj na saobraćajnim trakama odvija u suprotnim smjerovima, tada je između saobraćajnih profila dvije susjedne saobraćajne trake potrebno osigurati razdjelnu traku:

- za saobraćajne trake koje koriste motorna vozila 0,50 m i
- za ostale saobraćajne trake 0,25 m.

Sigurnosna visina iznad saobraćajnog profila ceste iznosi 0,50 m. Na cestama koje pripadaju tehničkim grupama A i B-izvan naselja, sigurnosnu visinu treba uvećati na 0,70 m, kako bi se omogućile naknadne intervencije na cesti (habajući sloj) ili u posebnim okolnostima (isklečenje snijega plugom).

Slobodna visina se uvijek mjeri od najviše tačke kolovoza u njegovoj konačnoj debljini, pri čemu se vodi računa o eventualnom ojačanju kolovozne konstrukcije.

Sigurnosna visina iznad saobraćajnog profila trotoara i biciklističke staze iznosi 0,25 m.

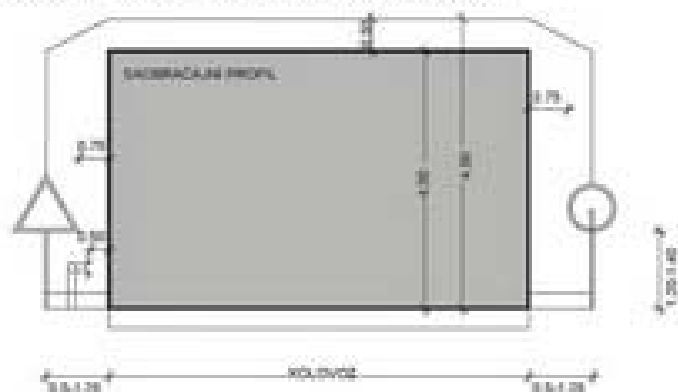
Izuzetno niski profili (<4,5 m) mogu se upotrebljavati za određena mjerodavna vozila, ali ne na cestama koje pripadaju tehničkim grupama A i B-izvan naselja. Niti saobraćajni profil treba označiti odgovarajućim saobraćajnim znacima i signalizacijom. Isti uvjeti se primjenjuju i za širinu slobodnog profila.

Na cestama iz tehničke grupe D, saobraćajni profil se određuje za (najveće) tipično vozilo, koje se kreće određenom cestom.

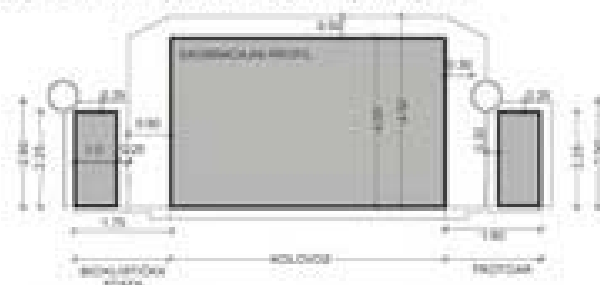
Ukoliko iz opravdanih razloga nije moguće osigurati odgovarajuću širinu bočnih sigurnosnih traka, prepreku treba zaštititi sigurnosnom ogradom. U tom slučaju, kao i u bilo kojem drugom, sigurnosna ograda mora biti najmanje 0,50 m udaljena od saobraćajnog profila, odnosno ivice kolovoza.

Oblici i dimenzije saobraćajnih i slobodnih profila predstavljeni su na slikama 3-9.

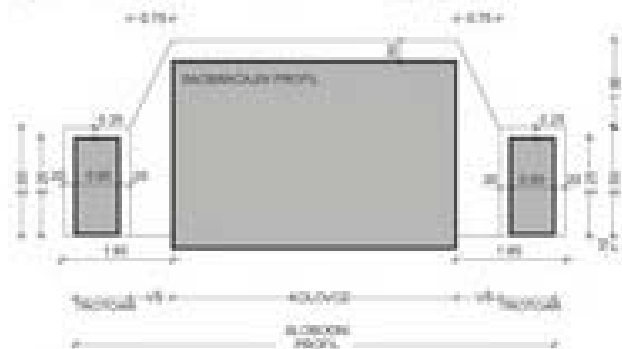
Slika 3. Saobraćajni i slobodan profil izvan naseljenih područja



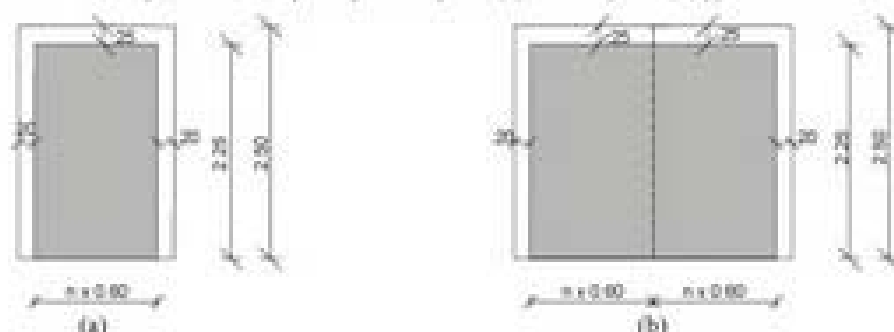
Slika 4. Saobraćajni i slobodan profil u naseljenim područjima



Slika 5. Saobraćajni i slobodan profil na mostovima sa pješačkom stazom



Slika 9. Saobraćajni i slobodan profil jednosmjerne (a) i dvosmjerne (b) pješačke staze



4.2. Elementi poprečnog profila

Planum ceste je dio cestovnog pojasa između unutrašnjih ivica kosina ušjeka ili nasipa i sastoji se od:

- kolovoznih traka (saobraćajne trake za motorna vozila, dodatne trake, ivične trake, zaustavne trake) i
- pratećih površina kolovoza, i to:
 - saobraćajnih traka za nemotorizovane učesnike (biciklisti, pješaci, ostalo),
 - nesobraćajnih traka (razdjelne trake između kolovoza za suprotne smjerove ili između kolovoza i drugih saobraćajnih traka i saobraćajnih traka predviđenih za mirujući saobraćaj),
 - podužnih površina za zaštitu kolovoza (bankine),
 - podužnih površina za zaštitu i osiguranje funkcionalnosti trase ceste (berme) i
 - objekata za podužno odvodnjavanje ceste (ivičnjaci, rigoli, zakrivljeni kanali).

4.2.1. Kolovozne trake

Kolovoz je dio planuma ceste namijenjen u prvom redu za saobraćaj vozila.

Kolovozne trake se sastoje od saobraćajnih traka za vozila i ivičnih traka na kojima mora biti osigurano dovoljno prostora za kretanje vozila (saobraćajni profil) i za saobraćajnu sigurnost (slobodan profil). Saobraćajna traka svojom širinom treba da omogući neometano kretanje jednog reda motornih vozila predviđenom brzinom u jednom smjeru.

Saobraćajne trake za motorna vozila su:

- vozne trake (jedna, dvije ili više za jedan smjer),
- trake za prećicanje (jedna za jedan smjer),
- dodatne trake za spora vozila i vozne trake za posebne namjene (autobus, taxi) i
- dodatne trake za izlaz ili pristup i prestrojavanje (na pristupnim tačkama i raskrsnicama)

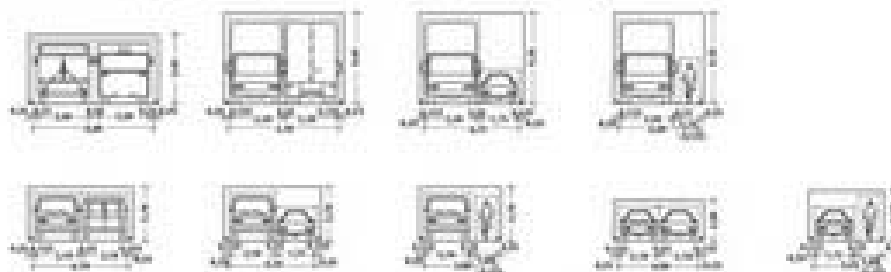
Širine pojedinih saobraćajnih traka su određene brzinom vožnje i saobraćajnim opterećenjem pojedinih učesnika u saobraćaju na cesti. Na širinu saobraćajne trake za motorni saobraćaj utječe odabrano tipično teretno vozilo i brzina vožnje koja se odražava na širinu područja bočnog kretanja (tabela 15).

Tabela 15. Standardne širine saobraćajnih traka (b_0) za slobodan tok motornih vozila

V_{max} [km/h]	Širina tipičnog vozila [m]	Područje bočnog kretanja [m]	Standardna širina saobraćajne trake [m]	Izuzetna širina kolovozne trake [m]
30, 40 ili 50	2,30	0,25	2,75	2,50
60 ili 70	2,30	0,50	3,00	2,75
80 ili 90	2,30	0,75	3,25	-
100 ili 110	2,30	1,00	3,50	-
≥ 120	2,30	1,25	3,75	-

Kod cesta sa elementima nižeg standarda (ceste sa malim saobraćajnim opterećenjem) standardna širina saobraćajne trake zavisi od mjerodavnog vozila koje se stalno kreće na određenoj cesti (slika 10).

Slika 10. Dimenzije saobraćajnih profila za konstrukcije tipičnih vozila pri veoma niskim brzinama vožnje (40 km/h) i malom saobraćajnom opterećenju



Ukoliko između dva smjera vožnje, na cestama sa više od dvije trake po smjeru, nema razdjelnog pojasa, između obje unutrašnje saobraćajne trake potrebno je predvidjeti razdjelnu traku širine 0,50 m. Širina razdjelnog pojasa ili trake se dodaje na širinu kolovoza i ima indirektna utjecaj na određivanje dimenzija pojedinih geometrijskih i tehničkih elemenata ceste.

Širina kolovoza, koja indirektno utječe na određivanje dimenzija pojedinih geometrijskih i tehničkih elemenata ceste (dužinu prelazne krivine, nadvišenje, itd), ne obuhvata sljedeće:

- dodatne trake,
- ivične trake,
- trake za prinudno zaustavljanje i
- zaštitnu traku uz uzdignuti ivičnjak, ukoliko je kolovoz lokalno ovičen.

Iznimajući zaustavnu traku, broj voznih traka u tunelu je isti kao i izvan njega. Bilo kakva promjena u broju traka trebalo bi da se dogodi na dovoljnoj udaljenosti od tunelskog portala, pri čemu je ta udaljenost najmanje jednaka onoj koju za 10 s prelazi vozilo koje se kreće maksimalnom dozvoljenom brzinom. Ukoliko ovo onemogućuju geografski uvjeti, treba produžiti dodatne i/ili pojačane mjere radi postizanja većeg stepaja sigurnosti.

U tunelima se primjenjuju širine kolovoza definirane u tabeli 16.

Tabela 16. Širine kolovoza u tunelima

Broj kamiona i motobana/h	V_{max} [km/h]		
	<50	50-80	80-100
<50	5,50	6,00	6,50
50-150	6,00	6,50	7,00
≥ 150	6,50	7,00	7,50 (7,00) ¹

¹ dvosmjerni tuneli sa jednosmjernom saobraćajnom

4.2.1.1. Proširenje kolovoza

Kolovoz se proširuje u cilju osiguranja normalne prolaznosti u krivinama i usljed promjena u širini i broju saobraćajnih traka.

4.2.1.1.1. Dimenzije proširenja

Dimenzije proširenja (širina i dubina) zavise od vrste tipičnog vozila koje redovno koristi određena cesta (u krivinama) i od brzine vožnje (promjena širine saobraćajnih traka).

Veličina proširenja kolovoza u krivinama se određuje primjenom slijedeće formule:

$$\Delta b = R_{\min} - \sqrt{R_{\min}^2 - L_{\text{up}}^2}$$

gdje je:

$R_{\min}$ - najmanji poluprečnik kruga okretanja [m] i

L_{up} - rastojanje od zadnje osovine do prednjeg najisturenijeg dijela vozila [m].

Rastojanje od zadnje osovine do prednjeg najisturenijeg dijela vozila za tipična vozila je prikazano u tabeli 17.

Tabela 17. Rastojanje od zadnje osovine do prednjeg najisturenijeg dijela vozila

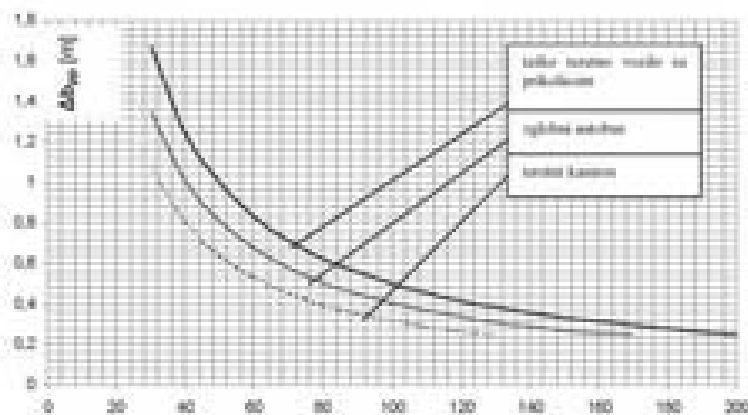
Vrsta vozila	L_{up} [m]
putnička vozila	4.00
teretni kamioni	8.00
kugljači	10.00
autobusi	8.50
autobusi sa zglobovima	9.00

Za kružne krivine kod kojih je $R > 30$ m formula za određivanje veličina proširenja se pojednostavljuje:

$$\Delta b = \frac{L_{\text{up}}^2}{2 \cdot R}$$

Dimenzije proširenja Δb za pojedinačne kolovozne trake mogu se očitati sa grafikona na slici 11.

Slika 11. Proširenje pojedinačnih kolovoznih traka prema vrsti vozila



Cjelokupno proširenje kolovoza određuje se na osnovu zbira proširenja za sve saobraćajne trake na jednom kolovoza.

Proširenje u kružnim lukovima sa $R < 30$ m treba izračunati primjenom tačne formule ili:

- odrediti na osnovu posebnih tabela u kojima su navedene širine ravni za okretanje,
- grafički ispitati na osnovu ravni za okretanje ili
- upotrebiti programa za određivanje tragova točkova.

Proširenje se, po pravilu, određuje za obje vrsne trake za isto mjerodavno vozilo. Eventualnu potrebu određivanja proširenja za mimoilaženje dva različita mjerodavna vozila treba posebno obrazložiti.

4.2.1.1.2. Izoštavljanje ili smanjenje veličine proširenja

Proširenje saobraćajnih traka na cestama kod kojih su kolovozi razdvojeni po smjerovima je virtualno nemoguće usljed velikih radijusa lukova. Samo u posebnim slučajevima, uglavnom za urbane ceste sa više saobraćajnih traka, proširenje se izvodi razdvojeno. Stoga, posebno za ovakvi slučaj, u obzir se uzima manji međusobni utjecaj dva ili više vozila koja se kreću u istom smjeru, struktura saobraćaja i način vožnje, kao i administrativne odredbe (zabrane, obaveze).

Iz ekonomskih razloga, proširenje se ne izvodi na cestama sa dvije saobraćajne trake, kod kojih ukupna širina kolovoza iznosi $B \geq 6,00$ m, u slijedeća dva slučaja:

- ukoliko je broj takvih vozila manji od 15 vozila/dan,
- ukoliko cjelokupno proširenje ne prelazi 0,50 m.

U slučaju da je ukupna širina kolovoza $B > 6,00$ m, proširenje treba smanjiti za razliku u širini kolovoza preko 6,00 m, a izostavlja se ako cjelokupno proširenje ne prelazi 0,30 m. Područje utjecaja radijusa kružnog luka u tom slučaju je $30 \text{ m} < R \leq 200 \text{ m}$.

Iz ekonomskih razloga, proširenje se ne izvodi na cestama sa dvije saobraćajne trake, kod kojih ukupna širina kolovoza iznosi $5,00 \text{ m} < B \leq 6,00$ m, a cjelokupno proširenje ne prelazi 0,25 m. Područje utjecaja radijusa luka u tom slučaju je $30 \text{ m} < R \leq 400 \text{ m}$.

Proširenje kolovoza u krivinama na cesti sa dvije saobraćajne trake izvan naseljenih područja, čija ukupna širina kolovoza iznosi $B \geq 4,75$ m nije potrebno, ukoliko navedenu cestu koriste samo putnička vozila.

Proširenje u krivinama je potrebno na navedenim cestama, ukoliko preglednost u krivinama nije osigurana građevinsko-tehničkim sredstvima ili saobraćajnom opremom (ogledala).

Proširenje kolovoza na mostu u području horizontalnih krivina treba, po mogućnosti, izvesti u punoj vrijednosti po čitavoj dužini mosta, a razlikuje se od ceste kod kojih se obično izvodi prijelaz od nule do pune vrijednosti.

4.2.1.1.3. Izvođenje proširenja u krivinama

Poludaj proširenja

Proširenje kolovoza mora biti osigurano na čitavoj dužini kružnog luka. Kolovoz može biti proširen:

- samo sa unutrašnje strane kružnog luka (dovršeno),
- sa obje strane kružnog luka (normalno) ili
- samo sa vanjske strane kružnog luka (uvjetno dovršeno)

U slučaju da se proširenje izvodi sa obje strane kolovoza, veće od oba proširenja pojedinačne saobraćajne trake treba izvesti sa unutrašnje strane, ukoliko su u proračunima u obzir uzeta

različita tipična vozila. Ovim postupkom se omogućava obavljanje linije osovine ceste. Bez obzira na ovu odredbu, proširenje sa vanjske strane krivine treba da bude ograničeno i ne smije, za klotoida, preći veličinu:

$$\Delta b = \frac{L^3}{24} - \frac{A^3}{24 \cdot R^2}$$

gdje je:

L - dužina prijelazne krivine [m] i

A - parametar prijelazne krivine [m].

U slučaju da je navedena veličina premašena, premašeni dio treba izvesti sa unutrašnje strane krivine.

Proširenje kolovoza samo sa vanjske strane je dozvoljeno samo u slučaju da se projektom predviđa odgovarajuća dinamika vožnje i estetski izgled linije vanjske proširene ivice kolovoza do unutrašnje proširene ili neproširene ivice kolovoza susjednog luka (proračun osovine ivice kolovoza na cestama koje pripadaju tehničkoj grupi A i ivica na cestama koje pripadaju tehničkoj grupi B).

Ukoliko situacionim planom ceste nije drugačije određeno, srednja razdjelna linija treba da bude iscrtana na sredini proširenog kolovoza.

Izvođenje proširenja

Proširenje kolovoza se izvodi postupno na dužini prijelazne krivine, izuzev u slučajevima djelimičnog ili potpunog proširenja sa vanjske strane krivine. U tom slučaju prijelaz se izvodi u skladu sa dijelom Položaj proširenja.

Na cestama iz tehničke grupe A, početni i završni dijelovi obavezno moraju biti izvedeni zaobljavanjem, koje za jednu dužinu premaluje elementarne tačke prijelazne krivine (PP-početak prijelazne krivine i KP-kraj prijelazne krivine), sa tangentama dužine 7,50 m (slika 12). Za ceste koje pripadaju tehničkoj grupi B takvo izvođenje se preporučuje u slučajevima kada je kolovoz ovičen.

Slika 12. Proširenje sa zaobljavanjem



Raspodjela proširenja kroz prijelaznu krivinu, za jednu vožnu traku se određuje prema slijedećim izrazima, a proširenja se nanose normalno na računsku osovinu trase:

$$\Delta b_i = \frac{\Delta b}{3} \cdot (1 - \cos \pi \cdot i)$$

gdje je:

Δb_i - veličina proširenja u tački i [m] i

x – odnos rastojanja tačke za koju se određuje proširenje od početka proširenja (L_p) prema ukupnoj dužini na kojoj se vrši proširenje $x=L_p/L$, $0 < x \leq 1$.

Prijelaz između dva luka sa proširenim kolovozima koji se nalaze u istom smjeru treba izvesti u području središnje prijelazne krivine. Iz estetskih razloga, luk ili klotoida, koja treba što je moguće više da slijedi linijski metod izmjene proširenja, moraju biti uključeni između oba luka ivica proširenih kolovoza.

Ako se osovina ceste izvodi bez prijelaznih krivina (mogućnost u tehničkim grupama C i D), prijelaz treba izvesti kao linijski na površini i dužini na kojoj se vrši izmjena poprečnog nagiba kolovoza.

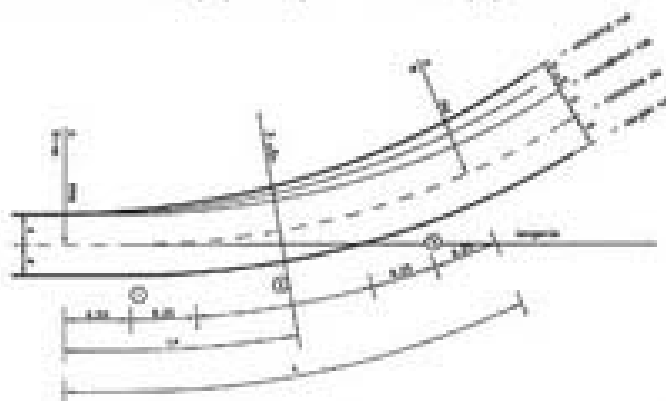
Iz estetskih razloga (linije ivičnjaka), i bez obzira na druge odredbe koje se odnose na proširenje oviđenih kolovoza, preporučuje se da se izvodi gore navedeni postupak proširenja samo sa vanjske strane. U tom slučaju, za obje ivice je potrebno pripremiti proračun osovine.

Za krivine sa $R < 30$ m (serpentine) proširenje se izvodi za svaku saobraćajnu traku posebno (sa unutrašnje i sa vanjske strane). U tom slučaju, za svaku ivicu proširenog kolovoza potrebna je zasebna neprekidna linija do susjedne krivine.

U slučaju da se luk sa $R < 30$ m nalazi između dva pravca (dovoljeno samo za pristupne gradske ceste, ceste sa malim saobraćajnim opterećenjem i na raskrsnicama), proširenje treba izvršiti u potpunosti sa unutrašnje strane krivine. Prijelaz treba izvršiti na dužini prijelazne krivine, a ukoliko ista ne postoji, na dužini koja odgovara veličini radijusa primjenjenog luka. Liniju prijelaza treba odrediti na osnovu priručnika za traktisu (linija tragova zadnjih točkova) ili bilo kojih drugih tehničkih uputstava, ukoliko su određeni za posebne slučajeve (raskrsnice). U starijim gradskim jezgama, linije ivica kolovoza moraju u potpunosti biti prilagođene prostornim uvjetima (gradske ceste u tehničkim grupama C i D).

Izvođenje proširenja pri prijelazu iz pravca u luk je prikazano na slici 13. Kod odnosa $L/\Delta b \geq 20$, proširenje kolovoza se može izvoditi linearno na dužini prijelazne krivine.

Slika 13. Oblikovanje proširenja kolovoza kroz prijelaznu krivinu



Minimalna dužina proširenja ($\min L_{\Delta b}$), koja se primjenjuje za izvođenje promjena u širini kolovoza (šire saobraćajne trake, dodatne saobraćajne trake) iznosi:

$$\min L_{\Delta b} = 2 \cdot L_{\Delta b} + \frac{L}{2} \quad \text{ili} \quad \min L_{\Delta b} = \frac{A^2}{24 \cdot R}.$$

i izvodi se na dužini prijelazne krivine. Ukoliko je $\min L_{10} > L$, proširenje se proteže na kružni luk.

Ako je dužina kružnog luka mala, a $\min L_{10}$ premažuje sredinu kružnog luka, utvrđeno proširenje kolovoza Δb treba smanjiti primjenom slijedeće formule:

$$\Delta b_{\text{red}} = \Delta b \cdot \sqrt{\frac{A^2 + 2 \cdot R \cdot L_{10}}{4 \cdot R \cdot L_{10}}},$$

i u potpunosti izvesti sa unutrašnje strane krivine.

4.2.1.1.4. Proširenje i suženje kolovoza pri promjeni širine i broja saobraćajnih traka

S obzirom na dinamiku vožnje i estetiku, proširenje u području manjeg radijusa kružnog luka treba izvesti sa unutrašnje strane luka. Samo u ograničenim uvjetima za postavljanje osovine ceste, proširenje je moguće izvesti sa obje strane.

Dužina područja proširenja treba da iznosi najmanje:

$$\min L_{10} = V \cdot \sqrt{\frac{\Delta b}{j}},$$

s tim da se u obzir uzima slijedeće:

- $V = 0,75 \cdot V_{\text{max}}$ za sve ceste iz tehničke grupe A, izuzev u slučajevima proširenja na raskrsnicama u nivou (saobraćajne trake za skretanje lijevo i/ili desno),
- $V = V_{\text{max}}$ za sve ceste iz tehničke grupe A za slučajeve proširenja na raskrsnicama u nivou (saobraćajne trake za skretanje lijevo i/ili desno) i za sve ceste iz tehničke grupe B i složenije ceste, s obzirom na saobraćajno opterećenje i tehničke grupe C ($V_{\text{max}} \geq 60$ km/h) i
- za proširenje Δb linije lijeve ivice pojedinačne saobraćajne trake ili kolovoza u jednom smjeru vožnje sa prvobitne širine, ukoliko se navedena proširenja razlikuju, potrebno je izabrati veće za ceste sa dvije saobraćajne trake.

Standardna dužina područja proširenja iznosi:

$$L_{10} = \Delta b \cdot \frac{V_{\text{max}}}{3,6 \cdot V_{\text{red}}}$$

gdje je:

V_{red} - brzina u bočnom smjeru [km/h]

Na pravcima i pri velikim radijusima krivina, proširenje je moguće uraditi izvođenjem prijelaza sa dvije duple kvadratne parabole.

U cilju osiguranja estetskog izgleda područja proširenja ceste, preporučuje se da se linija bočnog kretanja dovede u nivo sa osnovnom linijom osovine ceste, prije i poslije proširenog dijela ceste (izvođenje paralelne osovine uzimajući u obzir simetriju geometrijskih elemenata osovine).

U slučaju promjene broja saobraćajnih traka u poprečnom profilu:

- saobraćajna traka ubeg profila treba direktno biti nastavljena u saobraćajnu traku u istom smjeru izbeg profila (kolovozna traka u kolovoznu traku), s tim da je bilo kakve situacione ispravke direktnog nastanka potrebno izvesti kako je gore opisano i
- dodatne saobraćajne trake treba dodavati jednu po jednu, tako da svaka dodatna traka počinje od osnovne ili prethodno dodate saobraćajne trake, najmanje na prijelaznoj

udaljenosti, koja se utvrđuje na osnovu linearnog proširenja kolovoza 1:40 i zaokruživanja tangenti sa $R=3 \cdot R_{\min}$.

Proširenje kolovoza za mimolaženje

Proširenje kolovoza za mimolaženje je predviđeno za odgovarajuće i sigurno mimolaženje dva vozila, prvenstveno u kombinaciji teretno vozilo-teretno vozilo, zatim ako je normalan poprečni profil odabran za slučaj mimolaženja kombinacije pumičko vozilo-pumičko vozilo ili u slučaju dvosmjernog kolovoza sa jednom saobraćajnom trakom, širine manje od 5,00 m. Dimenzije proširenja kolovoza za mimolaženje su prikazane u tabeli 18.

Tabela 18. Dimenzije proširenja kolovoza za mimolaženje dva teretna vozila

Širina [m]		Dužina [m]		
saobraćajna traka b_s	proširenje za mimolaženje Δb_m	ulaz/izlaz L_{ul}	proširenje za mimolaženje L_m	ukupno L_{ukup} ($L_{ul} + 2 \cdot L_m$)
3,00	2,50	10,00	10,00	30,00
3,50	2,00	10,00	7,00	24,00
4,00	1,50	10,00	5,00	20,00
4,75	0,75	10,00	3,00	16,00

¹ jedna saobraćajna traka, dvosmjerni kolovoz

Suženje kolovoza

Suženje kolovoza usljed izmjene širine saobraćajnih traka se izvodi primjenom postupaka koji su predviđeni za proširenje, gdje prijelazna dužina mora biti takva da omogućava smanjenje brzine sa V_{prej} na široj saobraćajnoj traci na V_{posl} na užoj saobraćajnoj traci. U slučaju da se saobraćajna traka sužava za više od 0,25 m, razlika dijela suženja treba izvesti na dijelu šiće trake (primjenom odgovarajuće saobraćajne signalizacije-saobraćajni znaci, horizontalna signalizacija), a preostalih 0,25 m u području fizičkog prijelaza, koji se izračunava kako je navedeno u poglavlju Proširenje i suženje kolovoza pri promjeni širine i broja saobraćajnih traka.

Suženje kolovoza zbog smanjenja broja saobraćajnih traka izvodi se u slučaju:

- završetka dodatne trake i
- smanjenja broja saobraćajnih traka u poprečnom profilu ceste.
- Završetak dodatne saobraćajne trake

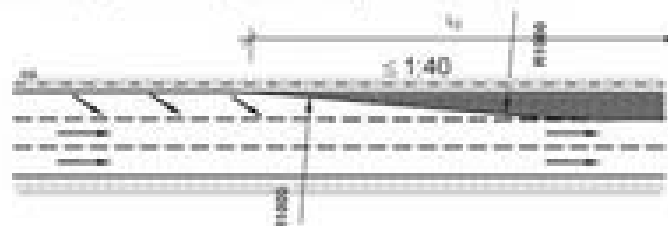
Dodatne saobraćajne trake na kolovozu, koje se na navedenom kolovozu i završavaju, predstavljaju trake koje su izgrađene za potrebe saobraćajnih tokova koji se uključuju na cestu ili zbog povećanja propusnosti ceste.

Dodatne trake za uključivanje na cestu (u području raskrsnica), po pravilu, treba da se nalaze sa desne strane kolovoza, te na njemu moraju biti i završene. Dodatna traka za povećanje propusnosti ceste može da se nalazi sa desne ili sa lijeve strane saobraćajnih traka, koje su predviđene za kretanje u određenom smjeru. Završetak dodatnih traka treba izvesti postupno (jednu po jednu) bez obzira sa koje strane smjera vožnje se nalaze.

Minimalna prijelazna dužina završetka dodatne trake je određena (slika 14):

- sužetjem ivice saobraćajne trake u odnosu smanjenja 1:40 i
- zaokruživanjem sa $R=2,5 \cdot R_{\min} \geq 1.000$ m.

Slika 14. Završetak lijeve saobraćajne trake na proširenom kolovozu



Završena saobraćajna traka treba na kraju prijelazne dužine da ima širinu od najmanje 2,0 m, dok područje koje ne pripada kolovozu (sigurnosno područje) treba da bude označeno horizontalnom signalizacijom.

Saobraćajne trake treba da se završavaju na lijevoj strani pojedinih smjerova vožnje, te su stoga predviđene za veće brzine vožnje. Bez obzira na odredbe koje se odnose na minimalnu prijelaznu dužinu, na završenoj saobraćajnoj traci potrebno je postaviti upozorenje o smanjenju brzine i završetku saobraćajne trake (pomoću saobraćajne opreme). Navedenu opremu treba postaviti na odgovarajućoj udaljenosti od prijelazne dužine.

Ukupna dužina prijelaza za uključenje na susjednu saobraćajnu traku mora biti ispitana dimenzioniranjem saobraćaja, primjenom metode definirane u Priručniku o kapacitetu cesta (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, D.C., SAD, 2000).

- Smanjenje broja saobraćajnih traka

Promjena broja saobraćajnih traka izvodi se isključivo u području šireg profila, kako je navedeno u dijelu Završetak dodatne saobraćajne trake.

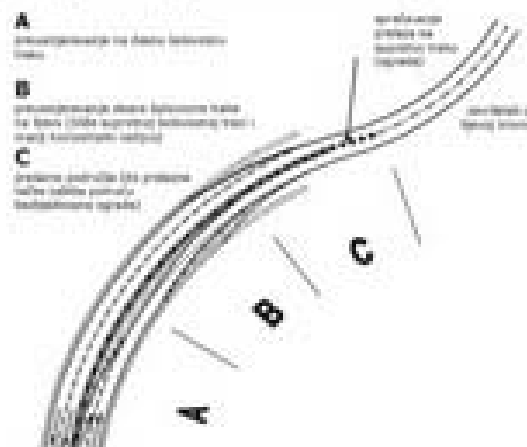
U slučaju većeg broja dodatnih traka, trake treba postupno završavati (slika 15). Istovremeni završetak dodatnih traka sa desne i lijeve strane u jednom smjeru vožnje nije dozvoljen.

Smanjenje broja saobraćajnih traka se izvodi u potpunosti na području šireg profila. U području prijelaza sa šireg na užim profil, dozvoljeno je trasiranje samo saobraćajnih traka čiji je broj jednak predviđenom za jedan smjer vožnje u užem profilu.

Linija povezivanja suženog dijela sa užim profilom treba da bude izvedena neprekidnim trasiranjem osovine ceste od užeg profila prema području šireg profila. Položaj osovine ceste treba da se zadrži s obzirom na neprekidno trasiranje saobraćajne trake u užem profilu. Linija koja povezuje oba profila treba da omogući:

- postupno smanjenje brzine vožnje (simetrija geometrijskih elemenata osovine povezivanja prijelaznog dijela ceste) i
- uključenje linije povezivanja na područje užeg profila u području luka nalijevo (u smjeru vožnje) ili (u izuzetnim slučajevima) pravo.

Slika 15. Smanjenje broja saobraćajnih traka sa četiri na dvije



Ulazak linije povezivanja u područje užeg profila u području luka nadesno (u smjeru vođenja) je dozvoljen samo ukoliko su smjerovi vođenja fizički razdvojeni. Ukoliko smjerovi vođenja nisu fizički razdvojeni potrebno ih je u području završetka lijeve kolovozne trake fizički razdvojiti. Fizičko razdvajanje smjerova vođenja preko krivine nadesno treba izvesti do vezne tačke klotoide koja vodi do lijevog luka.

Neprekidno trasiiranje saobraćajnih traka treba, usljed mogućih razlika u veličini geometrijskih elemenata osovine ceste u užem profilu, kao i u području šireg profila, da bude prerasuđeno na položaj koji je imalo u poprečnom profilu u užem profilu.

Fizičko razdvajanje smjerova vođenja u području prijelaza iz šireg u uži profil treba izvesti pomoću nepropusnih sigurnosnih ograda. Širina kolovozne trake duž nepropusnih sigurnosnih ograda treba da iznosi 4,50 m.

4.2.1.2. Ivična traka

Ivična traka predstavlja element kolovoza koji služi za povećanje sigurnosti saobraćaja (i prohodnosti u hitnim slučajevima), služi za održavanje stabilnosti kolovozne konstrukcije i omogućava postavljanje znakova na cesti (označavanje ivica kolovoza). Označavanje ivica kolovoza treba da bude izvedeno sa unutrašnje strane ivične trake (strane za vođenja).

Ivične trake se ne unesuavaju u širinu saobraćajne trake. Ivične trake se izvode sa obje strane kolovoza i neprekidno u istoj širini na kompletnej dionici za koju je utvrdjen normalan poprečni profil.

Širina ivične trake zavisi od brzine vozila i od širine saobraćajnih traka na cesti. U tabeli 19 je prikazana zavisnost širine saobraćajne i ivične trake.

Tabela 19. Zavisnost širine saobraćajne i ivične trake

Saobraćajna traka b, [m]	Ivična traka b, [m]
≤ 3,75	0,50
3,75 < b ≤ 5,50	0,70
b > 5,50	0,20

Ivična traka se izvodi i duž ivičnjaka na gradskim cestama i cestama u naseljenim područjima. U slučaju odvodnjavanja urbanih područja preko otvora ispod ivičnjaka, širina ivičnih traka

duž ivičnjaka u naseljenim područjima treba da bude jednaka širini ivičnih traka na cestama izvan naseljenih područja. Ako se na gradskim cestama odvodnjavanje duž ivičnjaka izvodi preko relektantnih slivnika, ivičnu traku treba proširiti na 0,50 m.

Ako se izdignuti ivičnjaci koriste na kraćim dionicima cesta izvan naseljenih mjesta (mostovi, autobusna stajališta i dr.), pored ivične trake je potrebno izvesti i zaštitnu traku, s tim da širina zaštitne trake treba da bude jednaka širini ivične trake.

4.2.1.3. Zaustavna traka

Područje zaustavne trake obuhvata:

- čvrste bankine za prinudno zaustavljanje i
- stajališta, odnosno odmorila.

Zaustavne trake, kada se koriste, zamjenjuju ivične trake i dopunjavaju ih tako što povećavaju funkciju saobraćajne sigurnosti i propusnosti ceste. Predviđene su za prinudno zaustavljanje vozila i izvode se uz spoljašnju ivicu saobraćajne trake. Podužne ivice kolovoza za označavanje se izvode primjenom istih pravila kao za ivične trake.

Izbor područja za zaustavnu traku na cesti se provjerava s obzirom na iskorišćenost propusnosti ceste, u skladu sa metodologijom Priručnika o kapacitetu cesta (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, D.C., SAD, 2000). Po pravilu, zaustavne trake se izvode na cestama iz tehničke grupe A. Ove trake je moguće izvesti duž bilo koje ceste, bez obzira na iskorišćenost propusnosti, ukoliko je opravdano povećanje investicionih troškova.

Širina zaustavne trake (b_z) zavisi od učestalosti zaustavljanja tipičnog vozila. Po pravilu, širine zaustavnih traka su sljedeće:

- 2,50 m za teretna vozila i $V_{pr} \geq 90$ km/h,
- 1,75 m za putnička vozila i $V_{pr} \geq 90$ km/h i
- 1,50 m za putnička vozila i $V_{pr} < 90$ km/h

Uvođenje zaustavne trake nije pravilo, već se potreba procjenjuje u zavisnosti od slučaja, s obzirom na saobraćajno opterećenje i njegovu strukturu, kao i analize sigurnosti saobraćaja.

Po pravilu, zaustavna traka se ne predviđa:

- na objektima (vijadukti i mostovi) čiji je raspon veći od 150 m, a nalaze se na terenu sa znatnim ili velikim ograničenjem (tabela 12),
- u tunnelima dužim od 200 m,
- na dijelovima gdje se predviđa traka za spona vozila i
- na dijelovima čvorišta gdje se predviđa trak za obrtanje ili usporenje.

U tunnelima i galerijama, kao i na ostalim dijelovima cesta na kojima se ne predviđa zaustavna traka mogu se na pogodnim mjestima predvidjeti niše za privremeno zaustavljanje vozila. Razmak i dimenzije niša se definišu prema terenskim uvjetima. Treba nasprijati da se izbjegne naspramno postavljanje niša za suprotne smjerove.

Potreba za izvođenjem stajališta, odnosno odmorila se utvrđuje na osnovu veličine saobraćajnog opterećenja i brzine vožnje na relevantnoj cesti.

U području gdje na cesti postoje dodatne saobraćajne trake moguće je izostaviti izvođenje zaustavnih traka, ukoliko iskorišćenost ceste na kraju planskog razdoblja ne prijelazi 70 % njegovog kapaciteta. Ako, u tom slučaju, dužina zaustavne trake prijelazi 400 m, duž njih je potrebno izvesti stajališta, odnosno odmorila.

Ukoliko su dodatne saobraćajne trake izvedene na udaljenosti manjoj od 200 m, potrebno je spojiti dvije uzastopne dodatne trake.

4.2.1.4. Dodatne trake

Dodatne trake se izvođe na dionici gdje postoji potreba za uvođenjem posebnih traka za određenu saobraćajnu funkciju ili vrstu saobraćaja. Navedene trake obuhvataju:

- trake za spori saobraćaj,
- trake u području raskrsnice, izlazne i ulazne trake i trake za spajanje (trake za prestrojavanje),
- trake predviđene za javni prijevoz putnika i
- trake za mirujući saobraćaj, odnosno podužno parkiranje.

Zahtjevi za izvođenjem dodatnih saobraćajnih traka moraju biti opravdani ispitivanjem propusne moći. Dodavanje i oduzimanje dodatnih saobraćajnih traka mora biti tehnički izvodljivo, uzimajući u obzir sigurnost saobraćaja, odnosno s obzirom na dužinu, osiguranjem odgovarajuće propusnosti u područjima razdvajanja i spajanja saobraćajnih tokova.

4.2.1.4.1. Trake za spori saobraćaj

Na cestama sa velikim saobraćajnim opterećenjem i velikim brojem tetetnih vozila, potrebno je izvesti traku za spori saobraćaj za kretanje uzbrdo i/ili nizbrdo. Usljed smanjenja brzine teretnih vozila ispod minimalne brzine dolazi do umanjenja nivoa usluge i sigurnosti saobraćaja, a može doći i do smanjenja propusne moći.

Postupak provjere potrebe za dodatnom trakom za spori saobraćaj se provodi provjerom propusne moći i provjerom brzine mjerodavnog teretnog vozila. Dodatna traka za spori saobraćaj se, po pravilu, primjenjuje za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja, a kod ostalih cesta izuzetno.

Dodatne saobraćajne trake na usponima/padovima se izvođe dodavanjem saobraćajne trake sa desne strane vozne trake i završetkom krajnje lijeve trake za preticanje ili kolovozne trake ili dijela kolovoza koji je predviđen za jedan smjer vožnje. Završetak lijeve saobraćajne trake ne smije početi dok vozila na dodatnoj traci (traka za spori saobraćaj) ne postignu brzinu vožnje, koja je za manje od 20 km/h ispod brzine vožnje na voznoj traci relevantne ceste.

Širina trake za spori saobraćaj treba da iznosi $b_{sp}=3,25$ m, izuzetno 3,00 m.

Kriterijumi za primjenu dodatnih traka na usponu

- Saobraćajno-tehnički kriterijum (provjera propusne moći)

Po saobraćajno-tehničkom kriterijumu provjerava se propusna moć ceste pri traženom nivou usluge. Ako je tako utvrđena propusna moć manja od saobraćajnog opterećenja u mjerodavnom vršnom času na kraju planskog perioda, treba predvidjeti dodatnu traku za spora vozila. Mjerodavni vršni čas propisuje se projektnim zadatkom, a obično je predstavljen 100-tim satom. Ako se ne raspolaze podatkom o saobraćaju za 100-ti sat moguće je uvojitii mjerodavno vršno časovno opterećenje u iznosu od 10-12 % PGDS.

Ako se usvoji dodatna traka po ovom kriterijumu treba provjeriti propusnu moć ceste sa dodatnim trakom.

Provjera propusne moći se provodi u skladu sa metodologijom Priručnika o kapacitetu cesta (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, D.C., SAD, 2000).

- Vozno-dinamički kriterijum (provjera brzine)

Po vozno-dinamičkom kriterijumu brzina mjerodavnog teretnog vozila na usponu se određuje prema dijagramu na slici 16. Ako je ona manja od najmanje brzine vozila u saobraćajnoj traci (V_{min}), prema tabeli 20, treba predviđeti dodatnu traku za spora vozila.

Slika 16. Brzina sporih vozila na usponima

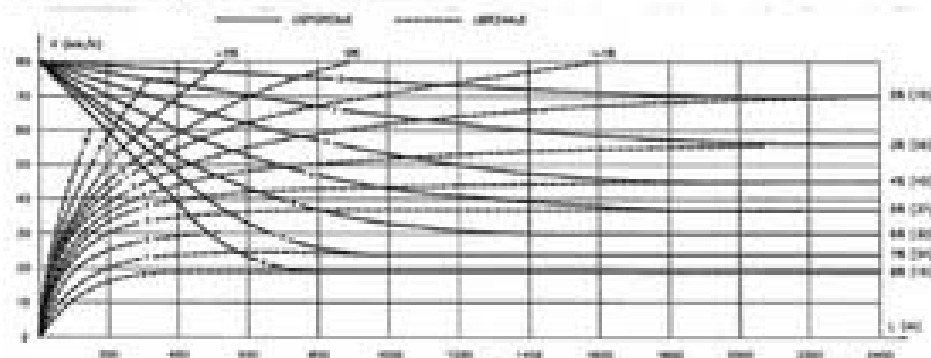


Tabela 20. Vozno-dinamički kriterijum za primjenu dodatnih traka na usponu

Predviđena brzina V_{pred} [km/h]	Najmanja brzina vozila V_{min} [km/h]	Kritična brzina V_k [km/h]
≥ 120	45	55
100	40	50
80	35	45
60	30	40

- Određivanje početka i kraja dodatne trake

Dodatna traka počinje na mjestu gdje brzina teretnog vozila padne na brzinu V_k prema tabeli 20, a završava se na mjestu gdje brzina premaši V_k .

Na cestama iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja, dužina dodatne trake ne smije biti manja od 800 m.

Dvije uzastopne dodatne trake se spajaju u jednu ako im je međusobna udaljenost:

- manja od 500 m za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja i
- manja od 300 m za sve ostale ceste.

Kriterijum za primjenu dodatnih traka na padu

Za dionicu ceste u padu primjenjuje se sljedeći kriterijum za utvrđivanje potrebe za dodatnom trakom: ako je podužni nagib kod cesta iz tehničke grupe A veći od 4 %, odnosno kod cesta iz tehničke grupe B veći od 5 %, a prema kriterijumima za uvođenje dodatne trake na usponu postoji potreba za dodatnom trakom na usponu dužine $L_{us} \geq 500$ m, tada se traka za spora vozila predviđa i na padu.

4.2.1.4.2. Dodatne saobraćajne trake na raskrsnicama

Dodatne saobraćajne trake na raskrsnicama treba izvesti tako da trag vozila ne prijelazi na područje kolovozne trake na koju se dodaje dodatna traka.

Izlazne i ulazne trake su dodatne trake izgrađene sa desne strane spoljašnje vozne trake na cesti i predviđene su za saobraćaj i vozno-dinamičko prilagođavanje vožnje u području

kombiniranja i račvanja krakova priključaka u vile nivoa ili u područja račvanja ili raskrsnica u nivou, gdje je takvo uređenje neophodno usljed saobraćajnih uvjeta (broj vozila na priključku ili mjestu račvanja). Kod račvanja ili raskrsnica u nivou dozvoljeno je projektovanje dodatnih traka i sa lijeve strane voznih traka.

Minimalna širina dodatnih saobraćajnih traka u područja kombiniranja i račvanja krakova priključaka u vile nivoa iznosi 3,5 m.

Minimalna širina dodatnih saobraćajnih traka kod račvanja ili raskrsnica u nivou iznosi 2,5 m, pri čemu ne bi trebalo dozvoliti prijelaz traga merodavnog vozila na područje osnovne kolovozne trake.

Dužina navedenih traka se određuje dimenzioniranjem saobraćaja, u skladu sa metodologijom Priručnika o kapacitetu cesta (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, D.C., SAD, 2000), i uzimajući u obzir brzinu vožnje na glavnim, izlaznim ili ulaznim smjerovima.

4.2.1.4.3. Trake predviđene za javni prijevoz putnika

Traka za javni prijevoz putnika (autobus, taksi, željeznički saobraćaj-tramvaj), koja je namijenjena većoj prolaznosti vozila za javni prijevoz putnika, može biti dodata cestama u većim gradovima i mjestima, duž vozne trake (sa vanjske strane).

Širina trake za javni saobraćaj iznosi $b_{jv}=3,25$ m.

4.2.1.4.4. Trake za mirujući saobraćaj

Podužne trake za mirujući saobraćaj predviđene su za zaustavljanje i parkiranje vozila. Širina ovih traka zavisi od načina parkiranja vozila.

Poprečni nagib kolovoza ovih saobraćajnih traka treba da bude jednak poprečnom nagibu kolovoza. Ukoliko je nagib izveden u suprotnom smjeru, traku za mirujući saobraćaj je potrebno proširiti u cilju postavljanja naprava za podužno odvodnjavanje (usječeni kanali za odvodnjavanje sa širinom od 0,5 m, dok dubina ne treba da prelazi 10 % širine).

Izvođenje podužnih traka za mirujući saobraćaj nije dozvoljeno na cestama iz tehničkih grupa A i B. Izvođenje istih u izuzetnim slučajevima mora biti opravdano procjenom njihovog utjecaja na sigurnost saobraćaja na cestama.

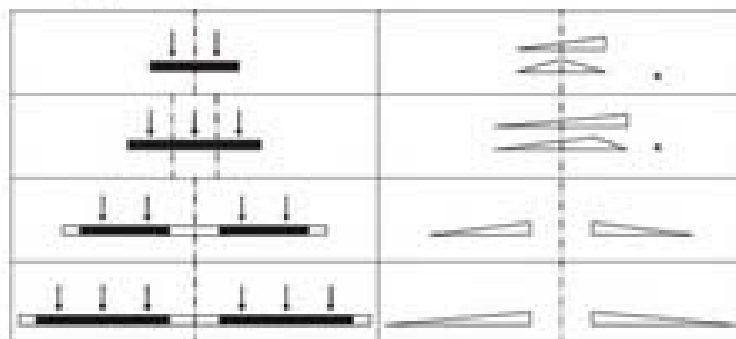
Pri planiranju izvođenja traka za mirujući saobraćaj potrebno je osigurati odgovarajuću zaustavnu preglednost na česti. U slučaju da preglednost nije osigurana, potrebno je smanjiti brzinu vožnje na cesti.

Kod cesta sa malim saobraćajnim opterećenjem i javnih cestama u naseljenim područjima sa elementima za $V_{max} \leq 40$ km/h, dozvoljeno je izvođenje traka za podužno parkiranje vozila, sa širinom od 2,50 m, od čega 0,50 m čini zaštitnu traku.

4.2.1.5. Poprečni nagib kolovoza

Poprečni nagib kolovoza (q) se, po pravilu, projektuje na jednu stranu i to u nagibu prema unutrašnjoj strani krivine u cilju ostvarenja maksimalne sigurnosti saobraćaja (slika 17).

Slika 17. Vrste poprečnih nagiba kolovoza



* dozvoljeno pri rekonstrukciji i obnavljanju postojećih puteva

Dvostrani poprečni nagib (krov) je dozvoljen na cestama sa više saobraćajnih traka, ukoliko isti omogućavaju horizontalni element ceste koji su definirani minimalnim radijusom horizontalne krivine sa poprečnim nagibom q_{min} . U tom slučaju, sve kolovozne trake u jednom smjeru moraju imati isti poprečni nagib.

Dvostrani poprečni nagib (krov) je obavezan za ceste sa makadamskim kolovozom.

Kod cesta iz tehničkih grupa A i B, negativan poprečni nagib treba u načelu izbjegavati ili ga ne primjenjivati ukoliko poprečni nagib površine prijelazi 3 %.

Kod cesta sa dvije saobraćajne trake na jednom kolovozu, dvostrani poprečni nagib (krov) je dozvoljen samo u izuzetnim slučajevima, pri izvođenju složenih rekonstrukcija cesta sa dvostranim poprečnim nagibom (krov). U tom slučaju, vrh nagiba (krova) treba da bude zaobljen, tako da se postiže odgovarajuće vertikalno zaobljenje za vožnju od jedne trake do druge (prelivanje). Ako projektom nije drugačije određeno, zaobljenje treba izvesti u širini 3,0 m (1,5 m sa svake strane osovine) i bisektrisom u najvišoj tački od 0,03 m.

Sve dodatne trake na kolovozu (dodatne kolovozne trake i stabilizirane ivične trake) moraju imati isti poprečni nagib kao i glavna kolovozna traka. Izuzetak predstavljaju zaustavne trake i trake za ubrzanje/usporenje, čiji poprečni nagib treba biti u skladu sa horizontalnim elementom istih. Razlika između poprečnih nagiba kolovoza i dodatne trake u tački razdvajanja ili kombiniranja (na kraju stabilizovanog područja) ne treba da prijelazi 5 % i 8 % na cestama iz tehničkih grupa A i B, kao i na ostalim cestama. Usljed vitoperenja dodatne saobraćajne trake, u obzir je potrebno uzeti kvalitetno podulno odvodnjavanje.

4.2.1.5.1. Granične vrijednosti poprečnog nagiba

U cilju osiguranja kvalitetnog otjecanja površinskih voda, kolovoz mora imati minimalan poprečni nagib (q_{min}). Odstupanja od minimalne vrijednosti dozvoljena su samo u području promjene poprečnog nagiba između suprotno usmjerenih krivina (vitoperenje) i u području raskrznica u nivou.

Minimalne vrijednosti poprečnog nagiba kolovoza (q_{min}), u odnosu na kvalitet i vrstu materijala upotrebljenih za izradu zaslora, iznose:

- asfaltni kolovozi 2,5 %
- cement-betonski kolovozi 2,0 % i
- makadamski kolovozi 4,0 %

U cilju sprečavanja klizanja u poprečnom smjeru u slučaju smanjenog KTK ili usporavanja vožnje, određene su maksimalne vrijednosti poprečnog nagiba (q_{max}) u krivinama:

- ceste iz tehničke grupe A 7 ‰ (8 ‰),
- ceste iz tehničke grupe B 7 ‰ (8 ‰),
- ceste iz tehničke grupe C 5 ‰ (7 ‰) i
- za veće podulne nagibe $q_{max} = \sqrt{q_{pod}^2 + q^2}$

gdje je:

q_{pod} - rezultujući nagib kolovoza [‰] i

q - podulni nagib nivelele [‰].

Vrijednosti u zagradama mogu da se primjenjuju na cestama iz tehničkih grupa A i B u cilju poboljšanja vožno-dinamičkih uvjeta, kada pri rekonstrukciji cesta nije moguće upotrijebiti nijednu drugu mjeru u cilju povećanja minimalnog radijusa kruznog luka. U slučaju novogradnje, primjena nagiba $q_{max}=8$ ‰ nije dozvoljena. Na cestama iz tehničke grupe C, primjena nagiba $q_{max}=7$ ‰ je dozvoljena samo ukoliko je uvjetovana okolnom gradnjom i ukoliko se na poseban način izvede priključci na cestu ili ukoliko isti ne postoje.

Odstupanja (do $q_{max}=9$ ‰) su dozvoljena samo u posebnim slučajevima (serpentine)

Maksimalan poprečni nagib kolovoza za autoceste u tunelu iznosi 4 ‰.

4.2.1.5.2. Poprečni nagib u krivinama

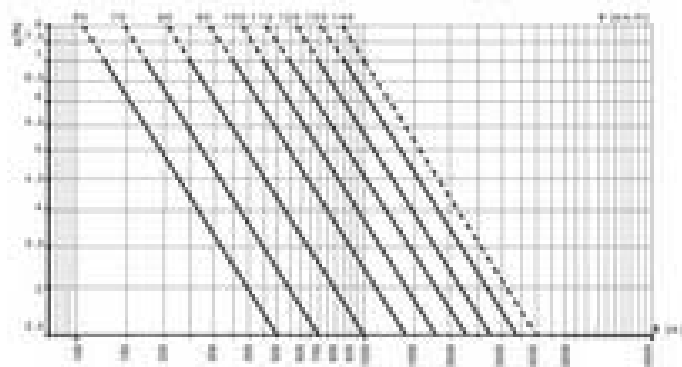
U krivinama, kolovoz mora, u vožno-dinamičke svrhe, biti nagnut prema središtu krivine. Izuzetak predstavlja $R_0 > R_k$ ($q \approx 2,5$ ‰), gdje je dozvoljeno izvođenje poprečnog nagiba u suprotnom smjeru.

Primjena dvostranog poprečnog nagiba u krivinama nije dozvoljena. Dozvoljena je samo u izuzetnim slučajevima pri radijusa $R_0 > R_k$.

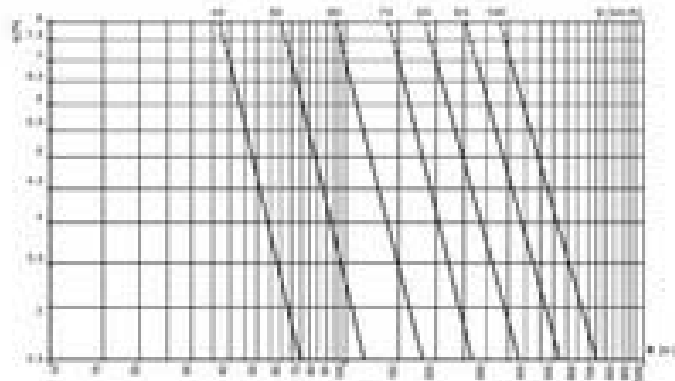
Srednje vrijednosti poprečnih nagiba za $R_{min} > R_0 > R_k$ zavise od računске brzine (računska ili projektna brzina, u zavisnosti od tehničke grupe ceste) i od stupnja iskorisćenosti KTK u poprečnom smjeru, kako je određeno za svaku tehničku grupu cesta. Granične vrijednosti radijusa kruznog luka su definirane u poglavlju Elementi situacionog plana, dio Kružni luk.

Na slikama 18-20 prikazane su vrijednosti V_0, R_0, q_0 za različite računске brzine V_0 . Očitane vrijednosti se zaokružuju za 0,1 ‰ na više. Pri kompjuterskoj obradi (tačan proračun) u obzir se uzima logaritamska zavisnost R_0, q_0 .

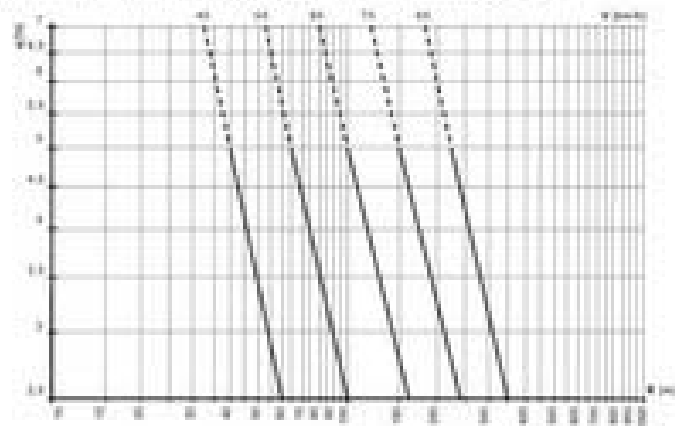
Slika 18. Međusobna zavisnost V_0, R_0, q_0 za ceste iz tehničke grupe A



Slika 19. Međusobna zavisnost V , R , q , za ceste iz tehničke grupe B



Slika 20. Međusobna zavisnost V , R , q , za ceste iz tehničke grupe C



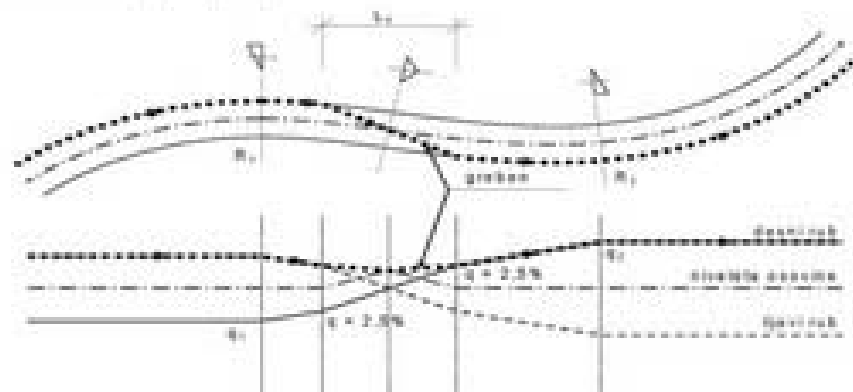
4.2.1.5.3. Promjena poprečnog nagiba (vitoperenje) kolovoza

Promjena poprečnog nagiba (vitoperenje) kolovoza predstavlja kontinualno mijenjanje poprečnog nagiba kolovoza.

Promjena poprečnog nagiba (vitoperenje) kolovoza se, u načelu, izvođa na čitavoj dužini prijelazne krivine (slika 21), s tim da je potrebno napraviti razliku između:

- promjene poprečnog nagiba između dva istosmjerna poprečna nagiba i
- promjene poprečnog nagiba između dva suprotno usmjerena poprečna nagiba.

Slika 21. Izvođenje vitoperenja



Promjena poprečnog nagiba je linearna, a prijelazne dijelove između susjednih različitih podužnih nagiba treba izvesti vertikalnim zaobljenjem sa dvostrukom kvadransom parabolom.

Ukoliko, iz stručno opravdanih razloga (npr. nesrazmjerne veličine susjednih kružnih lukova koji su povezani prijelaznom krivinom, pri čemu za veći od njih važi $R_1 > R_2$), nije projektom predviđeno drugačije, poprečni nagib kolovoza $q=0\%$ treba da bude na vertikalnoj tački klotoide ili pored nje. Područje promjene poprečnog nagiba između dva suprotno usmjerena poprečna nagiba u dijelu koje je ograničeno vrijednostima poprečnog nagiba $\pm q_{\max}$ je uže područje vitoperenja.

Izgled promjene poprečnog nagiba kolovoza određen je nagibom rampe vitoperenja, a uvjetovan je vorno-dinamičkim i optičkim parametrima, te posebnim zahtjevima efikasnog odvodnjavanja kolovoza. Nagib košine vitoperenja (Δs) predstavlja relativan podužni nagib (RPN) ivice neprolirnog kolovoza s obzirom na podužni nagib nivelete (s).

RPN se određuje na osnovu jednačine:

$$\Delta s = \frac{q_2 - q_1}{L_p} \cdot b_1 = \frac{\Delta q}{L_p} \cdot b_1$$

gdje je:

q_1 i q_2 - poprečni nagib kolovoza na početku, odnosno kraju potera vitoperenja [%],

L_p - dužina vitoperenja [m],

b_1 - rastojanje udaljene ivice kolovoza od osovine vitoperenja [m].

RPN ivice kolovoza (nagib rampe vitoperenja) koja se javlja pri promjeni poprečnog nagiba kolovoza, treba da iznosi:

- pri promjeni nagiba između istosmjernih poprečnih nagiba $0\% \leq \Delta s \leq \Delta s_{\max}$ i
- pri promjeni nagiba između suprotno usmjerenih poprečnih nagiba $\Delta s_{\max} \leq \Delta s \leq \Delta s_{\max}$.

Upotreba RPN koji je jednak $\Delta s_{\max}$ preporučuje se iz estetskih razloga.

Ako predviđeni RPN prijelazi granicu $\Delta s_{\max}$, potrebno je povećati dužinu prijelazne krivine. Za ceste iz tehničke grupe C, u izuzetnim slučajevima je moguće povećati područje promjene poprečnog nagiba do ulaznog kružnog luka. Isto se primjenjuje i za ceste iz tehničke grupe B- unutar naselja, ukoliko se promjena poprečnog nagiba izvodi između istosmjernih uzastopnih krivina.

Najmanja dužina vitoperenja se može odrediti korišćenjem maksimalnog dozvoljenog RPN:

$$\min L_v = \frac{q_2 - q_1}{\Delta q_{\max}} \cdot b_1 + \frac{\Delta q}{\Delta q_{\max}} \cdot b_2$$

Ako je projektovani RPN manji od $\Delta q_{\max}$ vitoperenje treba izvesti u jednom dijelu (između $+q_{\max}$) sa $\Delta q_{\max}$, a drugi dio primjenom pravila za promjenu poprečnog nagiba između istosmjernih poprečnih nagiba kolovoza.

Ako se na kolovozu nalazi zaustavna traka, širina ivične trake koja je zamijenjena zaustavnim trakama se primjenjuje za definiranje ivice kolovoza, umjesto zaustavnih traka.

Standardni način promjene poprečnog nagiba kolovoza prikazan je na slici 22. Promjenu poprečnog nagiba kolovoza treba izvesti tako da se vođa ne zadržava ni na jednom dijelu kolovoza i da se ne mijenja znak podužnog nagiba (princip "testere") ivica poprečnog profila kolovoza.

Slika 22. Načini promjene poprečnog nagiba kolovoza za različite uzastopne elemente

vrsta promjene nagiba	pravci - prelazni krivulje - spojni luk	vrsta promjene nagiba	spojni luk - prelazni krivulje - pravci
1 	E 	5 	E Q - krivulja
2 	D 	6 	E Q - krivulja / a malih ud
3 	E a1 > malih ud 	7 	D Q - krivulja / a malih ud
4 	D a1 > malih ud 	8 	D Q - krivulja / velikog ud
		9 	E Q - krivulja / vrtloženje oko točke
	Legenda: Q - ... jednostepeno vrtloženje D - ... dvostepeno vrtloženje L - ... spojni luk d.r. - desni rub		

Podužni nagib ivica kolovoza mora biti dovoljan kako bi se omogućilo izvođenje odgovarajućih naprava za podužno odvodnjavanje kolovoza.

Promjenu poprečnog nagiba iz dvostranog (krov) u jednostrani poprečni nagib treba izvesti tako da se prvo nivoisanje poprečnog nagiba izvodi nakon prilagođavanja do potrebnog konačnog poprečnog nagiba.

Promjenu nagiba pri vitoperenju treba izvesti oko podužne osovine, koja je kod cesta sa dvije saobraćajne trake identična osovini ceste ($b_v=B/2$). Kod cesta sa razdvojenim kolovozima, promjenu poprečnog nagiba treba izvesti za svaki kolovoz posebno, s tim da se lijeva ivica svakog kolovoza upotrebljava kao osovina vitoperenja ($b_v=B$).

Kada i ukoliko vitoperenje nije moguće izvesti primjenom gore navedenih postupaka, usljed uvjetnog malog podužnog nagiba ceste ili iz bilo kojeg drugog tehničkog, ekonomskog ili prostornog razloga, svaka podužna linija u poprečnom profilu ceste, uključujući i imaginarnu, koja se nalazi izvan kolovoza, se može uzeti za osu vitoperenja. U tom slučaju izvodi se takozvani "skok" nivelete, koji počinje i završava se u području ceste sa konstantnim poprečnim nagibom.

Osnovno načelo za izbor metode vitoperenja u slučaju blagih podužnih nagiba nivelete ($s_v < \min s_v$) jeste da se vitoperenje izvodi tako da se nagibi svih podužnih linija u poprečnom profilu ceste uvijek i samo povećavaju (kao nagib ili smanjenje pada). Pad nijedne od navedenih linija ne smije biti manji od $s_{\min}$.

Kod cesta kod kojih primjena prijelazne krivine u obliku klotoide nije obavezna (dovoljan R_c , tehničke grupe C i D), polovina dužine na kojoj se vrši promjena poprečnog nagiba se izvodi na jednom, a druga polovina na drugom od dva susjedna geometrijska elementa.

Uz izuzetak cesta iz tehničke grupe A, promjena nagiba između poprečnih nagiba koji se nalaze u suprotnom smjeru treba izvesti primjenom sistema isklinjavanja.

Promjena poprečnog nagiba kolovoza (vitoperenje) u području mostova i vijadukata otežava i poskupljuje projektovanje i izgradnju, te stvara neugodan vizualni utisak.

Granice vrijednosti relativnog podužnog nagiba

Maksimalan RPN, koji se zasniva na uvjetima torzione brzine vozila, razrađen je u poglavlju Elementi situacionog plana, dio Konstrukivni uvjeti (K-uvjet tabela 28). Vrijednosti su navedene za svaku saobraćajnu traku posebno. Ako se nekoliko saobraćajnih traka nalazi na istoj osovini vitoperenja, vrijednosti iz tabele treba pomnožiti brojem saobraćajnih traka.

Ako je izračunati maksimalan RPN manji od minimalnog RPN, minimalan RPN se uvija kao maksimum.

Minimalan RPN se određuje prema osiguranju uvjeta za odvodnjavanje površine kolovoza u užem dijelu vitoperenja, i to na osnovu sljedeće formule:

$$\Delta s_{\min} = k_v \cdot b_v$$

gdje je:

$\Delta s_{\min}$ - relativan nagib udaljene ivice kolovoza s obzirom na niveletu [%] i

k_v - koeficijent intenziteta vitoperenja, standardno 0,10 %/m.

Na cestama sa geometrijskim elementima velikih dimenzija, te na kojima je velika širina kolovoza (po pravilu su to ceste sa razdvojenim kolovozima) primjena ove vrijednosti prouzrokuje "preklapanje" kolovoza (loš vizuelni izgled spoljašnje ivice kolovoza). Za takve ceste je moguće primijeniti nižu vrijednost k_v (preporučuje se 0,06 %/m, a kod veoma blage nivelete 0,03 %/m). U tom slučaju, područje koje je potencijalno opasno za akvaplaning, mora

proporcionalno biti produženo, uz smanjenje vrijednosti k . Za ovo područje projektom je potrebno predvidjeti posebne mjere (izmještanje osovine vitoperenja na dionici, odvodnjavanje asfalta i slično).

Izvođenje vitoperenja pri blagim nagibima nivele

Minimalan podužni nagib nivele definiran je u poglavlju Elementi podužnog profila, dio Dionica sa promjenljivim smjerom poprečnog nagiba. Odstupanja od navedenih uvjeta javljaju se u sljedećim slučajevima:

- ako usljed ravnosti ceste nije moguće osigurati dovoljan podužni nagib nivele;
- u području vertikalnog zaobljenja nivele na dijelu koji je ograničen fiksnim tangentama sa podužnim nagibom $\alpha < \alpha_{\min}$ koji je spojen sa kružnim lukom.

U oba slučaja, znak jedne od dvije ivice kolovoza se mijenja (princip "vestere") u užem području vitoperenja, što nije dozvoljeno, i pri tome se na kolovozu pojavljuje polje sa stajaćom vodom, u obliku gotovo savršenog kruga. U takvim uvjetima vitoperenje se izvodi primjenom posebnog stručnog postupka ili se povećava nagib nivele.

Ukoliko, iz opravdanih razloga, uže područje vitoperenja nije moguće izmjestiti u područje u kojem je dovoljan podužni nagib nivele, potrebno je pomjeriti osovinu vitoperenja u poprečnom profilu ceste. Skok nivele se izvodi kako je opisano gore u tekstu.

Izmještanje se izvodi na onoj strani profila ceste na kojoj se nalazi ivica kolovoza za koju se podužni nagib smanjuje pri vitoperenju u poređenju sa nagibom nivele. Izmještanje osovine u poprečnom profilu ceste za 1 m treba da poveća podužni nagib svake podužne linije u profilu za 0,1 %.

Ukoliko su podužni nagibi obje ivice kolovoza manji od potrebnog podužnog nagiba naprava za podužno odvodnjavanje, osovinu vitoperenja treba postaviti izvan kolovoza (virtualna osovinu).

Visinska razlika nivele (dupli skok nivele istog znaka) između susjednih krivina, gdje se izvodi vitoperenje, mora biti izjednačena izvan užeg dijela vitoperenja.

U cilju osiguranja maksimalne jednakosti visine oba kolovoza na cesti sa fizički razdvojenim kolovozima (očuvanje oblika razdjelne trake), preporučuje se da se izjednačavanje visinske razlike, koje se javlja usljed izmještanja osovine vitoperenja, izvede do polovine na svakom od razdvojenih kolovoza.

Isklinjavanje

Izmjenu poprečnog nagiba dozvoljeno je, u slučaju prinudnog horizontalnog presjeka nivele, izvesti "isklinjavanjem". Postupak se može izvesti na cestama iz tehničke grupe C i drugim cestama koje nisu dimenzionirane s obzirom na dinamiku vožnje i, uz posebno obrazloženje, također na cestama iz tehničke grupe B, gdje brzina vožnje ne prelazi 80 km/h. U načelu, isklinjavanje se može primjenjivati na cestama, gdje nije propisano uzimanje u obzir $V_{\max}$. Isklinjavanje se izvodi u području koje je ograničeno poprečnim nagibima $\pm q_{\max}$. Isklinjavanje je predstavljeno na slici 23.

Dvostrani nagib na kojem je izvršeno isklinjavanje ima oblik krova sa promjenljivom dužinom obje strane sa poprečnim nagibom $q_{\max}$. Dužina ovog područja L_{sk} zavisi od brzine i širine kolovoza i određuje se na osnovu sljedeće formule:

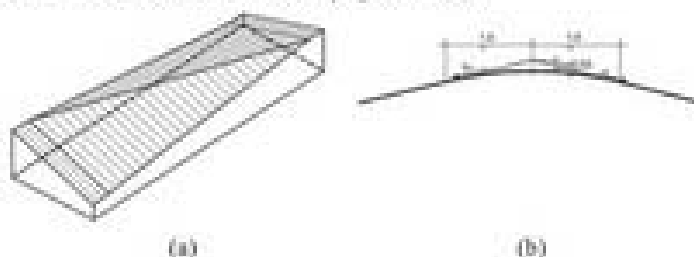
$$L_{\text{sk}} = 0.1 \cdot B \cdot V_{\max}$$

gdje je:

L_{uk} - dužina područja isklinjavanja [m]

B - širina kolovoza [m]

Slika 23. Greben (a) i ublažavanje grebena (b)



Kod isklinjavanja, greben se javlja pod uglom (slika 21a). Greben treba ublažiti vertikalnim zaobljenjem u poprečnom smjeru u dužini od 1,5 m sa svake strane i sa bisektricom 0,03 m. Ublažavanje grebena prikazano je na crtežu 23b.

Vertikalno zaobljenje ivice kolovoza

Prilikom promjene poprečnog nagiba kolovoza, obje ivice kolovoza (ili jedna od njih u slučaju vitoperenja oko jedne od ivica kolovoza) imaju, s obzirom na niveletu ceste, različit podužni presjek, koji određuje ubačena tangenta.

Zaobljenje dodatne tangente (na početku i na kraju ubačene tangente) treba izvesti primjenom postupka, koji se primjenjuje za zaobljenje preloma nivelete u podužnom profilu.

Ako se zaobljenje izvodi u području vertikalnog zaobljenja preloma nivelete, iz estetskih razloga, zaobljenje ubačene tangente treba izvesti sa radijusom koji je najmanje dva puta veći od radijusa zaobljenja preloma nivelete.

Ako se zaobljenje izvodi u dvije faze, broj ubačenih tangenti se može povećati na dva ili tri (uobičajeno). Usljed minimalnih razlika u nagibima između ubačenih tangenti, između njih se ne postavlja nikakvo vertikalno zaobljenje.

4.2.2. Prateće površine kolovoza

4.2.2.1. Saobraćajne trake za nemotorizovane učesnike u saobraćaju

Saobraćajne trake za nemotorizovane učesnike u saobraćaju, po pravilu su fizički, visinski ili razdjelnom trakom odvojene od saobraćajnih traka za motorna vozila. Potreban razmak (sigurnosna širina) zavisi od brzine kretanja motornog vozila (tabela 14).

Pjelačka staza je saobraćajna namijenjena pješacima i izvodi se uz kolovoz, odnosno uz saobraćajnu traku sa nadvišenim ivičnjakom. Odvojena je različnom širinom od tih površina. Ivičnjak je standardne visine 12 cm do maksimalno 20 cm.

Ako se pjelačka staza izvodi neposredno uz kolovoznu traku i fizički je od nje odvojena ivičnjakom, širina za dva pješaka iznosi $b_p \sim 2,35$ m, a izuzetno za jednog pješaka 1,55 m.

Na obje strane kolovoza u tunnelima obavezno je projektovanje pjelačkih staza za slučajeve nesreće i potrebe održavanja. Normalan pjelački saobraćaj nije dozvoljen u tunnelima. Pjelačke staze su izdignute 0,15 m iznad nivoa kolovoza uz minimalan poprečni nagib od 2 %. Minimalna širina pjelačke staze iznosi 0,85 m.

Biciklističke staze se izvode odvojeno od saobraćajnih površina za motorna vozila. Širina jedne trake za bicikliste iznosi 1,00 m. Biciklističke staze se smiju izvesti uz saobraćajne trake

za motorni saobraćaj, ali samo ako su denivelisane ivičnjakom i na sigurnosnoj udaljenosti od najmanje 50 cm od ivice saobraćajnog profila.

4.2.2.2. Nesaobraćajne trake (razdjelne trake)

Nesaobraćajne trake na kolovozu predstavljaju razdjelne trake između razdvojenih kolovoza ili između kolovoza i drugih saobraćajnih traka i saobraćajnih traka za mirujući saobraćaj. Razdjelne trake se izvođe u poprečnom profilu ceste kod koga je zbog sigurnosti saobraćaja nužno fizički razdvojiti dva kolovoza sa saobraćajem u suprotnim smjerovima ili vidove saobraćaja. Razdjelne trake se vizuelno i po stabilizaciji razlikuju od saobraćajnih traka.

Naprave za podužno odvođivanje kolovoza mogu biti izvedene na i u razdjelnim trakama.

Minimalna širina razdjelne trake mora biti jednaka sigurnosnoj širini (razmak između saobraćajnog i slobodnog profila ceste) i zavisi od brzine vožnje.

Širina razdjelnih traka treba, po pravilu biti jednaka duž čitave ceste, izuzev na raskrsnicama ili u slučaju proširenja i/ili sužavanja za dodatne trake. U slučaju složenih prostornih ili ekonomskih usjeta, kao i slobene nivelete, razdjelnu traku je moguće izvesti u promjenljivoj širini, s tim da svaka od ivica kolovoza trake treba da bude paralelna "svojoj" osovini razdvojenog kolovoza.

Na cestama na kojima brzina vožnje iznosi ≥ 70 km/h, razdjelna traka treba fizički da bude odvojena od kolovoza, sigurnosnom ogradom ili indignutim ivičnjakom ili kombiniranjem ove dvije mjere.

Ukoliko je zelena površina ovičena, zbog potreba održavanja njena minimalna širina treba da iznosi 1,20 m, uključujući ivičnjake sa obje strane. Uta područja se izvođe popločavanjem, a projekat u tom slučaju treba da sadrži procjenu nivoa saobraćajne sigurnosti s obzirom na uranu razdjelnu traku (brzina vožnje).

Zasađivanje drveća može biti predviđeno na razdjenoj traci koja se izvođa kao zelena površina. U tom slučaju, razmak drveća od ivice kolovoza se određuje tako da se drveće nalazi izvan slobodnog profila ceste. Širina trake također zavisi od izbora vrste drveća.

Na cestama na kojima brzina vožnje iznosi ≥ 70 km/h, ne preporučuje se zasađivanje aleja drveća iz sigurnosnih razloga. U tom slučaju potrebno je procijeniti nivo saobraćajne sigurnosti (postavljanje sigurnosnih ograda, brzina uklanjanja sušenog drveća i opalog lišća ili periodično ograničenje brzine).

4.2.2.2.1. Srednja razdjelna traka

Kod cesta sa više saobraćajnih traka previđa se srednja razdjelna traka, omogućavajući razdvojeno upravljanje saobraćajnim tokovima, odvođivanje kolovoza i postavljanje saobraćajnih znakova i javnog osvetljenja.

Na cestama se predviđaju sljedeće minimalne širine razdjelnih traka (min b_s):

- autoceste: 3,00–4,00 m, izuzetno 2,50 m (predviđeno zatravljivanje),
- ostale ceste izvan naseljenih područja: 1,25–2,50 (predviđeno popločavanje ili asfalt),
- ceste sa više saobraćajnih traka u naseljenim područjima: 1,60–4,50 m i
- ceste sa jednim kolovozom i više saobraćajnih traka ($V \leq 70$ km/h): 0,50 m (stabilizirana kao kolovoz).

Ukoliko je trasa položena na padini terena sa odvojenim kolovozima i visinski nezavisnim vođenjem nivelete, te s ciljem racionalizacije radova, nestandardnu širinu srodoje razdjelne trake uvjetuju terenske prilike.

4.2.2.2.2. Bočne razdjelne trake

Bočne razdjelne trake treba predvidjeti uglavnom u gradovima i mjestima i naseljenim područjima, ukoliko se navedene trake koriste za razdvajanje biciklističkih ili pješačkih površina od kolovoza, uređenje zasadenih površina duž ceste ili kao trake u kojima se postavljaju podužne komunalne instalacije duž kolovoza.

Minimalna širina bočne razdjelne trake iznosi $\min h_{\text{B}} = 1,20 \text{ m}$. Širina bočne razdjelne trake na kojoj je zasađeno drveće i žbunje iznosi najmanje 2,0 m.

Razdjelne trake mogu biti na nivou kolovoza ili od njega indignute pomoću ivičnjaka, i to:

- $h_{\text{ind}} = 7 \text{ cm}$ ukoliko je razmak sigurnosne ograde od ivičnjaka $\geq 50 \text{ cm}$,
- $h_{\text{ind}} = 10 \text{ cm}$ na cestama izvan naseljenih područja, ukoliko je ivičnjak postavljen do 10 cm prije ograde ili
- $h = 12\text{--}13 \text{ cm}$ na cestama u naseljenim područjima (bez ograde).

4.2.2.3. Podužne površine za zaštitu kolovoza i postavljanje saobraćajne opreme (bankine)

Bankine su podužne površine za zaštitu kolovoza i postavljanje saobraćajne opreme. Bankine se vizuelno i po načinu stabilizacije razlikuju od saobraćajnih površina. Ukoliko se izvođač kao kolovoz, mora biti razdvojena neprekidnom bijelom oznakom ivice kolovoza.

Bankine su predviđene za:

- osiguranje veće sigurnosti saobraćaja (primadna upotreba dodatne širine),
- postavljanje naprava i objekata za upravljanje i zaštitu saobraćaja (razdjelni smjerokazi i sigurnosne ograde),
- postavljanje naprava za podužno odvodnjavanje kolovoza (kanali, plitki kružni kanali, indignuti ivičnjaci sa sigurnosnim područjem) i
- za izvođenje ivičnjaka.

Širina bankine zavisi od vrste (saobraćajne funkcije) ceste, brzine vožnje i naprava (saobraćajna oprema, drenaža) koje se na nju postavljaju. Humusni dio nasipom zaštićene ili usjeđene kosine, koji se proteže u bankinu, ne treba obuhvatiti širinom bankine.

Minimalna širina bankine iznosi 1,00 m. Širine bankina, u zavisnosti od predviđene brzine su prikazane u tabeli 21.

Tabela 21. Širine bankina

V_{proj} [km/h]	40-60	70-90	≥ 100
b_n [m]	1,00	1,30	1,50

Minimalna širina bankine duž zaustavne trake iznosi 1,00 m.

U izuzetnim slučajevima, na cestama iz tehničkih grupa C i D, širina bankine može da iznosi 0,50 m (ceste bez smjerokaza) i 0,75 m (sa smjerokazima). Navedeni izuzeci mogu se primjenjivati i na cestama iz tehničke grupe B-izvan naselja, ukoliko je saobraćajno opterećenje na takvim cestama ispod 1.000 voz/dan.

Na nasipima višim od 3,00 m na bankinama treba osigurati širinu za postavljanje zaštitne ograde. Potrebna širina bankine za jednostranu zaštitnu ogradu iznosi najmanje 1,20 m, a za izvođenje odbojne ograde najmanje 1,50 m (stub zaštitne ograde ugrađuje se najmanje 50 cm od spoljne ivice bankine).

Širina bankine duž biciklističke staze ili trotoara iznosi 0,50 m, a ukoliko je ivica biciklističke staze ili trotoara posebno stabilizirana (granitne kocke, betonski ivičnjaci), širina može da iznosi 0,25 m.

Površina bankine može biti gječana (drobljeni kamen ili šljunak), humuzirana, popločana ili vezana (beton ili obrađene kamene ploče za popločavanje, asfalt, cement beton). Vanjski izgled stabilizirane bankine se razlikuje od kolovoza po materijalu i boji.

Ako je površina bankine stabilizirana istom konstrukcijom kao kolovoz, te ukoliko postoji mogućnost za povremeno korišćenje za mimoilaženje vozila, sa vanjske strane bankine treba izvesti bermu širine najmanje 0,5 m.

Bankina duž zaustavne trake se može izvesti kao bermu (uvaljana i sa gornjim humusnim slojem).

Ivicu za povezivanje, između bankine i kolovoza treba izvesti na istom nivou ili do 2 cm niže, a tim da je bankinu potrebno na odgovarajući način stabilizirati od mogućeg ošteđenja gumama. Ako bankina nije stabilizirana (obično u slučaju privremenog uređenja), na cesti mora biti postavljena odgovarajuća i vidljiva saobraćajna signalizacija.

Poprečni nagib površine bankine treba izvesti prema spoljnoj ivici bankine (od kolovoza). Minimalna veličina poprečnog nagiba bankine zavisi od materijala koji je upotrebljen za stabiliziranje (pjesak, popločana ili vezana 4 %, trava 6 %).

Bankinu na višoj (spoljnoj) strani kolovoza treba izvesti sa minimalnim poprečnim nagibom, a na nižoj (unutrašnjoj) strani sa nagibom kolovoza, ukoliko je veći od minimuma koji je određen za bankine (obično između 4 i 7 %).

Ako se bankina upotrebljava za postavljanje naprava za podužno odvođjavanje, sa vanjske strane navedenih naprava treba izvesti kosu bermu širine najmanje 0,5 m.

Ako se bankina upotrebljava za izgradnju trotuara, u obzir je potrebno uzeti odredbe koje se odnose na postavljanje ivičnjaka, kao i odredbe koje se odnose na sigurnosni prostor (razmak između saobraćajnog i slobodnog profila), kao i njihovo preklapanje.

4.2.2.4. Podužne površine za zaštitu i osiguranje funkcionalnosti ceste (berma)

Berma predstavlja područje za osiguranje funkcionalnosti ceste, koje je izgrađeno sa vanjske strane naprava za odvođjavanje i/ili saobraćajnih površina za nemotorizovani saobraćaj. Berma se upotrebljava za:

- osiguranje zaštite stabilizacije naprava za odvođjavanje,
- zaštitu ceste i učesnika u saobraćaju od materijala koji se osipa sa kosine usjeka,
- postavljanje saobraćajne opreme,
- osiguranje preglednosti na cesti i
- kao uslužno područje za uklanjanje snijega.

Ukoliko se odvođjavanje ceste, usljed prostorno-sigurnosnih razloga izvodi odvojeno (posebno za kolovoz, a posebno za okruženje ceste), bermu iz ivičnjaka se može upotrebljavati za izvođenje podužnih naprava za odvođjavanje cestovnog okruženja (zakrivljeni kanal sa uslinim lahtovima).

Površina berme se uglavnom izvodi sa humusom i travom, a moguće je primjenjivati i druge metode stabiliziranja. Izvođenje berme samo sa ispunom od vezanih zemljanih materijala nije dozvoljeno. Ako se bermu izvodi sa travom, njen poprečni nagib iznosi 6 %.

Prilikom određivanja širine berme (b_b) u obzir se uzima sljedeće:

- osiguranje zaštite ceste i objekata i naprava duž istog,
- osiguranje polja preglednosti u krivinama,
- mogućnost odlaganja uklonjenog snijega,
- mogućnost postavljanja saobraćajne opreme,

- mogućnost postavljanja infrastrukturnih instalacija i
- vožnja na bermo.

Širina berme iza naprava za odvodnjavanje i iza stabilizirane banke određuje se projektom, a ne može biti manja od 0,50 m. Minimalna širina berme iza biciklističkih i pješačkih površina iznosi 0,25 m.

4.2.2.4.1. Osiguranje zaštite ceste i objekata i naprava duž istog

Minimalna širina berme mora biti jednaka debljini konstrukcije koju štiti. U slučaju da se berna nalazi na usječenju dionici ceste, može biti i uža. U obzir se uzima moguća erozija materijala sa kosine i izvođenje humusnog sloja, ukoliko se na kosini i bermo nalazi humusni sloj.

4.2.2.4.2. Osiguranje polja preglednosti u krivinama

Širinom berme treba da se osigurati dovoljna preglednost na zaustavnoj dužini, koja se izračunava na osnovu određene brzine vožnje. Daljina preglednosti se određuje uzimajući u obzir slijedeće uvjete:

- vozač u vozilu je za jednu polovinu kolovozne trake udaljen od unutrašnje ivice kolovozne trake, oči se nalaze u visini 1,0 m,
- vozač mora vidjeti prepreku koja je za polovinu širine kolovozne trake udaljena od unutrašnje ivice kolovoza,
- standardna visina prepreke zavisi od vrste ceste i brzine vožnje (na cestama sa velikim brzinama vožnje ova visina iznosi do 0,45 m, a na drugim cestama do 0,05 m),
- prilikom određivanja polja preglednosti u obzir se uzima podužni profil ceste,
- visina prepreke u vidnom polju na visini daljine preglednosti ne smije niti u jednom slučaju biti veća od 40 % od razlike između visine očiju i prepreke,
- postavljanje saobraćajne opreme na bermo treba vršiti selektivno,
- zasađivanje drveća i žbunja u krivinama nije dozvoljeno,
- prilikom izvođenja izgradnje ceste u fazama, polje preglednosti treba osigurati za dimenzije utvrdene nakon završne faze.

4.2.2.4.3. Odlaganje uklonjenog snijega

S obzirom na statističke podatke o snježnim padavinama i količinama snijega, projektom ceste treba predvidjeti širinu berme, u cilju osiguranja dovoljne površine i obima za uklanjanje snijega sa kolovoza.

4.2.2.4.4. Postavljanje saobraćajne opreme

Širinom berme treba da se osigurati dovoljno prostora za postavljanje saobraćajne opreme. Minimalna širina berme je dovoljna za postavljanje smjerokaza. Prilikom postavljanja saobraćajne opreme u obzir se uzimaju uvjete za osiguranje preglednosti.

4.2.2.4.5. Postavljanje infrastrukturnih instalacija

U sklopu berme je potrebno postaviti sve vrste komunalnih i telekomunikacionih vodova, te kanizacionih vodova, ako su predviđeni. U slučaju postavljanja nekoliko vrsta vodova i kanalizacije, njihov izbor zavisi od međusobnog utjecaja određenih vodova. Širina berme mora biti dovoljna za potreban tehnički razmak između vodova, kao i za njihovo postavljanje, održavanje i rekonstrukciju (zamjenu), kao i za postavljanje i održavanje pristupnih tačaka navedenim vodovima (jahtovi).

4.2.2.4.6. Vožnja na bermo

Ako je berna stabilizirana na odgovarajući način moguće je i tu upotrebljavati za povremeni prolaz. Ako brzina vožnje na kolovozu iznosi >50 km/h, na ivici berme koja je okrenuta prema kolovozu treba izvesti odgovarajuću podužnu fizičku zaštitu (ograda). Minimalna širina berme za vožnju (saobraćajni profil) iznosi 0,70 m.

4.2.2.5. Naprave za podužno odvodnjavanje kolovoza

4.2.2.5.1. Ivičnjak i usmjereni kanal (rigol)

Ivičnjaci (izdignuti, spuštani, pod uglom) predstavljaju elemente za visinsko razdvajanje podužnih područja ceste. Element ivičnjaka se sastoji od ivičnjaka i širine zaštitnog sloja duž ivičnjaka (tabela 22).

Tabela 22. Karakteristike izvođenja izdignutih i spuštenih ivičnjaka

Vrsta ceste	Maksimalna brzina vožnje [km/h]	Nagib kosine ugaonog ivičnjaka [%]	Širina zaštitne zone duž ivičnjaka [m]
Izvan naselja	≤ 80	4	0,50
na glavnom cestama u naseljima i na cestama izvan naselja	≤ 60	6,5	0,20
ostale ceste	≤ 50	12	0,00

Minimalne visina ivičnjaka iznad kolovoza, koja u slučaju udara sprečava prevrtanje, iznosi 12 do 13 cm. Ako se radi o mostovskim konstrukcijama, minimalna visina ivičnjaka iznad kolovoza treba da iznosi između 18 i 20 cm.

Izdignuti ivičnjaci se mogu upotrebljavati i kao naprava za podužno odvodnjavanje.

Ako se izdignuti ivičnjak postavlja u kombinaciji sa više od 0,10 m udaljenom sigurnosnom ogradom, visina ivičnjaka iznad kolovoza ne smije preći 7 cm, a područje iza njega, najmanje do sigurnosne ograde, treba biti stabilizirano i nagnuto prema ivičnjaku.

Ivičnjaci koji se nalaze na ulazima na privatne zemljišne posjede treba da budu spuštani. Dužina spuštenih ivičnjaka zavisi od širine ulaza, s tim da ne smije biti manja od 3 m. Ako se na razmaku manjem od 5 m nalazi nekoliko uzastopnih ulaza, ivičnjaci koji se nalaze na razmacima između posjeda moraju također biti izvedeni kao spuštani. U cilju osiguranja podužnog odvodnjavanja vode sa kolovoza ivičnjaci treba da budu spuštani na visinu od 2 cm iznad nivoa kolovoza. Visina za odvodnjavanje nije potrebna ukoliko je poprečni nagib kolovoza na drugu stranu.

Poverivanje gornje ivice izdignutih i spuštenih ivičnjaka treba izvesti pomoću ugaonih ivičnjaka, kako je navedeno u tabeli 22. Poverivanje izdignutih i spuštenih ivičnjaka upotrebom klasičnih elemenata za izvođenje ulaza preko trocara (ivičnjaci sa horizontalnim zaobljenjem gornje ivice) dozvoljeno je samo u urbanim područjima na cestama na kojima brzina vožnje iznosi ≤ 50 km/h.

Minimalne dimenzije ivičnjaka za izvođenje saobraćajnih traka za bicikliste i pješake (optičko razdvajanje površina i razdvajanje površina sa zadnje strane berme) treba da iznose 6 (7) x 20 cm. Kada se postavljanje izvodi u cilju optičkog razdvajanja saobraćajnih traka, ivičnjake u potpunosti treba izvesti kao spuštene do visine traka, dok se prilikom razdvajanja berme od saobraćajnih traka, izvode kao ivičnjaci izdignuti za 0,10 m, iza kojih se izvodi berna čija minimalna širina iznosi 0,25 m. Umjesto klasičnih ivičnjaka za razdvajanje površina moguće je upotrijebiti kamene kocke, dimenzija 6 x 6 x 6 cm ili 8 x 8 x 8 cm.

izabranih i definiranih prema vrsti i značaju ceste, te planiranom saobraćajnom opterećenju (vrsta učesnika i veličina toka), da bi cesta mogla funkcionirati unutar saobraćajnih i vožno-dinamičkih karakteristika (brzina putovanja i odnos između mjeroдавnog saobraćajnog opterećenja i kapaciteta ceste-nivo usluge), predviđenih prema njegovoj saobraćajnoj funkciji (kategorija ceste).

Kroz GPP se definiraju:

- broj, poredak i širine pojedinih saobraćajnih površina kolovoza,
- osnovni režim u eksploataciji (sa jednim ili dva kolovoza),
- horizontalni razmaci i/ili vertikalna definicija pojedinih elemenata profila,
- saobraćajni i slobodni profil i
- moguće faze u građenju ceste.

GPP se primjenjuje u:

- planiranju saobraćaja i cestovne mreže,
- generalnim studijama kao polarno opredjeljenje,
- prostornim studijama za definiranje odnosa sa cestovnom sredinom,
- idejnom i glavnom projektu ceste kao osnova za definiranje normalnih profila i
- ekspertskim studijama (definiranje saobraćajnog režima na cesti, uvođenje inteligentnih saobraćajnih sistema i sl).

4.3.2. Tipični poprečni profil

Tipični poprečni profil (TPP) je GPP definiran kao jedno od mogućih rješenja za pojedinu kategoriju ceste.

Tipični poprečni profil se određuje prema:

- saobraćajnom režimu u eksploataciji (sa jednim ili dva kolovoza),
- saobraćajnim karakteristikama za pojedinu vrstu ceste (broj i poredak saobraćajnih traka, ivične trake i zaustavne trake, razdjelne trake) i
- dimenzijama pojedinih elemenata kolovoza (širine).

Kada cesta vodi kroz prostor sa različitim karakteristikama (izvan ili unutar naselja, ravničarski ili brdovit, sa ili bez biciklističkih i pješačkih staza), u jednom te istom projektu primjenjuje se više tipičnih poprečnih profila da bi se osiguralo normalno funkcioniranje ceste u tim različitim uvjetima.

Izbor TPP za potrebe projekta se izvodi na osnovu parametara definiranih ovim dokumentom, koji osiguravaju vožno-dinamički kvalitet projektovane ceste (prevenativno V_{pred} i V_{post}), i atributa (karakteristike prema kategoriji ceste). Ako pokazatelji kvaliteta saobraćajnog toka zadovoljavaju očekivanja, u projektu nije potrebno izvoditi saobraćajno dimenzioniranje profila.

U slučaju drugačijih saobraćajnih (veći udeo teških vozila) i reljefnih parametara (brdovit ili planinski teren) pokazatelje kvaliteta saobraćajnog toka je potrebno u projektu ceste posebno provjeriti i rezultate adekvatno adaptirati, da bi se mogla utvrditi opravdanost izbora TPP. U tom slučaju je potrebno ili primijeniti određene zahvate za podizanje nivoa usluge ili izabrati TPP sa većom propusnom moći.

Kvalitet izbora elemenata poprečnog profila na osnovu kategorije ceste i predviđene brzine, neophodno je provjeriti za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja u odnosu na prognozirano saobraćajno opterećenje prema poglavlju Saobraćaj, dio Propusna moć ceste. Opisanim postupcima treba dokazati da odabrani poprečni profil ceste može prihvatiti prognozirano saobraćajno opterećenje i zadovoljiti odabrani nivo usluge.

4.3.3. Normalan poprečni profil

Normalan poprečni profil (NPP) je grafički prikaz GPP u standardnim prirodnim i saobraćajnim uvjetima. NPP predstavlja dopunjen GPP sa trupom ceste i građevinsko-konstruktivnim rješenjima, stavljen u realne dimenzije prostora.

NPP definira slijedeće elemente uvjetovane za osiguranje saobraćajne funkcije ceste prema prethodno definiranim saobraćajnim i vorno-dinamičkim uvjetima:

- oblik i dimenzije pojedinih vrsta saobraćajnih i pratećih elemenata kolovoza (zaštitni pojasevi i elementi odvodnjavanja),
- interne odnose između elemenata profila (sistem razdvajanja-razdjelne trake, ivičnjaci, ograde),
- vrstu i položaj elemenata za zaštitu ceste i okoliša (vanjske ograde, ograde protiv buke i dr),
- položaj osnovnih elemenata saobraćajne opreme ceste (umjerokazi, znakovi, ograde i sl),
- vrstu i položaj infrastrukturnih i komunalnih vodova,
- građevinske detalje za izvođenje radova i
- cjelokupnu širinu zemljišta potrebnog za izgradnju ceste (cestovno zemljište).

U NPP se, pored dimenzija, pokazuju:

- linija terena sa debljinom humusa i kotom terena na osi ceste,
- položaj ravnice u profilu, te nagibi kolovoza i planuma donjeg stroja,
- debljina i sastav kolovozne konstrukcije,
- prateći elementi kolovoza sa konstruktivnim rješenjima, dimenzijama i nagibima (bankina, berma, uređenja za poduljno odvodnjavanje ceste, razdjelne trake),
- vrsta i oblik elemenata trupa ceste u profilu (usjek, nasip, mješoviti profil, nagib kosina, uređenje kosina),
- građevinska rješenja za izgradnju trupa ceste (nagibi na pojedinim slojevima donjeg stroja u slučaju primjene različitih materijala, zasjeci, isklinjenja, rigoli ili drenaže za odvodnjavanje donjeg stroja),
- položaj i građevinska rješenja zaštitnih elemenata ceste (kanali, potporni zidovi, duboke drenaže) i
- položaj i dubina u trup ceste ugrađenih komunalnih i infrastrukturnih vodova, te njihova međusobna razstojanja po profilu i visini (kanalizacija, vodovod, plin, elektro, javna rasvjeta, TV kabl, toplovod, kabl za internu komunikaciju vlasnika ceste i sl).

U normalnim uvjetima u projektima se prikazuju najmanje 3 osnovna profila, i to:

- NPP na nasipu,
- NPP u usjeku i
- NPP u zasjeku (mješoviti profil).

Kod cesta sa razdvojenim kolovozima u projektu se pokazuju i:

- NPP u pravcu,
- NPP u krivini i
- NPP sa visinski razdvojenim kolovozima,

da bi se definirali visinski odnosi oba kolovoza i, prema potrebi, uključile i dodatne površine i zahvati u cilju osiguranja normalne eksploatacije ceste.

NPP se primjenjuje u:

- izradi planske dokumentacije za definiranje odnosa sa cestovnim okolišom i kao prikaz budućeg stanja,
- idejnom i glavnom projektu ceste kao obavezan prilog u projektu i
- ekspertskim studijama (geotehničke studije, definiranje saobraćajnog režima na cesti, uvođenje inteligentnih saobraćajnih sistema i sl).

4.3.4. Karakterističan poprečni profil

Karakterističan poprečni profil (KPP) je grafički prikaz NPP na pojedinim stacionažama ili deonicama ceste, na kojima se mijenjaju:

- struktura i oblik trupa ceste (most, viadukt, tunel, potporni zidovi),
- saobraćajni zahtjevi (proširenje kolovoznih traka, dodatne trake na usponima ili u priključcima i raskrnicama, dodatne trake za parkiranje, oduzimanje traka, zaustavne nile),
- visinski odnosi razdvojenih kolovoza (specijalna izvođenja vitoperenja, zamjena položaja osovine ceste i sl),
- poradak saobraćajnih elemenata kolovoza zbog uključanja lokalno primjenjenih mjera za vođenje saobraćaja i/ili veću sigurnost saobraćaja (razdjelna ostrva različite namjene),
- sadržaj i poradak površina duž kolovoza (biciklistička traka, biciklistička staza, trotuar i slično),
- elementi poduznog odvođavanja i mjere zaštite okoline duž ceste (trigoli, duboke poduzne drenaze, kanalizacija, ograde protiv buke, ograde protiv prejakog vetra i sl),
- sastav i debljine slojeva kolovozne konstrukcije i
- sadržaj i lokacija pojedinih instalacija i vodova u trupu ceste (komunalna infrastruktura),

ili se na i uz cestu uklapaju pojedine vrste funkcionalnih površina kao:

- stanice za naplatu cestarine ili carina,
- stajališta autobusa,
- servisne površine uz kolovoz (odmorilišta, benzinske stanice, površine za kontrolu saobraćaja, površine za objekte za održavanje ceste, ako su u kontaktu sa kolovozom, deponije sa različitim namjenom i sl),
- površine za smještaj različitih uređaja uz kolovoz (pozivna mjesta SOS, površine za smještaj različitih potpornih konstrukcija i sl).

KPP se primjenjuje u:

- idejnom i glavnom projektu ceste kao obavezan prilog u projektu i
- ekspertskim studijama (uvođenje inteligentnih saobraćajnih sistema na cesti, studija zaštite okoliša i sl).

4.3.5. Detaljan poprečni profil

Detaljan poprečni profil (DPP) je grafički prikaz presjeka ceste na pojedinim stacionažama, radi:

- definiranja visinskog položaja ceste u prirodnoj sredini (kota terena, kota niveleto, kote ivica kolovoza, visina ivičnjaka, kosine i njihov nagib, odstojarja pojedinih elemenata smještenih uz cestu),
- prikaza poprečnih nagiba kolovoza i ostalih poduznih površina,
- planimetriranja količine pojedinih vrsta zemljanih radova za potrebe profila masa i rasporeda masa po trasi ceste ili irvan nje (otkop humusa, površine usjeka, nasipa, humužiranje kosina),
- prikaza vrste i položaja instalacija i vodova u trupu ceste,
- definiranja elemenata za poprečno odvođavanja (propusti), ako se nalaze na toj stacionaži i

- prikaza vrste i položaja različitih uređenja (temelji stubova i sl), ako se nalaze na toj stacionaži.

DPP se izvode prema prethodno definiranim NPP i KPP na unapred utvrđenim rastojanjima duž trase. Ovi profili omogućavaju:

- proračun količina za predmjer radova i utvrđivanje građevinskih troškova u projektu,
- izvođenje građevinskih radova i
- kontrolu izvršenih radova.

Razmaci između uzastopnih DPP zavise od vrste projektno dokumentacije i od zakrivljenosti osovine ceste.

DPP se označavaju ili uzastopnim brojevima ili liftom P-x (x-uzastopni brojevi) ili stacionažom ili kombiniranjem tih mogućnosti, da bi se u projektu i kod građenja ceste mogao pratiti njihov raspored.

DPP se primjenjuje u:

- u generalsim studijama na pojedinim stacionažama za prikazivanje odnosa ceste i elemenata u prostoru (konfliktna mjesta), kao poželjan prilog u studiji,
- u idejnom projektu na konstantnim razmacima (20, 25 ili 50 m) ili na stacionažama ukrštanja linije terena sa linijom nivelete (karakteristička mjesta terena na podužnom profilu ceste), kao obavezan prilog u projektu,
- u glavnom projektu ceste na konstantnim razmacima (5, 10, 20 ili 25 m) ili na proizvoljnim stacionažama sa razmakom 25 m ili manje, kao obavezan prilog u projektu i
- na gradilištu za označavanje položaja pojedinih projektom prikazanih DPP i za postavljanje građevinskih profila (označavanje lokacije i padina kosina)

5. PREGLEDNOST

Sigurnost saobraćaja i kvalitet saobraćajnog toka zahtijevaju odgovarajuću preglednost na cesti, kako bi se omogućilo pravovremeno smanjenje brzine, zaustavljanje vozila ili preticanje. Osiguranje zaustavne preglednosti je osnovni čimlac sigurnosti na cesti, dok je osiguranje preticajne preglednosti pokazatelj postignutog kvaliteta saobraćajnog toka.

Dužine zaustavne preglednosti predstavljaju osnovu za izračunavanje:

- širine polja preglednosti duž trase ceste (pregledna berma),
- preglednog trokuta na raskrsnicama,
- minimalnog radijusa vertikalne krivine,
- dužine za preticanje i
- preglednosti na lijevoj saobraćajnoj traci (ceste sa fizički razdvojenim jednosmjernim kolovozima)

Za sve navedene proračune polaznu tačku predstavlja predviđena brzina V_{pred} .

U cilju osiguranja višeg nivoa sigurnosti saobraćaja, preporučuje se da se na dvosmjernim cestama sa dvije saobraćajne trake iz grupa A i B-izvan naselja za izračunavanje veličine minimalnog radijusa vertikalne krivine i udaljenosti za preticanje, u obzir uzme brzina V_{pred} ili $V_c = (V_{pred} + 20 \text{ km/h}) \leq V_{max}$.

5.1. Razdaljina za smanjenje brzine kretanja i preglednost

Razdaljina za smanjenje brzine kretanja (raskrsnica, priključak) se izračunava prema slijedećem obrascu:

$$L_s = \frac{V_p^2 - V_k^2}{2a \cdot (a_s + 0,1 \cdot a_k)}$$

gdje je:

L_s - dužina za smanjenje brzine kretanja ili zaustavna dužina [m],

V_p - početna brzina [km/h],

V_k - konačna brzina [km/h] i

a_s - usporenje [m/s^2], pri čemu dopuštene vrijednosti koeficijenta trenja definirane u tabeli 10 ne smeju biti premašene.

5.2. Zaustavna dužina i preglednost

5.2.1. Zaustavna dužina

Zaustavna dužina (L_s) je najkraća dužina na kojoj vozač, na mokrom i čistom kolovozu, može da zaustavi vozilo u uvjetima dopuštene vrijednosti koeficijenta trenja (tabela 10). Vrijednosti u tabeli 10. su određene za habajuće slojeve izrađene od karbonatne kamene mješavine. Za različite vrste materijala habajućeg sloja zaustavnu dužinu treba odrediti na osnovu stručno utvrđenih vrijednosti koeficijenta trenja.

5.2.2. Skraćena zaustavna dužina

Upotrebom mješavine zrna silikatnog kamena za izradu habajućeg sloja moguće je postići veće vrijednosti koeficijenta trenja ($f_r = a_s$ u tabeli 10), te se na taj način skraćuje zaustavna dužina.

U izuzetno zahtjevnim prostornim uvjetima zaustavna dužina može biti smanjena:

- upotrebom kvalitetnijeg kamenog agregata (silikatni agregat) ili
- smanjenjem brzine vožnje (ograničenje brzine).

5.2.3. Zaustavna preglednost

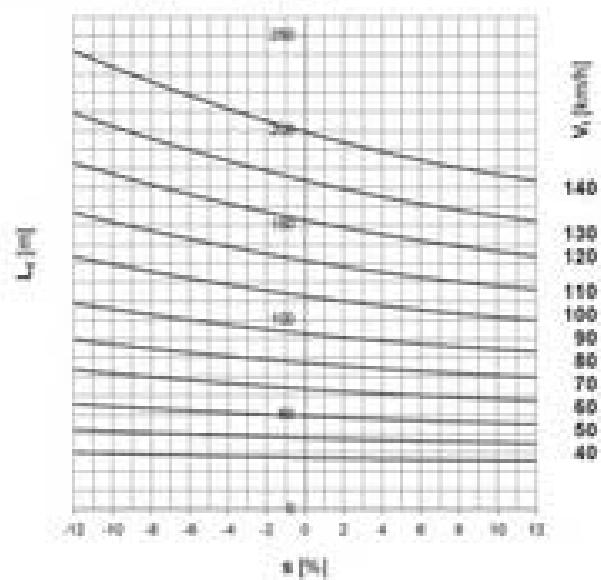
Zaustavna preglednost (P_s) je minimalna dužina na kojoj vozač opaža prepreku da bi do nje potpuno zaustavio vozilo u uvjetima dopuštene vrijednosti koeficijenta trenja, i određuje se prema sljedećem obrascu:

$$P_s = L_s + 7m$$

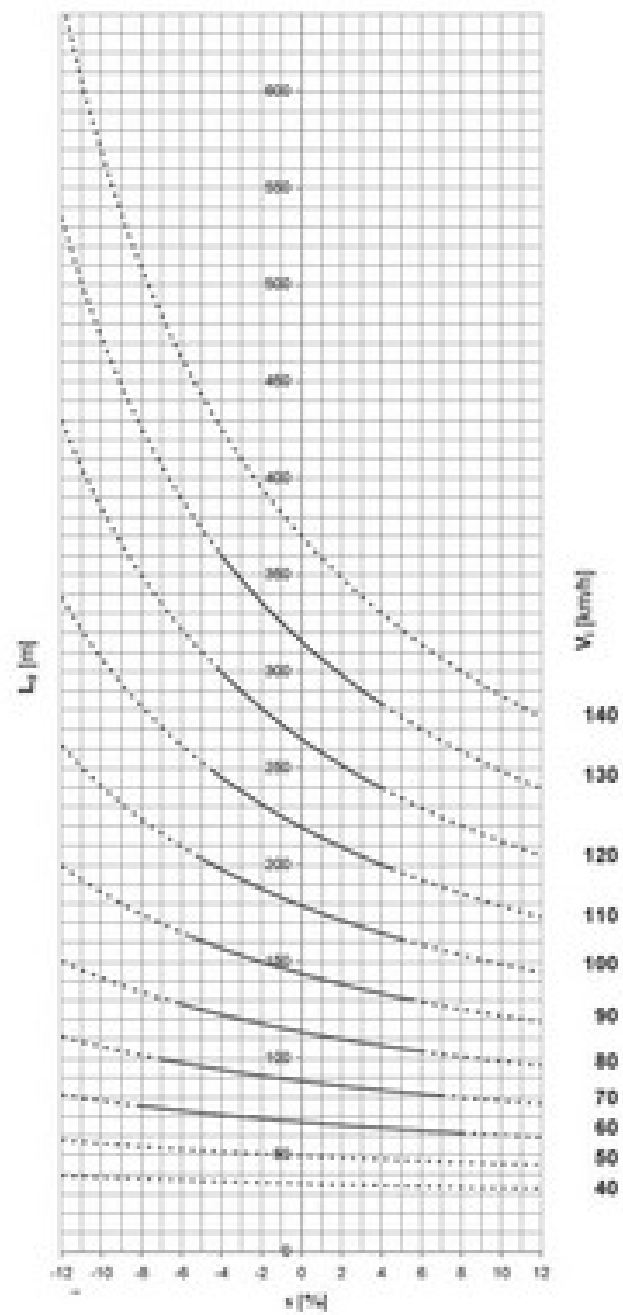
Sigurnosni razmak od 7 m je, izuzev kada je riječ o cestama iz tehničke grupe A, moguće izostaviti.

Dužine zaustavne preglednosti su prikazane na slikama 24-27.

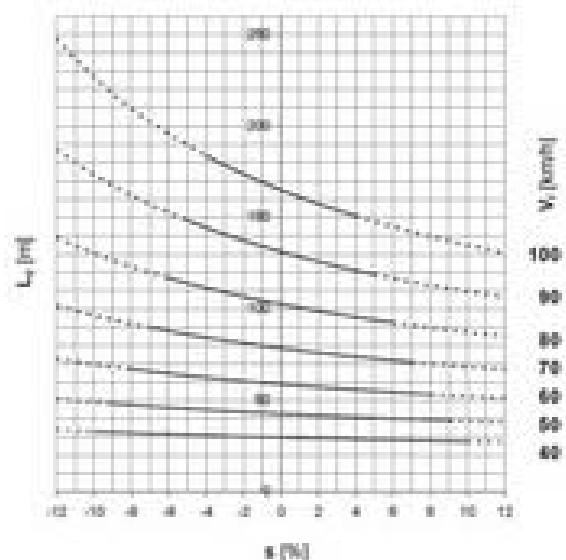
Slika 24. Skraćena zaustavna preglednost ($f_{T 50 \sim \infty}$)



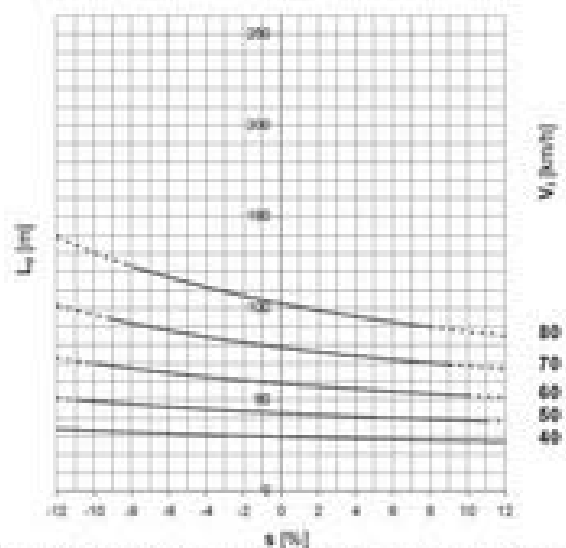
Slika 25. Zaustavna preglednost za ceste iz tehničke grupe A



Slika 26. Zaustavna preglednost za ceste iz tehničke grupe B



Slika 27. Zaustavna preglednost za ceste iz tehničke grupe C



Preglednost je potrebno osigurati posebno za svaki saobraćajni pravac. Sa stanovišta projekta, preglednost je potrebno omogućiti u situacionom planu (horizontalna preglednost) i podužnom profilu (vertikalna preglednost).

Ako na nekom dijelu ceste nije osigurana tražena zaustavna preglednost, brzina se mora na onu veličinu za koju je osigurana preglednost. Na cestama iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja mora uvijek biti osigurana tražena zaustavna preglednost.

5.3. Horizontalna preglednost

Horizontalna preglednost se osigurava uklanjanjem svih prepreka sa unutrašnje strane horizontalne krivine (i sa lijeve i sa desne strane), uključujući i pokretne prepreke, na odgovarajuće rastojanje od ivice kolovoza. Zona koja se dobije na ovaj način naziva se berma preglednosti.

U bermi preglednosti se može postavljati samo saobraćajna oprema, sa izuzetkom betonskih zaštitnih ograda, putokaznih i smjerokaznih tabli i zidova za zaštitu od buke.

Zaštitne ograde predstavljaju prepreku ako se nalaze u horizontalnoj krivini, a podulni profil je u konveksnoj krivini. Ove lokacije se dodatno provjeravaju tokom izrade projekta i, u slučaju potrebe, osigurava dodatno zaštitno rastojanje.

Ako nije moguće osigurati dovoljnu širinu berme preglednosti, treba povećati radijus horizontalne krivine (u tunelima ili na vijaduktima) ili ograničiti brzinu vožnje saobraćajnom signalizacijom. Skraćena zaustavna dužina je prihvatljiva samo u slučaju kada je zastor izrađen od silikasnih agregata ($f_{150 \leq 100}$).

Šematski prikaz i parametri pregledne berme su predstavljeni na slici 28. Vozilo sa vozačem se nalazi na sredini unutrašnje saobraćajne trake. Širina polja preglednosti i berme preglednosti se određuju prema sljedećim obrascima:

$$b_p = \frac{P_r^2}{8 \cdot R} \quad b' = b_p - \frac{b}{2}$$

gdje je:

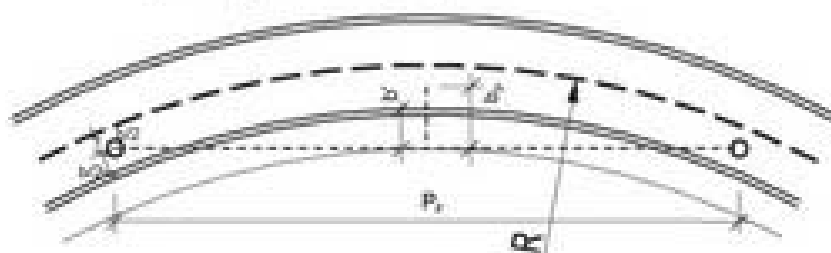
b' - širina berme preglednosti [m],

b_p - širina polja preglednosti [m] i

R - radijus horizontalnog kružnog luka [m]

Prijelaz na širinu polja preglednosti se izvodi proporcionalno cijelom dužinom prijelazne krivine.

Slika 28. Šematski prikaz polja horizontalne preglednosti



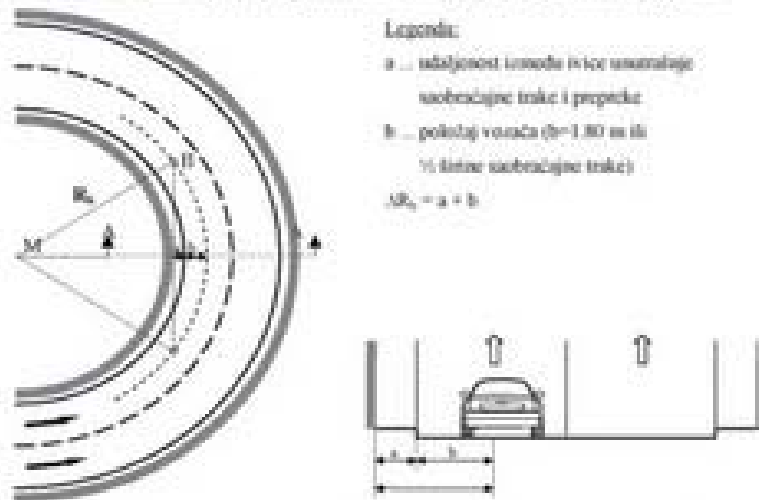
Na cestama koje se sastoje od dva razdvajena jednosmjerna kolovoza, preglednost je potrebno osigurati i na krajnjoj lijevoj saobraćajnoj traci. Navedenu preglednost je potrebno projektom provjeriti u sljedećim slučajevima:

- ukoliko su zaštitne ograde predviđene na datoj dionici ceste, koja se u isto vrijeme nalazi u horizontalnoj i vertikalnoj krivini,

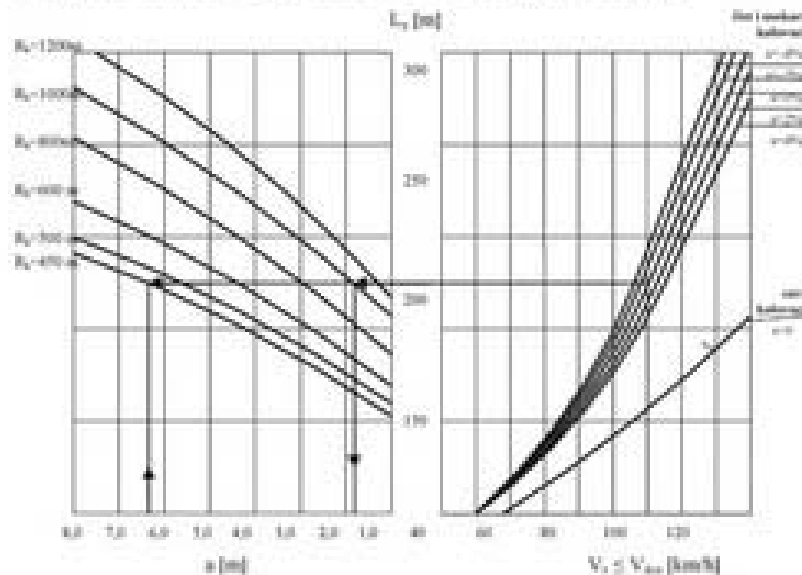
- kroz tunele i
- na vijaduktima.

Šematski prikaz polja preglednosti na krajnjoj lijevoj traci je prikazan na slici 29, dok se veličina radijusa horizontalnog kružnog luka ili potrebne udaljenosti između prepreke i ivice krajnje saobraćajne trake određuje na osnovu nomograma na slici 30.

Slika 29. Šematski prikaz polja preglednosti na krajnjoj lijevoj saobraćajnoj traci



Slika 30. Međusobna zavisnost radijusa R_k i udaljenosti između prepreke i ivice krajnje saobraćajne trake a , u funkciji od brzine V_k i poduznog nagiba nivele



5.4. Vertikalna preglednost

Vertikalna preglednost na cesti se određuje na osnovu visine položaja očiju vozača (1,00 m) i na osnovu visine prepreke na cesti na zaustavnoj preglednoj daljini. Položaj očiju vozača, kao i položaj prepreke nalaze se u osovini saobraćajne trake. Minimalne visine vidljivog dijela prepreke na cestama su prikazane u tabeli 23.

Vertikalna preglednost se određuje prema obrascu:

$$P_v = \sqrt{(R_{v, \min} + h_1)^2 - R_{v, \min}^2} + \sqrt{(R_{v, \min} + h_2)^2 - R_{v, \min}^2}$$

gdje je:

$\min R_{v, \min}$ - minimalan radijus konveksne vertikalne krivine [m],

h_1 - visina položaja očiju vozača iznad kolovoza (1,00 m) i

h_2 - visina prepreke na cesti [m].

Tabela 23. Minimalne visine vidljivog dijela prepreke na cestama

V_v [km/h]	40	50 ¹	50 ²	60	70	80	90	100 ³	100 ²	110	120	130	140
h_v [m]	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15

¹ različite vrijednosti za brzine 50 ili 100 km/h se uzimaju u obzir za tehničku grupu cesta različite složenosti

Veličina minimalnog radijusa konveksne krivine $\min R_{v, \min}$ određena je u poglavlju Elementi poduznog profila.

5.5. Preglednost pri preticanju

5.5.1. Horizontalna preglednost pri preticanju

Osiguranjem preglednosti pri preticanju utječe se na kvalitet saobraćajnog toka, propusnost ceste i sigurnost odvijanja saobraćaja.

Preglednost pri preticanju (P_p) je rastojanje koje vozilo pređe za vrijeme opažanja situacije, povećanja brzine, preticanja i vraćanja na svoju saobraćajnu traku, odnosno najmanja dužina koja je potrebna da vozilo obavi preticanje sporijeg vozila.

Minimalne daljine preglednosti pri preticanju su izračunate za uvjete ubrzavanja vozila koje pretiče sa ubrzanjem $1,5 \text{ m/s}^2$ pri najvećoj dozvoljenoj brzini vožnje vozila koje pretiče i vozila iz suprotnog smjera.

Minimalne daljine preglednosti pri preticanju su navedene u tabeli 24.

Tabela 24. Minimalne daljine preglednosti pri preticanju

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100
$\min P_p$ [m]	-	130	180	250	320	400	480

5.5.2. Vertikalna preglednost pri preticanju

Na dvosmjernim kolovozima preticanje nije dozvoljeno na području vertikalnih konveksnih krivina, čiji je radijus manji od potrebnog.

Prilikom određivanja radijusa vertikalne konveksne krivine na kojoj je dozvoljeno preticanje, u obzir se uzima suma zaustavnih dužina za vozila koja se kreću u suprotnim smjerovima, pri brzini $V_{\text{proj}} \leq V_{\text{dov}}$ i sa visinom prepreke $h_c = 1,0 \text{ m}$.

Za praktične postupke prilikom određivanja područja na kojima preticanje nije dozvoljeno, dovoljno je tačno da se uvede zabrana preticanja na svim vertikalnim konveksnim krivinama slijedećeg radijusa:

$$R_{\text{p}} = 1,75 \cdot \min R_{\text{v,km}} -$$

5.5.3. Osiguranje preglednosti pri preticanju

Na dvosmjernim cestama sa jednim kolovozom iz tehničke grupe A, potrebno je osigurati preglednost pri preticanju na dužini kojom se postiže predviđena dovoljna propusnost ceste pri određenoj brzini putovanja. Pri tome treba kao dužinu ceste smatrati čitavu dionicu između susjednih centara, kojim se određuje kategorija ceste.

Ako saobraćajnim dimensioniranjem nije određena potrebna dužina dionica za osiguranje preglednosti pri preticanju, slijedeće se mora smatrati najmanjom dužinom dionice dovoljnom za osiguranje preglednosti pri preticanju na dvosmjernim cestama:

- više od 25 % dužine ceste za ceste iz tehničke grupe A i
- više od 15 % dužine ceste za ceste iz tehničkih grupa B i C.

U posebno služenim uvjetima reljefa ili u slučaju drugih prostornih ograničenja, moguće je izostaviti gore navedene najmanje dužine dionica na kojima je preticanje izvodljivo. Takav pristup mora biti određen projektnim zadatkom, i to svaki put posebno.

Na dužim usponima, gdje je za teška vozila izgrađena dodatna traka (saobraćajna traka za sporu vožnju), preticanje nije dozvoljeno pri kretanju nizbrdo, s obzirom na sigurnost saobraćaja.

5.6. Preglednost u području raskrsnice

Preglednost prilikom ulaska u raskrsnicu je dužina koja omogućava vozaču na cesti sa pravom prvenstva da zaustavi vozilo prije raskrsnice ukoliko se vozilo iz bočnog smjera uključuje na u njegovu saobraćajnu traku ili ukoliko prijelazi raskrsnicu. Dužina preglednosti jednaka je zaustavnoj daljini.

Preglednost pri približavanju raskrsnici je udaljenost pri kojoj vozilo koje se kreće cestom koja nema prvenstvo bez smanjenja brzine ulazi u područje raskrsnice ili se pravovremeno zaustavlja u slučaju da se vozila već nalaze na raskrsnici.

6. ELEMENTI SITUACIONOG PLANA

Horizontalni geometrijski elementi osovine ceste su:

- prava,
- kružni luk i
- prijelazna krivina (klotoida).

Za pojedine tehničke grupe cesta, procjena graničnih vrijednosti se vrši pod različitim uvjetima. U slučaju da se, iz različitih razloga, na određenoj cesti javi potreba za uvođenjem elemenata koji su složeniji od onih predviđenih za određenu tehničku grupu, navedene elemente treba projektovati kao one koji se primjenjuju za višu tehničku grupu cesta. U tom slučaju potrebno je prilagoditi sve elemente, ne samo horizontalne.

6.1. Prava

6.1.1. Primjena i određivanje dimenzija

Na cestama iz tehničke grupe A, prava se projektuje samo u posebnim topografskim uvjetima (ceste u dolinama, ceste koje se protežu duž drugih objekata infrastrukture, itd), u posebnim prostornim uvjetima (naselja) ili na dionicama gdje je njena upotreba odgovarajuća usljed saobraćajno-tehničkih uvjeta (raskrsnice i priključci, osiguranje dionica za preticanje, značajni objekti, itd).

Prilikom uvođenja dugih pravih linija, posebnu pažnju je potrebno obratiti na slijedeće:

- dimenzije luka priključenog na pravu i
- dovoljne dimenzije zaobljenja preloma nivelete.

Upotreba prave linije nije ograničena za ceste iz tehničkih grupa B-unutar naselja, C i D.

6.1.2. Granične vrijednosti

Zbog mogućeg neprestanog zaslepljivanja i zamorne vožnje, dužina prave (L_p) mora biti ograničena na maksimalnu dubinu vidljivosti $L_p < 20 \cdot V_{max}$ [m] na cestama iz tehničke grupe A. Prilikom izbora dužine prave linije, potrebno je također razmotriti usklađenost sa vertikalnim tokom trase.

Prave linije, koje su kraće od $4 \cdot V_{max}$ između dva luka istog smjera, te koje su kraće od $2 \cdot V_{max}$ između dva luka suprotnog smjera ("kraće prave linije") treba izbjegavati na cestama iz tehničke grupe A, dok se na cestama iz tehničke grupe B mogu projektovati samo pod određenim uvjetima. U tom slučaju, dužina prave linije mora biti dovoljna kako bi se omogućilo najmanje 5 s vožnje na istoj.

Na cestama koje pripadaju drugim tehničkim grupama ne postoje nikakva ograničenja koja se odnose na upotrebu prave linije.

Osovina kraćih tunela treba da bude položena u pravcu, ako je to moguće. U dugačkim tunelima dužina pravca ne smije da prijeđe 4,0 km.

6.2. Kružni luk

6.2.1. Primjena i određivanje dimenzija

Kružni luk je potez situacionog plana ceste sa stalnom zakrivljenošću.

Dimenzije kružnih lukova treba odabrati tako da se omogući brzina vožnje koja je što je moguće bliža predviđenoj brzini putovanja na određenoj cesti (osiguranje funkcionalnosti i ekonomičnosti). U slučaju veoma strme nivelete, potrebno je odabrati takve dimenzije luka da njegov poprečni nagib, u kombinaciji sa podužnim nagibom (koji proizilazi iz rezultirajućeg nagiba koševca q_{ko}), ne prelazi dozvoljenu vrijednost od 10 % za ceste iz tehničkih grupa A (preporučuje se $q_{ko} \approx 8 \%$) i B. Na cestama iz tehničke grupe C takvo ograničenje nije obavezno, već preporučljivo.

Dužina luka zavisi od trajanja vožnje na njemu, pri čemu se preporučuju vrijednosti:

- 5-7 s u cilju osiguranja ugodne vožnje i estetskog izgleda trase i
- minimalni zahtjevi s obzirom na uvjete navedene u tabeli 7 (2 ili 1,5 s).

Gornja granica na kojoj se dio krivine još uvijek razlikuje od prave linije je:

$$\alpha = 0,02 + \frac{L_k}{R} = \frac{1}{30}, \text{ što odgovara uglu } \alpha = 1^\circ$$

gdje je:

L_k - dužina kružnog luka i

R - radijus kružnog luka.

Kod većih krivina ($R > 5.000$ m) treba primjeniti odnos $R:L_k = 20:1$ ($\alpha = 3^\circ$), kako bi bilo moguće uočiti krivinu. Dužina manjih krivina treba da bude takva da omogućava kretanje u trajanju od najmanje 2 s (vidokrug voraba).

U područjima raskrscia i priključaka potrebno je osigurati pregledne udaljenosti i ispravno izvođenje, s obzirom na visinu priključne ceste. U cilju ispunjavanja navedenih uvjeta, radijus

horizontalnog luka primarne ceste treba izabrati tako da poprečni nagib kolovoza (q) ne prelazi 4 %.

U područjima raskrsnica, većih objekata ili u slučaju trajnih prepreka na razdjelnom ostrvu na cestama koji se sastoje od dva jednosmjerna kolovoza, navedeni radijus kružnog luka treba odabrati tako da se osigura zastavna preglednost za V_{max} i na krajnjoj lijevoj saobraćajnoj traci predviđenoj za prećicanje.

Ukoliko niveleta trase ceste dozvoljava znatno prelaženje brzine vozila u slobodnom saobraćajnom toku (V_{max} je znatno veća od V_{pred}), za osovinu ceste je potrebno projektovati veće lukove od preporučenih minimalnih, dok je u skladu sa najstrožijim zahtjevima potrebno osigurati usklađenost uzastopnih lukova (slika 32).

Kružne lukove treba odabrati tako da se u najvećoj mogućoj mjeri omogući njihovo oklapanje u prirodnu sredinu, te da se omogući usklađeno stvaranje nivelete ceste, kao i međusobna usklađenost susjednih lukova.

Na izlaznim portalima dugačkih tunela moraju se projektovati horizontalne krivine da bi se eliminirao psihološki utisak "svjetlosne tačke na kraju tunela".

6.2.1.1. Dužina luka

Dužina luka zavisi od:

- trajanja vožnje na luku (psihofizički efekat),
- dužine susjednih kružnih lukova i prijelamih krivina (estetski efekat jedinstvenosti) i
- prilagođavanja uvjetima primjene u prostoru.

Najmanja dužina kružnog luka za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja određuje se trajanjem vožnje na luku (uobičajeno 5 do 7 s, minimalno 2 ili 1,5 s). Za ostale ceste nema ograničenja. Teorijski, za ostale ceste može da se upotrebljava i vrijednost $L_w=0$ (vrh klotoide), s tim da se ovo ne preporučuje.

Najveća dužina luka nije posebno ograničena i zavisi isključivo od usklađenosti sa dimenzijama susjednog luka.

Iz saobraćajno-sigurnosnih razloga, a s obzirom na srednji ugao luka, razlikuju se kratke i dugačke krivine.

Granica između navedenih krivina se određuje na osnovu uvjeta vidljivosti po izlasku iz luka (pregledna udaljenost na cesti i polje vidljivosti vozača se osiguravaju u zavisnosti od brzine vožnje), kako bi vozač mogao da procijeni moguću brzinu vožnje na kružnom luku. Dugačke krivine, gdje vozači ne mogu vidjeti kraj krivine, moraju biti opremljene odgovarajućim saobraćajnim znacima (znak za oltu krivinu ili serpentina i preporučenom brzinu vožnje).

Posebne mjere nisu potrebne za krivine sa radijusima $R \geq 400$ m.

6.2.2. Granične vrijednosti

Minimalna veličina radijusa kružnog luka koji je priključen na dugačku pravu liniju, dužine L_p , prikazana je u tabeli 25.

Tabela 25. Minimalna veličina radijusa kružnog luka koji je priključen na dugačku pravu liniju

L_p [m]	R_{min} [m]
≥ 500	> 400
< 500	$> L_p$

Dimenzije graničnih vrijednosti radijusa kružnog luka R_s (R_{min} , R_p , R_k) zavise od:

- izabrane prethodne brzine vožnje V_i ($V_{pre} = V_{post}$);
- gravitacionog potiska (g);
- odlučujućeg poprečnog nagiba kolovoza q_i (q_{max} ili q_{min} ili $q_0 = q_{max}$);
- dijela koeficijenta trenja klizanja u poprečnom smjeru ($x\%$ doz $f_{k, max}$), zavisnog od ulešća pojedinog tipa vozača na cesti (tabela 9).

Granične vrijednosti radijusa kružnog luka određuju se prema slijedećem obrascu:

$$R_{gr} = \frac{V_i^2}{127 \cdot (x\% \text{ doz } f_{k, max} + q_i)}$$

gdje je:

R_{gr} - granična veličina radijusa kružnog luka,

doz $f_{k, max}$ - dozvoljena vrijednost koeficijenta trenja klizanja u radijalnom smjeru zavisna od brzine,

$x\%$ - dio iskorisćenosti koeficijenta trenja klizanja i

q_i - granična veličina poprečnog nagiba kolovoza.

Karakterističke vrijednosti radijusa kružnih lukova R_{max} , R_0 , R_k i dužine kružnog luka D_k za pojedine brzine vožnje navedene su u tabeli 26. Sve navedene vrijednosti određene su za habajući sloj kolovoza koji je izrađen od karbonatnih agregata i bitumenskog veziva. R_{max} je radijus određen prema maksimalnom poprečnom nagibu kolovoza q_{max} u skladu sa uvjetima definiranim u tabelama 9 i 10. R_k je radijus definiran u odnosu na minimalan poprečni nagib q_{min} , a R_0 je minimalan radijus pri kome je dozvoljen suprotan poprečni nagib kolovoza.

Tabela 26. Granične vrijednosti radijusa kružnih lukova po tehničkim grupama cesta

Tehnička grupa		V_{max} [km/h]											
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
A	R_{max}			125	175	250	350	450	550	700	850	1000	
	R_0			500	700	1.000	1.400	1.800	2.300	2.750	3.400	4.000	
	R_k			2.000	2.000	2.000	2.000	2.500	3.500	5.000	7.000	9.000	
	D_k			35	40	45	50	55	60	65	70	80	
B	R_{max} ($q=7\%$)	40	65	100	150	200	275	360					
	R_{max} ($q=5\%$)	50	80	125	180	250	350	475					
	R_0	70	115	180	265	380	525	700					
	R_k	200	300	500	800	1.250	1.500	2.500					
	D_k	15	20	25	30	35	40	45					
C	R_{max}	40	65	100	150	225							
	R_0	60	100	160	240	350							
	R_k	120	200	325	500	750							
	D_k	15	20	25	30	35							

Vrijednosti R_{max} i R_0 su različite prema tipu vozača za različite tehničke grupe cesta i prostorne uvjete, odnosno izvan i unutar naselja.

Dužina kružnog luka (D_k) u tabeli 26 je navedena za uvjet minimalnog trajanja vožnje na kružnom luku.

Veličine radijusa kružnih lukova R_i u opsegu $R_{max} < R_i < R_k$ definirane su prema ravnomjernoj raspodjeli dopuštenih vrijednosti radijalne komponente koeficijenta trenja klizanja za R_{max} i R_k i date su na slikama 18-20.

Gornja granična vrijednost radijusa kruznog luka ($R_{\max}$) nije posebno određena i zavisi od parametra donje granične brzine okretanja vožnja. Preporučljiva granica iznosi do $R=5.000$ m, dok je još prihvatljiva granica $R=10.000$ m.

Ukoliko se ceste iz tehničkih grupa B-izvan naselja i C projektnu u posebno ograničenim prostornim uvjetima, te ukoliko se vrše popravke na opasnim tačkama na postojećim cestama iz navedenih tehničkih grupa, dozvoljena je upotreba i radijusa $R_1 < R_{\max}$. Međutim, njihov poprečni nagib q , ne smije preći 8 %.

U područjima većih objekata (tuneli ili vijadukti) ili na odsjecima sa velikim podužnim nagibom nivelete ili kod posebnog izvođenja razdjelne trake na cestama sa odvojenim kolovozima, primjenu $R_{\max}$ je potrebno posebno provjeriti. Po pravilu, na ovim dionicama ceste se primjenjuje $R_1 > R_{\max}$ da bi se osigurala dovoljna preglednost i zadovoljio uvjet rezultirajućeg nagiba kolovoza. U ovim slučajevima treba uvažiti i propise koji se odnose na projektovanje objekata uključenih u trasu.

U tunelima, minimalni radijus za $V_{\max}=100$ km/h treba da bude 1.000 m, pri čemu je preporuka da odgovarajući poprečni nagib kolovoza bude 4 %.

6.3. Prijelazna krivina

6.3.1. Primjena i određivanje vrijednosti parametra

Prijelazna krivina je element trase ceste koja osigurava neprekidno međusobno povezivanje kružnih lukova ili povezivanje kružnih lukova sa pravom linijom, uz osiguranje dovoljne dužine vitoperenja kolovoza, kao i optičke i estetske karakteristike lokacije trase. U cilju osiguranja prijelaznosti uvodi se matematička kriva koja se naziva klotoida.

Primjenjuje se slijedeća jednačina za klotoidu i ugao između početne i završne tangente (srednji ugao klotoida):

$$A^2 = R \cdot L \quad \tau = \frac{L}{2 \cdot R} = \frac{A^2}{2 \cdot R^2}$$

gdje je:

- A - parametar klotoida [m],
- R - radijus kruznog luka pri dužini klotoida L [m],
- L - dužina klotoida [m] i
- τ - srednji ugao klotoida [rad].

Primjenljiva vrijednost parametra klotoida nalazi se unutar granica:

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

gdje je:

- R - radijus kruznog luka na koji se priključuje klotoida.

Minimalna vrijednost parametra klotoida ($A_{\min}$) primjenjuje se samo za luk radijusa $R_{\max}$. Za kružne lukove $R > R_{\max}$ upotrebljavaju se odgovarajuće veće vrijednosti parametra.

Potpuno izostavljanje prijelaznog dijela između susjednih lukova dozvoljeno je samo u slučaju redosljeda lukova navedenih u tabeli 27. Također, preporučuje se uvrićenje srednje prave linije u cilju osiguranja odgovarajućeg razmaka između lukova.

Tabela 27. Minimalni radijusi lukova u slučaju izostavljanja klotoide

V_{max} [km/h]	R_{min} [m]
≤ 50	1.500 (1.000) ¹
> 50	1.000 (2.000) ²

¹ izuzetno za nesigurne

Pored zadovoljenja vožno-dinamičkih karakteristika uključanjem klotoide (prijelazne krivine) postiže se i značajan estetski efekat, koji direktno utječe na psiho-fizičke reakcije vozača (donošenje odluka-saobraćajna sigurnost).

6.3.1.1. Posebni slučajevi u kojima se uvode ili izostavljaju prijelazne krivine

Parametri A≥R se upotrebljavaju samo prilikom projektovanja urbanih ulica (arhitektonske potrebe za ceste iz tehničkih grupa B i C), kao i za rampe priključaka u više nivoa.

Minimalne vrijednosti parametra klotoide (A_{min}) primjenjuju se naročito na lokacijama gdje se ovim zahvatom mogu spriječiti veća moguća prekoracjenja brzine vožnje.

Na cestama iz tehničkih grupa C i D, ukoliko je izostavljena klotoida, potrebno je osigurati odgovarajuću udaljenost između dva susjedna kružna luka, kako bi se omogućila potrebna dužina za vožnju iz jednog luka u drugi (vrijeme okretanja vožana) i potrebna dužina za izmjenu poprečnog nagiba kolovoza. Geometrijski element povezivanja ta dva luka nije propisan (može biti i pravac).

Ukoliko su predviđene saobraćajne trake uže od standardnih (ceste sa malim saobraćajnim opterećenjem), preporučuje se primjena prijelaznih krivina, da bi se osigurala saobraćajna površina koja je potrebna vozilima kod ulaska u luk (sprečavanje vožnje po bankinama).

6.3.1.2. Primjena ostalih oblika prijelaznih krivina

U izuzetnim slučajevima (ulice u starim urbanim centrima, ceste iz tehničkih grupa C i D, posebni arhitektonski zahtjevi, itd) moguće je pored klotoide upotrijebiti i neki drugi tip prijelazne krivine. Dozvoljena brzina u tim slučajevima ne smije biti veća od 70 km/h.

6.3.2. Granične vrijednosti

Dužina prijelazne krivine (klotoide) treba da ispunjava vožno-dinamičke, konstruktivne i estetske zahtjeve (slika 31), a kao mjerodavna vrijednost se uvodi maksimalna veličina parametra klotoide A određena prema definisanim kriterijumima.

U tekstu i tabelama su navedene i vrijednosti za brzinu od 140 km/h. Bez obzira na činjenicu da je ova brzina veća od V_{max} , ista se primjenjuje u vožno-dinamičkim analizama. Kod brzina $V_f < 40$ km/h uvode se ili druge krive (traktrisa) ili vrijednosti koje vaze za brzinu od 40 km/h.

6.3.2.1. Minimalna vrijednost parametra klotoide A_{min}

Minimalna vrijednost parametra klotoide A_{min} određuje se na osnovu vožno-dinamičkih uvjeta pri maksimalnom poprečnom nagibu kolovoza, kod kojih je omogućena ugodna vožnja u području klotoide. Primjenjuje se slijedeća osnovna jednačina (vožno-dinamički uvjet):

$$A_{\text{c}}^2 = \left(\frac{V_f}{3,6} \right)^4 \cdot \frac{1}{\gamma_{\text{A, min}}},$$

odnosno dopunjena poprečnim nagibom q_{max} :

$$A_{\text{c, min}}^2 = \frac{V_{\text{max}}^4}{46,656 \cdot \gamma_{\text{A, min}}} - \frac{q_{\text{max}} \cdot V_{\text{max}} \cdot R_{\text{min}}}{0,367 \cdot \gamma_{\text{A, min}}}$$

gdje je:

$R_{\min}$ - minimalna vrijednost radijusa kruznog luka pri pretpostavljenoj V_{proj} [m],

$q_{\max}$ - maksimalna vrijednost poprečnog nagiba [‰] i

x_{dov} - dozvoljena vrijednost radijalnog ubrzanja pri pretpostavljenoj V_{proj} [m/s^2].

Graničnu vrijednost $A_{\min}$ moguće je upotrebljavati samo pri minimalnom kružnom luku $R_{\min}$ za pojedine predviđene brzine V_{proj} .

Za praktičnu upotrebu, vrijednosti ulaznih parametara, kao i zaokružene vrijednosti $A_{\min}$ i $L_{\min}$ koje pripadaju pojedinim predviđenim brzinama V_{proj} , navedene su u tabeli 29.

Vrijednosti $A_{\min}$ su ucrtane na dijagramu, koji je predstavljen na slici 31 (linija $A_{\min} \text{ vo}$).

6.3.2.2. Minimalna vrijednost parametra klotoida $A_{\min}$ pri $R_1 > R_{\min}$

Procjenu minimalne vrijednosti parametra klotoida $A_{\min}$ pri $R_1 > R_{\min}$ treba izvršiti s obzirom na:

- vorno-dinamičke uvjete,
- estetske uvjete i
- konstruktivne uvjete,

koji osiguravaju ugodnu vožnju, omogućenu na osnovu:

- dozvoljene vrijednosti radijalnog ubrzanja,
- estetskog toka linije ceste i
- dozvoljene brzine pri promjeni poprečnog nagiba (torziona brzina).

6.3.2.2.1. Vorno-dinamički uvjet (VD-uvjet)

U cilju osiguranja saobraćajne sigurnosti, za radijuse $R_1 > R_{\min}$ (izvodljive su i veće brzine vožnje V_{vo}) potrebno je primijeniti parametre $A_{\min \text{ vo}}$, kojima se zadržava dužina prijelazne krivine L_c , koja proizilazi iz kriterijuma minimalne vrijednosti parametra klotoida $A_{\min}$ pri predviđenoj brzini V_{proj} ($L_c = A_{\min}^2 / R_{\min}$).

Primjenjuje se sljedeća jednačina:

$$A_{\min \text{ vo}}^2 = A_{\min}^2 \cdot \frac{R_1}{R_{\min}}$$

6.3.2.2.2. Estetski uvjeti (E-uvjet)

Minimalna vrijednost parametra klotoida $A_{\min}$ i za osiguranje povoljnog estetskog izgleda ceste zavisi od veličine kruznog luka povezanog sa predmetnom klotoidom, te se procjenjuje na osnovu:

- minimalne udaljenosti između kruznog luka i tangente u prekretnoj (infleksionoj) tački klotoida, koja iznosi $\Delta R = 0,30$ m ili
- minimalnog srednjeg ugla klotoida ($\tau = 3^\circ 11'$ za $A = R/3$).

Presjek funkcija oba uvjeta postoji pri radijusu $R_{\text{gr}} = 583,2$ m, a jednačine su:

$$A_{\min \text{ E1}}^2 = \sqrt{7,2} \cdot R_1^2 \quad \text{za } R_1 < R_{\text{gr}}$$

$$A_{\min \text{ E2}}^2 = \frac{R_1^2}{9} \quad \text{za } R_1 \geq R_{\text{gr}}$$

6.3.2.2.3. Granični radijus R_c između VD-uvjeta i E-uvjeta

U cilju procjene $A_{\min}$ za određeni R_1 u području $R_1 > R_{\min}$ primjenjuje se onaj kriterijum koji zahtijeva veće vrijednosti parametra $A_{\min}$.

Granični radijus $R_k = R_{\min}$ pri kome veličina parametra klotoida $A_{k\min}$ definirana po II-uvjetima ($\Delta R=0,30$ m ili $A=R/3$) prevazilazi parametar definiran po VD-uvjetom postiče se:

$$\text{za } R_k < R_{\min} \quad R_k = \frac{A_{\min}^3}{7,2 \cdot R_{\min}^2}$$

$$\text{za } R_k \geq R_{\min} \quad R_k = \frac{9 \cdot A_{\min}^2}{R_{\min}}$$

Za praktičnu upotrebu, sve vrijednosti minimalnog parametra $A_{k\min}$ za određenu predviđenu brzinu V_{pred} učitane su u dijagram prikazan na slici 52 (linija $A_{k\min} \text{ vr} = A_{k\min} \text{ iz} = A_{k\min} \text{ iz}$), dok su vrijednosti R_k i $A_{k\min}$ prikazane u tabeli 29.

6.3.2.2.4. Konstrukivni uvjeti (K-uvjet)

Minimalna vrijednost parametra klotoida $A_{k\min}$ treba da osigura dovoljnu dužinu prijelazne krivine za izvođenje vitoperenja. Za procjenu parametra $A_{k\min}$ primjenjuju se slijedeći uvjeti:

- položaj osovine vitoperenja u poprečnom profilu ceste,
- krilo vitoperenja (veća od obje moguće udaljenosti između ivica kolovoza i osovine vitoperenja) b_v ,
- poprečni nagib kolovoza q_k i
- relativni podužni nagib ivice kolovoza (RPN) s obzirom na nagib nivelete $\Delta s_{\min}$.

Vrijednost RPN zavisi od vrtne i torzione brzine (brzina promjene poprečnog nagiba), koja za ugodnu vožnju iznosi do 4 %/s, te od širine saobraćajne trake.

Za praktičnu upotrebu maksimalne dozvoljene vrijednosti $\Delta s_{\min}$ navedene su u tabeli 28 za standardne širine saobraćajnih traka (tabela 15).

Vrijednost $\Delta s_{\min}$, koja je dodatno uključena u tabeli, primjenjuje se u slučaju, kada se na projektovanoj cesti očekuje V_{pred} koja je znatno veća od V_{pred} (saobraćajna sigurnost).

Kako vrijednosti RPN važe isključivo samo za svaku pojedinačnu saobraćajnu traku posebno, $A_{k\min}$ se utvrđuje samo s obzirom na širinu saobraćajne trake (za dvije jednako široke trake na kolovozu uvaja se dvostruka vrijednost).

Tabela 28. RPN_{min} ivice kolovoza s obzirom na niveletu (za pojedinačne saobraćajne trake)

Relativni nagib [%]	V _{pred} (km/h)			
	<50	50-70	80-100	≥100
Δs _{min}	1,00	0,75	0,50	0,40
Δs _{max}	1,50	1,00	0,75	0,50

Minimalna vrijednost parametra klotoida prema K-uvjetu se određuje prema obrascu:

$$A_{k\min}^3 = \frac{R_{\min} \cdot (b_v \cdot (q_k - q_v))}{100 \cdot \Delta s_{\min}}$$

gdje je

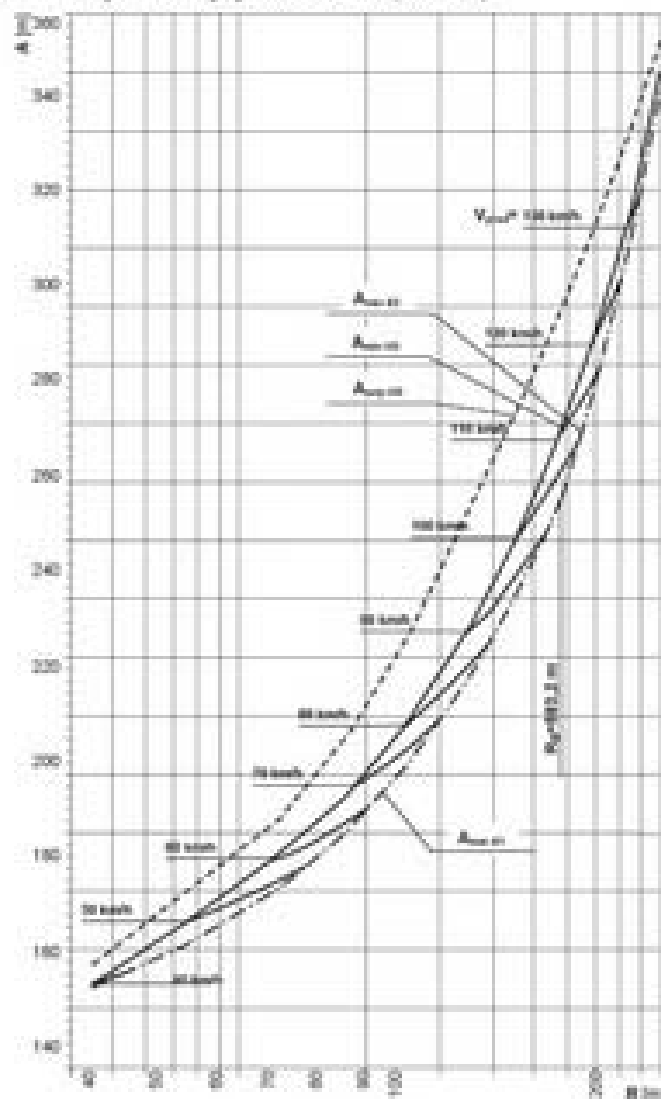
- b_v - širina saobraćajne trake [m],
- q_k - poprečni nagib priključnog luka [%] i
- q_v - poprečni nagib na početku vitoperenja (na prijelaznom luku ili na vernoj tački klotoida $q_v=0$ %).

K-uvjet je indirektno zavisian od brzine vožnje (utjecaj na veličinu poprečnog nagiba), te ovaj proračun treba izvoditi za svaki redosljed kružnih lukova posebno. Ovaj kriterijum je

Tabela 29. Karakteristične veličine klotoide

Karakteristika	V_{med} [km/h]										
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$\alpha_{k,kloto}$ [m/s ²]	0,95	0,80	0,68	0,59	0,52	0,45	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30
R_{kloto} [m]	45	75	125	175	250	350	450	550	700	850	1.000
A_{kloto} [m] ($q=7\%$)	30	50	70	90	115	150	180	210	250	290	340
l_{kloto} [m]	20	35	40	45	50	65	70	80	90	100	115
A_{kloto} [m]	35	60	85	115	150	190	225	260	295	325	350
R_k [m]	55	155	215	300	390	575	650	720	805	890	1.040
$A_{kloto,k}$ [m]	35	70	90	115	145	185	215	240	270	300	350

Slika 31. Minimalan parametar prijelazne krivine (klotoide)



6.3.2.3. Maksimalna vrijednost parametra klotoide A_{max}

U načelu, parametar klotoide je neograničen. Međutim, u obzir je potrebno uzeti sljedeće:

- psihološki efekat intenziteta povećanja bočnog pritiska (radijalnog ubrzanja) koji utječe na vozača (kontrola brzine vožnje) i
- fizičko ograničenje mogućnosti okretanja volana (ograničenje se odnosi i na vozača i na vozilo).

jer u tom slučaju prijelazna krivina gubi svoju funkciju.

Maksimalna vrijednost parametra klotoida se definira odnosom:

$$A_{\max} = R, \text{ ili } \tau = 28^{\circ}19'$$

Bez obzira na ovu odredbu, moguće je upotrijebiti i parametre $A > R$, ali samo u posebnim slučajevima (npr. za veoma mali R , na rampama priključaka, na ulicama u naseljima usljed arhitektonskih efekata). Preporučuje se da se vrijednost parametra A održava ispod vrijednosti koja je definirana kod $\tau=90^{\circ}$, odnosno $A < 1,77 \cdot R$.

6.4. Serpentine

Serpentina je složeni krivinski oblik sastavljen od glavne krivine (okretišta) i priključnih krivina. Serpentina je poseban dio ceste za koji ne vrijedi V_{proj} u smislu ovog dokumenta.

Na autocestama i brzim cestama (tehničke grupe A i B-izvan naselja sa $V_{\text{proj}} > 70 \text{ km/h}$) se ne dozvoljava građenje serpentina.

Na cestama tehničke grupe B, najmanji radijus glavne krivine u serpentine ne smije biti manji od 20 m. Najmanji radijus glavne krivine za ostale ceste iznosi u osovini min $R_{\text{ov}}=12,50 \text{ m}$, a najmanji radijus unutrašnje ivice kolovoza min $R_{\text{un}}=5,30 \text{ m}$.

Radijusi priključnih kružnih lukova (R_{pk}) treba da budu u granicama $2 \cdot R \leq R_{\text{pk}} \leq 4 \cdot R$.

Priključne kružne lukove u odnosu na glavni luk serpentine treba po mogućnosti izvesti kao suprotno usmjerene krivine.

Sve prijelaze iz pravca u kružni luk, odnosno iz jednog u drugi luk istog ili suprotnog smjera treba izvesti sa prijelaznicom. Dužina prijelaznice jednaka je dužini rampe vitoperenja kolovoza.

Za klotoidu u serpentine preporučuje se vrijednost parametra A u području $R_{\text{ov}} \leq A \leq 1,2 \cdot R_{\text{ov}}$.

Proširenje kolovoza u serpentine se određuje:

- za $R \geq 30 \text{ m}$ prema postupku opisanom u poglavlju Poprečni profil, dio Proširenje kolovoza i
- za $R < 30 \text{ m}$ potrebno je oblikovati serpentinu prema geometriji kretanja mjerodavnog vozila.

Vrijednost proširenja se određuje za svaku traču posebno, a kolovoz se, po pravilu, proširuje:

- u glavnom kružnom luku sa vanjske strane,
- u priključnim kružnim lukovima sa unutrašnje strane i
- ako se mogu ostvariti povoljni efekti, u glavnom kružnom luku proširenje se može primjeniti i sa unutrašnje strane.

Podužni nagib kolovoza u glavnom kružnom luku serpentine, uključujući prijelaznice, može biti:

- do 3 % na cestama iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja i
- do 5 % na ostalim cestama.

Maksimalan poprečni nagib kolovoza u serpentine iznosi $q_{\text{max}}=7 \%$.

6.5. Kompozicija i usklađenost susjednih elemenata situacijskog plana

6.5.1. Oblici spojenih krivina i uvjeti

Standardni oblici spojenih uzastopnih lukova su:

- S-krivina kod koje su krivine dva uzastopna luka orijentirane u suprotnim smjerovima i
- O-krivina kod koje su krivine dva uzastopna luka orijentirane u istom smjeru.

Oba standardna oblika spojenih uzastopnih lukova su primjenljiva u svakom slučaju. Prijelazne krivine koje se primjenjuju između dva suprotno usmjerena kružna luka moraju imati približno isti pomak kružnog luka ΔR . Dužina prijelazne krivine, ukoliko se radi o O-krivini treba da osigura mogućnost minimalnog trajanja vožnje od 1 s.

Posebni oblici spajanja uzastopnih lukova su "korpaste" krivine:

- C-krivina koja je sastavljena od tri luka iste orijentacije, odnosno dva vanjska manja luka i srednjeg većeg vrnog luka i
- K-krivina koja je sastavljena od tri luka iste orijentacije, odnosno od dva vanjska veća luka i srednjeg manjeg vrnog luka.

Oba posebna oblika spajanja uzastopnih lukova su samo uvjetno dozvoljena na cestama iz tehničke grupe A, i to samo pod uvjetom da su dužine prijelazne krivine između oba obuhvaćena luka toliko dugačke da omogućavaju izvođenje usporenja kod vožnje iz većeg u manji luk usporevanjem pomoću motora (pasivno usporenje $a_{uc}=0,85 \text{ m/s}^2$) bez upotrebe kočnica.

Obavezan prijelazni element između lukova je prijelazna krivina u obliku klotoida. Ako prijelazna krivina nije obavezna (u tehničkoj grupi D i uvjetno u tehničkoj grupi C), udaljenost između dva susjedna luka mora biti predviđena u tolikoj mjeri da je moguće izvođenje manevrisanja okretanjem volana iz jednog luka u drugi. U sklopu linije korpaste krive nije dopušteno mijenjanje smjera poprečnog nagiba kolovoza. Međutim, postoje i izuzeci, gdje je za stanovišta saobraćajne sigurnosti na srednjem laku promjena smjera poprečnog nagiba kolovoza projektovana namjerno, da bi se postigao fizički i psihološki efekat na vozača u pogledu smanjenja brzine vožnje. Takvo uređenje i razlozi njegove primjene obavezno moraju biti uključeni u projekat ceste.

Za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja i za $V_{max}>70 \text{ km/h}$, izostavljanje prijelazne krivine između lukova O-, C-, i K-krivine, dopušteno je samo ukoliko su ispunjeni kriterijumi navedeni u tabeli 30. Prijelazna krivina između lukova na cestama iz tehničkih grupa B-unutar naselja i za $V_{max}<70 \text{ km/h}$, C i D može biti izostavljena pod uvjetima, koji ne ispunjavaju zahtjeve iz tabele 30, ukoliko su u obzir uzeti opći uvjeti za osiguranje mogućnosti okretanja volana.

Tabela 30. Dodatni uvjeti za O-krivinu ili "korpasta" krivinu

R_{min} (vanjski radijus) [m]	R_{min}, R_{max} (odnos radijusa)	min L (srednja dužina klotoida) [m]
<125	1,5	$V_{max}/3,6$
125-450	2,0	$V_{max}/3,6$
>450	nograničeno	$V_{max}/3,6$

6.5.2. Uvjeti za procjenu redoslijeda dimenzija susjednih kružnih lukova

Prilikom projektiranja trase javne ceste, elemente horizontalnog toka trase treba međusobno uskladiti s obzirom na veličinu radijusa susjednih kružnih lukova, te ukoliko je izvodljivo, s obzirom na dužinu elemenata u nizu. Ako prikladnost odabranog redoslijeda luka u projektu nije posebno dokazana, važe odnosi prema grafikonu na slici 32.

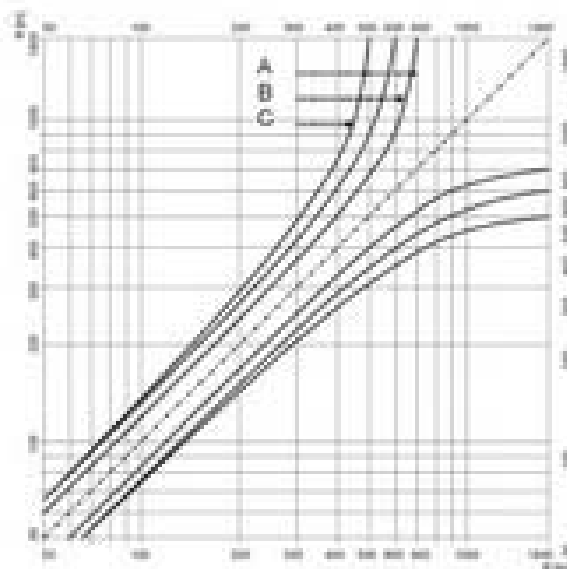
Veoma povoljno područje "A" na slici 32 primjenjuje se za ceste iz tehničke grupe A. Za ceste iz tehničke grupe B dopušteno je i područje "B", dok je za ceste iz grupe C primjenljivo i područje "C". Ako se na cestama iz tehničkih grupa B i C uvode geometrijski elementi koji će dozvoljavati veoma visoke brzine vožnje (preko 80 km/h za B i preko 60 km/h za C) u obzir treba uzeti odredbe koje važe za višu tehničku grupu.

Za ceste iz tehničkih grupa B i C u naseljima gore navedena usklađenost nije potrebna, s obzirom da se vođenje trase usklađuje sa urbanističkim rješenjima.

Ako se O-krivina izvodi sa većim nagibom nivelete ($a_0 > 4\%$), luk većeg radijusa nalazi se na nižem nivou s obzirom na niveletu (nagib nivelete od manjeg prema većem luku, a ne obrnuto). Ukoliko navedeni uvjet nije moguće ispuniti, brzinu je potrebno ograničiti već u području gornjeg, odnosno u tom slučaju većeg kružnog luka.

U određenim posebnim slučajevima, kada iz opravdanih razloga (prostornih i/ili ekonomskih), na karakterističnoj lokaciji na trasi nije moguće upotrebiti predviđeni R_{min} ili odgovarajući redoslijed lukova, navedena mjesta moraju biti vidljivo dopunski označena (povećana preglednost, smjerokazne table, područje u kojem je zasađeno šumje/drveće, koje je različito odbojnom ogradom sa vanjske strane, saobraćajni znaci, itd) i upotrebljen povećan poprečni nagib (tabela 9, vrijednosti u zagađama). Ukoliko postoje mogućnosti, u takvim slučajevima se izvodi smanjenje dimenzija radijusa susjednih lukova s obje strane kritičnog mjesta da bi se primjenom postupno smanjivanih dimenzija elemenata postiglo ujednačeno smanjivanje brzine (usporavanje motorom $a_{av}=0,85\text{m/s}^2$).

Slika 32. Odnosi redoslijeda radijusa lukova



6.5.3. Uvjeti za spajanje prijelaznih krivina

Osim u izuzetnim slučajevima, prijelazna krivina se formira sa klotoidom od jedinstvenog parametra za koju su opći uvjeti primjene navedeni u prethodnim stavovima. Pored tih općih (VD, K, E) uvjeta za vizuelni (estetski) izgled ceste značajna je i konstrukcija redoslijeda dužina uzastopnih geometrijskih elemenata. Preporučuje se odnos $L:D_0:L=1:1:1$, čime se postiže jednako vrijeme vožnje po pojedinom elementu, što omogućava ugodnu vožnju.

Ukoliko postoji prostorno ograničenje, spoj dva kružna luka ili luka i pravca moguće je izvesti i kombiniranim klotoidom, koja je sastavljena od dva različita parametra. Odnos parametara ($A_1:A_2$) ne smije preći vrijednost 1,5. Da bi se postiglo ugodno tehničko rješenje, preporučuje se spajanje ove dve klotoide na lokaciji zakrivljenosti ($1/R_0$) kod $R=600\text{ m}$ ili većoj. Na cestama iz tehničke grupe A kombiniranje klotoida nije preporučljivo. U izuzetnim

slučajevima konstruiranje je potrebno posebno pažljivo razmotriti (jednako vrijeme vožnje po pojedinom parametru).

Upotreba "temene" klotoida (dužina kružnog luka između klotoida iznosi nula) i povezivanje luka sa pravom bez prijelazne krivine na cestama iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja nije dozvoljena. Na ostalim cestama se može primijeniti ako postoje prostorni razlozi (ograničenja), ali samo uz ispunjavanje već prethodno navedenih uvjeta (dovoljne dimenzije radijusa kružnog luka, osiguranje dužine potrebne za okretanje vozila, osiguranje saobraćajne površine u slučaju da su saobraćajne trake veoma uske, itd). Preporučuje se da se u ovim slučajevima smanji radijus kružnog luka, da bi se postigla "normalna" kombinacija sistema prijelaznica-luk-prijelaznica, koju će vozila ionako sama stvarati vošnjom po temenoj klotoidi. Ako se krivina sastoji od dva istosmjerna kružna luka, različitih radijusa, kružni lukovi se mogu spojiti upotrebom "temene" klotoida, samo ako se njihov odnos nalazi u "A" području (slika 32).

Osovina ceste sastavljena samo od prijelaznih krivina se primjenjuje samo u izuzetnim slučajevima.

7. ELEMENTI PODUŽNOG PROFILA

Niveleta je prostorna linija koja definira visinske odnose ceste. Nalazi se duž osovine ceste ili paralelno s njom, a visinski se u projektima izvodi kao projekcija osovine ceste u vertikalnoj ravni (podužni profil). Geometrijski elementi nivelete su tangente (prave linije) i vertikalne krivine (zaobljenja) između njih. Vertikalne krivine se, po pravilu, izvode pomoću kružnih lukova. Dopuštena je i primjena ostalih geometrijskih funkcija (parabole, klotoida, itd) uz uvjet da se osigura dostizanje potrebnog minimalnog radijusa krivine na lokaciji njihovog maksimalnog zaobljenja.

Za pojedine tehničke grupe cesta, granične vrijednosti elemenata nivelete procjenjuju se pod različitim uvjetima. U slučaju, da je na određenoj cesti, iz bilo kog razloga, potrebno uvođenje sličnijih elemenata od onih koji su predviđeni za odgovarajuću tehničku grupu cesta, primjenjuju se dimenzije i uvjeti koji važe za jedan stupanj višu tehničku grupu.

Ako dimenzijama elemenata nivelete nije moguće postići predviđenu srednju brzinu putovanja na cesti, potrebno je izmijeniti poprečni profil (uvođenje dodatnih saobraćajnih traka) ili dimenzije geometrijskih elemenata horizontalnog toka osovine ceste ili i jedno i drugo.

7.1. Podužni nagib nivelete

Elemente nivelete treba definirati za projektovanu brzinu (V_{proj}) koju dozvoljavaju horizontalni geometrijski elementi, ukoliko ne utječu negativno na investicionu ekonomiju.

U slučaju znatnih nagiba nivelete (preko 5 %), koji iz bilo kog razloga ne mogu biti smanjeni, preporučuje se povećanje dimenzija horizontalnih geometrijskih elemenata na donjem kraju nagiba nivelete, te njihovo prilagođavanje očekivanoj brzini vožnje, proizrokovanoj strmišom nagiba nivelete (projektna brzina V_{proj}). Na cestama iz tehničke grupe A takvo usklađivanje je obavezno, dok je na ostalim cestama poželjno.

Ukoliko na cestama iz tehničke grupe A na velikim nagibima nivelete nije moguće uskladiti brzinu i dimenzije horizontalnih geometrijskih elemenata, pre početka donjeg (manjeg) radijusa potrebno je predvidjeti (i izgraditi) pomoćni izlaz u slučaju nužde.

Niveleta u području objekta, naročito kod mostova, vijadukata i nadvožnjaka, mora osigurati dovoljno prostora za racionalni izbor visine konstrukcije i zatlime visine. Treba nastojati da niveleta ima jednostrani podužni nagib 0,5 do 3 %. Manji nagibi od 0,5 % otežavaju i

poskupljeju održavanje pogotovo kod dugih mostova. Nagibi veći od 3 % kvare opći utisak, posebno kod dugih objekata.

7.1.1. Maksimalni nagibi nivelete

7.1.1.1. Maksimalan mogući nagib nivelete

Maksimalan mogući nagib nivelete zavisi od snage vučnog motora, i iznosi:

- za prosječno motorno vozilo 30 % i
- za teška teretna vozila 15 % (za vožnju u prvoj brzini).

Maksimalan nagib nivelete moguće je projektovati samo u posebnim slučajevima (u planinskim predjelima, na prilaznim rampama).

7.1.1.2. Maksimalan dozvoljeni nagib nivelete

Maksimalan dozvoljeni nagib nivelete zavisi od predviđene brzine (V_{pred}) i vrste ceste. Dozvoljene vrijednosti su navedene u tabeli 31.

Prilikom projektovanja, vrijednosti navedene u tabeli 31 je potrebno analizirati u vezi sa određenom prosječnom brzinom putovanja, odnosno saobraćajnom propusnošću pojedine ceste (saobraćajno dimensioniranje) i studijom opravdanosti (kada se izvodi), da bi se definirali optimalni (manji) nagibi na usponima i potreba za dodatnim saobraćajnim trakama. U tom postupku odlučujući parametar je broj teških vozila. Za putnička vozila usponi do 8 % praktično nemaju nikakav utjecaj na brzinu vožnje.

Primjena podužnih nagiba od $s_0 > 4$ % treba izbjegavati u područjima:

- raskrznica u nivou iz građevinskih razloga (nepovoljno veliki nagibi nivelete sekundarne ceste ili priključka) i iz razloga saobraćajne sigurnosti (veliki kontra nagib za barem jednu liniju vožnje u odklonu kroz raskrnicu, velike zaustavne daljine-trokut preglednosti),
- dugačkih mostova i vijadukata iz građevinskih razloga (otločenje habajućeg sloja i hidroizolacije) i iz razloga saobraćajne sigurnosti (podhladjivanje konstrukcije-sevcanje poledice na kolovozu već kod $+2^{\circ}\text{C}$) i
- tunela (smanjenje brzine teških vozila, velika koncentracija izduvnih gasova, povećana opasnost od saobraćajnih udesa, ubrzano širenje požara, itd).

Iz gore navedenih razloga preporučuje se smanjenje maksimalnog nagiba nivelete na 2,5 % u dugačkim tunnelima. Bez obzira na preporuku, maksimalni nagib nivelete u tunnelima potrebno je odrediti u skladu sa kriterijumima koji su posebno propisani za tunele (ventilacija u toku izgradnje i za vrijeme eksploatacije, odvođjavanje, itd).

Tabela 31. Dozvoljene vrijednosti maksimalnog nagiba nivelete (s_{max}) za tehničke grupe cesta

Tehnička grupa	V_{pred} [km/h]									
	40	50	60	70	80	90	100	120	120	130
A	-	-	8 ^I	7 ^I	6 ^I	5,5 ^I	5 ^I	4,5 ^I	4 ^I	4 ^I
B	(10) ^I	9 ^I	8 ^I	7 ^I	6 ^I	5 ^I	4 ^I	-	-	-
C	12 ^I	11 ^I	10 ^I	9 ^I	8 ^I	-	-	-	-	-

^I I stupanj ograničenja

^{II} II stupanj ograničenja

^{III} III stupanj ograničenja

^{IV} IV stupanj ograničenja

U slučaju primjene dodatne trake za spora vozila vrijednosti u tabeli 31 se mogu povećati za 1 %.

U tunnelima, maksimalan uspon od 3,0 % je poželjan za održanje razumne brzine kamiona i praktičnih ventilacijskih zahtjeva. Maksimalan uspon kod tunela dugačkih 3.500 m ili više, ne bi trebalo da prijeđe 1,5 %. Za tunele kraće od 3.500 m maksimalan uspon ne bi smio da bude veći od 3 %. Maksimalan uspon može da bude povećan i do 4 % za tunele koji su dugački 1.000 m ili kraći, ako je potrebno, a za vrlo kratke tunele (200 m ili kraći) maksimalan uspon može dostići iznos maksimalnog uspona preporučljivog za autocestu.

Utjecaj dugačkih nizbrdica na pregled zaustavne ceste treba da bude posebno naznačen u dijelovima tunela gdje vidi položaj vozača kamiona nije od velike pomoći pa brzine kamiona mogu dostići ili prešći one putničkih automobila.

7.1.2. Minimalan nagib nivelete

Minimalan podužni nagib nivelete mora da osigura slobodno otjecanje vode sa kolovoza i, u isto vrijeme, omogućiti estetsko vođenje ivica kolovoza pri vitoperenju.

Bez obzira na ostala ograničenja, primjenjuje se:

- $s_{\min} = 0,5 \%$ na dionicama otvorene ceste i u tunelima i
- $s_{\min} = 0,7 \%$ na dugačkim mostovima i vijaduktima.

Na dionicama ceste gdje nagib $s_{\min}$ duž trase ceste nije moguće postići (vertikalne krivine, vitoperenje) odvodnjavanje kolovoza treba omogućiti dodatnim projektanskim mjerama (pomjeranje osovine vitoperenja, ugradnja drenalnog asfalta, itd).

Kod gradskih mostova i kod mostova na raskrnicama dozvoljeni su podužni nagibi manji od $0,5 \%$ pod uvjetom da se osigura kvalitetno odvodnjavanje vode sa kolovoza.

Podudaranje odsjeka nivelete sa $s < s_{\min}$ na vertikalnoj krivini sa ulim područjem vitoperenja (zona $s_{q_{\min}}$) nije dozvoljeno.

Uvjeti za primjenu $s_{\min}$ različiti su za područja sa konstantnim smjerom poprečnog nagiba kolovoza i za područja na kojima se smjer poprečnog nagiba kolovoza mijenja (vitoperenje).

7.1.2.1. Dionica ceste sa konstantnim smjerom poprečnog nagiba kolovoza

Područjem konstantnog smjera poprečnog nagiba kolovoza smatra se dionica na kojoj poprečni nagib kolovoza se mijenja svoj smjer i nije manji od $q_{\min} = 2,5 \%$. Razlikuju se dva slučaja:

- minimalan podužni nagib nivelete na dionici je ograničen vrijednošću minimalnog podužnog nagiba uređenja za odvodnjavanje duž kolovoza (rigoli, kanali ili uzdignuti ivičnjaci), te je $s_{\min} = \min s_{\min, \text{red}}$

min $s_{\min, \text{red}}$ iznosi:

- za cement-betonske površine $0,2 \%$,
- za asfaltna površine $0,3 \%$ i
- za travnate površine $0,5 \%$.

Na dionicama trase na kojima podužni nagib $s_{\min} < \min s_{\min, \text{red}}$ nije moguće izbjeći, potrebno je preuređenje naprava za podužno odvodnjavanje.

Duljina dionice ceste u području vertikalne krivine, gdje je $s < s_{\min}$ definira se jednačinom:

$$L_{s < s_{\min}} = 0,01 \cdot s_{\min} \cdot R_v$$

gdje je:

R_v - radijus vertikalne krivine [m];

- na dionicama trase sa slobodnim otjecanjem vode s kolovoza (na nasipu, otvoreni duboki jarak, itd) niveleta se može projektovati i bez podužnog nagiba ($s_{\min} = 0$).

7.1.2.2. Dionica sa promjenljivim smjerom poprečnog nagiba kolovoza

Promjenu poprečnog nagiba kolovoza između susjednih kružnih lukova treba izvesti na cjelokupnom području prijelazne krivine (klotoida). Obje ivice kolovoza (ili jedna od njih u zavisnosti od položaja osovine vitoperenja u poprečnom presjeku) moraju biti tako vođene, da relativne razlike podužnog nagiba pojedine ivice kolovoza s obzirom na nagib nivelete osovine vitoperenja iznose najmanje $\Delta s_{\min}$ (minimalan RPN).

Ako je podužni nagib nivelete manji ili jednak minimalnom relativnom nagibu ivice nivelete ($s_n \leq \Delta s_{\min}$), jedna od obje ivice kolovoza dobija podužni nagib suprotnog smjera od onoga kod nivelete (pojava "testere"). Kao rezultat toga nastaje neestetski izgled toka ivice kolovoza i predstavlja poseban problem s obzirom na uređenje odvodnjavanja.

Da bi se spriječilo stvaranje "testere" i osiguralo normalno podužno odvodnjavanje, minimalan podužni nagib nivelete, u ovom slučaju, zavisi od izbora podužnih naprava za odvodnjavanje kolovoza, odnosno:

- u slučaju indignutog ivičnjaka ili rigola $s_{\min} = \Delta s_{\min} + \min s_{\text{odvodnj.}}$ i
- u slučaju slobodnog otcjevanja vode sa kolovoza $s_{\min} = \Delta s_{\min}$.

S obzirom na realne mogućnosti postizanja ravnosti kod izvođenja površine kolovoza preporučuje se da se gore navedene minimalne vrijednosti u projektima uvećaju za najmanje 0,2 %.

7.2. Zaobljenje preloma nivelete

Prijelaz nivelete sa jednog podužnog nagiba na drugi izvodi se sa zaobljenjem. Zaobljenje se izvodi kružnim lukom ili drugim geometrijskim elementom, ako to zahtijevaju prostorni uvjeti (prikladno vođenje nivelete).

S obzirom na veliku bliskost kružnom luku i znatno pojednostavljenje računanja za zaobljenje prijeloma nivelete umjesto kružnog luka se, po pravilu, koristi kvadratna parabola. U odnosu na relativno male vrijednosti prijelomnih uglova tangentskih pravaca nivelete za proračun zaobljenja se može koristiti kvadratna parabola oblika:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot R_y}$$

gdje je:

- y - ordinata kvadratne parabole, odnosno udaljenost između nivelete i tangente [m] i
- x - apscisa kvadratne parabole, odnosno udaljenost od početka zaobljenja [m]

U slučaju primjene drugih geometrijskih elemenata, mogu se primijeniti kubna parabola i klotoida. Najveća zakrivljenost tih elemenata se umije nigdje biti manja od određenog minimuma za veličinu radijusa kružnog luka koji zamjenjuju.

Prijelaz iz tangente u zaobljenje izvodi se direktno ili sa uključanjem prijelazne krivine (samo u specijalnim slučajevima).

Dimenzije radijusa vertikalnih krivina određuju se prema preglednosti u uvjetima prethodne brzine (V_{pre}). Za povećanje saobraćajne sigurnosti preporučuje se da se, naročito na cestama za brzi saobraćaj, ove dimenzije definišu na osnovu preglednosti za projektnu brzinu (V_{proj} odnosno V_{st}).

Prilikom izvođenja obnove ili rekonstrukcije postojećih cesta, kada na pojedinim mjestima (cesta ograđena zidom, uređenje ulaza, itd) nije moguće postići potrebne dimenzije radijusa vertikalne krivine.

- za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja nisu dozvoljena nikakva odstupanja,
- za ceste iz tehničkih grupa B-unutar naselja i C odstupanje je dozvoljeno ukoliko je brzina kretanja ograničena odgovarajućim saobraćajnim znacima (bilo uopćeno ili samo za uvjete mokrog kolovoza),
- za ceste iz tehničke grupe D ne primjenjuju se nikakvi posebni zahtjevi, izuzev da je osigurana prijevoznost. U tu svrhu potrebno je predvidjeti radijus, najmanje $R_{\text{izlaz}}=50$ m za konveksnu krivinu i najmanje $R_{\text{izlaz}}=30$ m za konkavnu krivinu. Svačko odstupanje od navedenih vrijednosti dozvoljeno je samo u slučaju, da je upotreba ceste ograničena na pumlička motorna vozila, što je potrebno posebno naglasiti u projektu.

Za određivanja radijusa konveksne krivine, koji omogućava prećicanje, uzima se zbir zaustavnih dužina dva vozila, koja se kreću u suprotnim smjerovima, uvećan za daljinu sigurnosti od $0,2 \cdot V_{\text{proj}}$. Zaustavne dužine se, u tom slučaju, određuju sa visinom prepreke na cesti koja je jednaka visini oka vozača (1,0 m).

Konkavna vertikalna zaobljenja prijeloma nivelete na dužim objektima nisu poželjna, isto važi za kombiniranje vertikalnih zaobljenja prijeloma nivelete i horizontalnih krivina. Kod većih mostova poželjna su simetrična konveksna vertikalna zaobljenja prijeloma nivelete sa poduznim nagibom 1,5 do 2 %. Kombinacija velikog poduznog i poprečnog nagiba može prouzrokovati neugodno klizanje na mokrom, zaleđenom ili na snijegom pokrivenom kolovozu na mostu.

7.2.1. Granične vrijednosti

Dimenzije minimalnog radijusa konveksne vertikalne krivine određuju se u odnosu na daljinu zaustavne preglednosti, koja se izračunava prema visini očiju vozača ($h_1=1,0$ m) i visini prepreke na cesti (h_2), koja je različita kod V_{proj} i V_{proj} (tabela 22). Uprošćeni izraz glasi:

$$P_v = \sqrt{2 \cdot \min R_{\text{izlaz}} \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot \min R_{\text{izlaz}} \cdot h_2}$$

U tabeli 17 navedene su vrijednosti "skrivenih" visine prepreke na cesti, dok su u tabeli 28 navedeni minimalni radijusi konveksne krivine za zaustavnu preglednost pri nagibu nivelete od 0 %. Pored navedenog, također su navedene i izuzetne minimalne vrijednosti koje proizilaze iz jednačine ($h_2=0$):

$$\min R_{\text{izlaz}} = 0,25 \cdot P_v^2$$

U tabeli 27 su, kod graničnih brzina 50 i 100 km/h, navedene duple minimalne vrijednosti. Kod brzine 50 km/h je uvažena razlika između cesta unutar naselja i izvan njih, a kod brzine 100 km/h razlika između dvotračnih dvosmjernih cesta i cesta sa odvojenim kolovozima. Ove vrijednosti se primjenjuju za različite visine prepreka h_2 kod različitih tehničkih grupa cesta (C i B ili B i A).

Dimenzije minimalnog radijusa konkavne vertikalne krivine proizilaze iz uvjeta vođnje noću (daljina osvjetljenog dijela kolovoza u smjeru vođnje) prema jednačini (tabela 32)

$$P_v = \sqrt{2 \cdot \min R_{\text{izlaz}} \cdot (h + P_v \cdot \sin \varphi)}$$

gdje je:

h - visina farova na vozilu, obično $h=0,7$ m i

φ - ugao osvetljenja u odnosu na tangencijalnu ravan, obično $\varphi=1^\circ$.

Minimalan radijus konkavnog zaobljenja nivelete dobijen gornjom jednačinom upotrebljava se jedino u izuzetnim slučajevima. Za ovu krivinu su puno važniji uvjeti saobraćajne

sigurnosti i estetskih uvjeta pa se kod projektovanja cesta minimalne dimenzije radijusa konvavnog zaobljenja određuju prema odnosu:

$$\min R_{\text{konv}} = \frac{2}{3} \cdot R_{\text{konv-100}}$$

gdje je:

$R_{\text{konv-100}}$ - radijus susjedne konveksne krivine.

Tabela 32. Minimalni radijusi vertikalnih krivina

Pikarnost [m]	Brzina vožnje V_r [km/h]												
	nastat meseja		dvotračni dvosmjerni ceste						Ceste sa razdvojenim kolovozom				
	40	50	60	65	70	80	90	100	100	110	120	130	140
L_0	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15
$\min R_{konv}$	600	1.250	850	1.500	2.600	4.250	6.750	10.250	9.000	13.000	17.000	23.500	32.000
$\min R_{konv}$ (dvosmjerni)	300	650	450	1.200	2.000	3.500	5.000	8.000	-	-	-	-	-
$\min R_{konv}$	500	800	800	1.200	1.700	2.400	3.500	4.000	4.000	5.500	6.000	7.600	9.000

Vrijednosti navedene u tabeli 32 primjenjuju se za sve ceste jedinstveno. Na saobraćajno naročito složenim cestama umjesto predviđene brzine (V_{pred}) preporučuje se primjena projektne brzine (V_{proj}).

U slučaju da se izvede rekonstrukcije ili usljed posebnih prostornih ograničenja ili iz ekonomskih razloga, dimenzije radijusa je potrebno izračunati za svaki slučaj posebno.

Radijusi vertikalnog zaobljenja preloma nivelete u tunelu prikazani su u tabeli 33.

Tabela 33. Radijusi vertikalnog zaobljenja preloma nivelete u tunelu

V_{proj} [km/h]	$\min R_{\text{konv}}$ [m]	$\min R_{\text{konv}}$ [m]
100	12.500	5.000
120	20.000	8.000
140	35.000	12.000

7.2.2. Posebni slučajevi određivanja radijusa vertikalne krivine

U ograničenom području vertikalne krivine podužni nagib kolovoza se smanjuje ispod dimenzija koje su određene kao minimalne za površinsku odvodnju kolovoza.

Dužina područja sa premalim podužnim nagibom (D_s) je:

$$\text{za } i_{\min}=0,5 \text{ \%, normalni uvjeti na cesti} \quad D_s = \frac{R_v}{100} \cdot i$$

$$\text{za } i_{\min}=0,7 \text{ \%, u području većih objekata} \quad D_s = 1,4 \cdot \frac{R_v}{100}$$

Središte ovog područja se nalazi stacionaži najviše ili najniže tačke nivelete. Ovo područje smanjenog podužnog nagiba se smije da se podudara sa ulim područjem vitoperenja ($q < q_{\min}$), kako bi se spriječila pojava akvaplaninga na kolovozu. U tom slučaju se kod konveksne krivine voda zadržava na kolovozu (bura zastajuje vode), a kod konkavne krivine količina vode na kolovozu se čak i povećava (zastajuća i povratna voda).

Ispod nadvožnjaka ili drugih fizičkih prepreka koje se protežu preko određene ceste, radijus luka konvavnog zaobljenja treba povećati do vrijednosti, da se pregledna ravan zaustavne preglednosti proteže ispod prepreke. U tom slučaju potrebno je uvoditi preglednost za vozače

visokih vozila (kamion, autobus), te nije dozvoljena upotreba radijusa koji bi proizilazio iz iznimno minimalne vrijednosti susjednog konveksnog zaobljenja.

U projektovanju cesta iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja, ispod nadvožnjaka ili drugih fizičkih prepreka preporučuje se primjena procjene i povećanja dimenzija radijusa konkavne krivine, da bi se odклонili lošiji vizuelni efekti, koji su u ovom slučaju također prisutni.

7.2.3. Izbor vertikalne krivine

Zaustavna preglednost i od nje zavisne dimenzije radijusa konveksne vertikalne krivine zavisi su od podužnog nagiba nivelete. U cilju izračunavanja dimenzija radijusa vertikalne krivine potrebno je u obzir uzeti srednja vrijednost nagiba dvije susjedne tangente i njoj odgovarajuću preglednost.

7.3. Kompozicija i usklađenost susjednih elemenata nivelete

Ako ne postoje posebni razlozi, primjenjuju se radijusi krivina čije su dimenzije veće od minimalnih vrijednosti.

Prilikom spajanja konveksne i konkavne krivine, dimenzije radijusa konkavnog luka treba da iznose najmanje 2/3 od susjednog većeg radijusa konveksne krivine. Svako odstupanje od ovog pravila mora biti detaljno obrazloženo u projektu ceste. Nikakva odstupanja nisu dozvoljena za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja.

Uzimajući u obzir estetske zahtjeve, preporučuje se, da radijus konkavne krivine iznosi najmanje 1/2 radijusa susjedne konveksne krivine, ako je tangenta između navedenih krivina znatno kraća od dužine pojedine krivine.

Pored dimenzija najmanjeg radijusa vertikalne krivine, potrebno je osigurati dovoljnu dužinu vertikalne krivine s obzirom na trajanje vožnje na pojedinim geometrijskim elementima (5-7 s vožnje).

Sa estetskog i psihofizičkog stanovišta veoma je povoljno da su i sklopu uzastopnih elemenata podužnog profila (krivina-prava-krivina) dužine elemenata uglavnom jednake.

U cilju osiguranja vizuelne usklađenosti sa horizontalnim geometrijskim elementima osovine ceste potrebno je odabrati dužinu zaobljenja koja neće početi i završiti se u području istog horizontalnog elementa osovine ceste.

U cilju osiguranja sigurnosti saobraćaja nije dozvoljeno projektovanje vertikalne krivine između dvije susjedne tangente nivelete sa različitim makovima, ukoliko se dio luka navedene krivine pri nagibu $q < q_{\text{min}}$ (0,5% ili 0,7%) u potpunosti ili samo djelimično poklapa sa istim dijelom visoperenja poprečnog nagiba, u granicama $q \rightarrow +q_{\text{min}}$.

Pored gore navedenih odredbi, iz estetskih i saobraćajno-sigurnosnih razloga za ceste iz tehničkih grupa A i B u obzir se uzimaju i sljedeće preporuke:

- podužni nagibi ispod 0,8 % djeluju kao ravan i praktično su neuočljivi,
- podužni nagibi između 1 % i 3 % su dovoljno prepoznatljivi i djeljivi,
- podužni nagibi između 4 % i 8 % su vizuelno veoma strmi,
- kratke vertikalne krivine treba izbjegavati,
- u ravničarskim terenima veličina prijeloma nivelete ne bi smjela biti veća od 3 % za konkavne i 4 % za konveksne prijelome,
- pri manjim promjenama nagiba nivelete ($\Delta\alpha \leq 3 \%$), minimalne vertikalne krivine proziruju veoma kratke tangente i, kao posljedica toga, nastaju veoma nepovoljni vizuelni efekti,
- vizuelno dobra rješenja moguće je postići uvođenjem vertikalnih krivina koje su najmanje tri puta veće od minimalnih vrijednosti,

- ako na ravnom terenu ili pri veoma istegnutom toku osovine ceste u osnovi, konkavna i konveksna vertikalna krivina slijede veoma dugačku tangentu, radijus konkavne krivine treba da bude veći od radijusa konveksne krivine (sprečavanje efekta "zida") i
- ukoliko je tangenta između dvije krivine suprotnog smjera neproporcionalno kratka u poređenju sa dužinom krivina, istu je potrebno smanjiti, što doprinosi usklađenom vođenju podužnog profila na prijelazu iz jedne krivine u drugu.

8. USKLADENOST ELEMENATA OSOVINE CESTE

Na cestama iz tehničke grupe A, kao i na značajnim cestama iz grupe B, potrebno je uvesti geometrijske elemente osovine ceste i tehničke elemente nivelete ceste tako da se protežu određenim redoslijedom i da su međusobno usklađeni.

Razlikuju se sljedeće vrste usklađenosti elemenata:

- prema smjeru i dimenzijama radijusa,
- prema dužini elemenata i
- s obzirom na prostorni tok linije osovine ceste.

Osovina ceste je prostorna krivina kod koje horizontalni i vertikalni elementi treba da budu međusobno usklađeni kako bi osovina ceste imala estetski i ugodan saobraćajno-tehnički tok u prostoru.

Pored odredbi koje se odnose na osiguranje dovoljnih nagiba za odvodnjavanje površine kolovoza, u obzir treba uzeti i sljedeće:

- dužina vertikalne krivine treba da bude veća od dužine pojedinih horizontalnih elemenata osovine ceste s kojima se poklapa po stacionari (početak i kraj vertikalne krivine ne smiju biti locirani u području istog horizontalnog elementa osovine ceste),
- odnos između horizontalnog (R) i vertikalnog radijusa (R_v) treba da bude što manji (1:10 do 1:20),
- ukoliko nije moguće postići povoljan odnos susjednih radijusa, čije dimenzije utječu na opažanje toka ceste iz perspektive, preporučuje se kompjuterska vizualizacija toka ceste,
- ugrađivanje dvije uzastopne vertikalne krivine u područje pregledne udaljenosti dozvoljeno je samo na cestama iz tehničkih grupa C i D i na cestama unutar urbanih sredina,
- infleksionirane tačke horizontalnog i vertikalnog toka osovine ceste treba da se nalaze na približno istoj stacionari,
- u slučaju zahtjevnog reljefa (veliki podužni nagibi nivelete) poželjno je da se između dvije vertikalne krivine predvidi dionica sa konstantnim podužnim nagibom, čime vozač dobija utisak horizontalnog toka ceste ispred sebe, a horizontalna infleksiona tačka treba da se nalazi što bliže početku konkavne krivine,
- na cestama iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja osovine monta/vijadukta prilagođavaju se liniji osovine ceste, a na ostalim cestama to je moguće i obrnutim redom, kako bi se postiglo što racionalnije rješenje objekata,
- ukoliko su značajni vijadukti na cestama iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja locirani u području vertikalnih krivina, vođenjem nivelete i dovoljnom širinom berme preglednosti potrebno je omogućiti pravovremenu vidljivost (prepoznavljivost) i njihov kraj i
- iste odredbe se na cestama iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja primjenjuju i za raskrsnice u nivou.

9. FUNKCIONALNI ELEMENTI I POVRŠINE CESTE

Funkcionalni elementi i površine ceste obuhvataju sljedeće:

- raskrsnice i priključci u nivou,
- denivelisane raskrsnice i priključci,

- kružne raskrsnice,
- pružni prijelazi,
- mimoilaznice i okretnice,
- biciklističke i pješačke površine,
- kontrolne stanice,
- autobuska stajališta,
- parkinzi na kolovozu,
- odmorišta i uslužne zone,
- benzinske i gasne stanice,
- stanice za naplatu cestarine i
- baze za održavanje cesta.

Osim navedenog kao poseban aspekt definira se vođenje saobraćaja, odnosno cesta pored drugih infrastrukturnih objekata (vođeni tokovi, javna komunalna infrastruktura, prometna sredstva, aerodromi i lokacije prirodnih materijala).

Prilikom usvajanja pojedinog funkcionalnog elementa ili površine ceste za primjenu na određenoj cesti, njihovog sadržaja, kao i definiranja odgovarajućih elemenata za njihovo projektovanje, provjerava se usklađenost sa slijedećim kriterijumima:

- funkcionalnost,
- propusnost,
- lociranje i zauzimanje prostora,
- ekonomičnost i
- sigurnost saobraćaja.

Navedeni opći kriterijumi se provjeravaju bez obzira na činjenicu da li je riječ o izgradnji, obnovi ili rekonstrukciji. Značaj i redoslijed navedenih općih kriterijuma zavisi od stvarnih uvjeta i razlikuje se od slučaja do slučaja.

Sa ustanovljenom sigurnosti saobraćaja neophodno je procijeniti upotrebljene elemente za ispunjavanje ostalih definiranih kriterijuma.

Posebnim uputstvima, smjernicama i drugim dokumentima će se definirati tehnički uvjeti za projektovanje funkcionalnih elemenata i površina cesta u odnosu na navedene kriterije.