



**Godina XI**  
**Utorak, 27. veljače/februara 2007. godine**

**Broj/Broj**  
**13**

**Godina XI**  
**Utorak, 27. februara 2007. godine**

## **MINISTARSTVO KOMUNIKACIJA I TRANSPORTA BOSNE I HERCEGOVINE**

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.**

##### **(Objavlјivanje 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.

## OSNOVNI UVJETI KOJE JAVNE CESTE, NJIHОVI ELEMENTI I OBJEKTI NA NJIMA MORAJU ISPUNJAVATИ 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 Zakona o osnovama sigurnosti saobraćaja na cestama u Bosni i Hercegovini (u daljem tekstu: Zakon), kao i vabodim 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 30. Zakona.

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

#### 1.2.1. Ceste za saobraćaj motornih vozila

Ceste za saobraćaj motornih vozila se dijele na:

- autoseste 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. Autoseste i brze ceste se mogu graditi po fazama s tim da se izgrađena prva faza smatra bezom 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 polazne 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 angloheracija,
- sabirne ceste za prikupljanje saobraćajnih tokova sa ciljem udruženog vodenja do sekundarnih (općinskih) centara i centara entiteta i kantona i njihove raspodjele;
- 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 definira na osnovu lokacije u prostoru (izvan, kroz ili unutar naselja), gustine izgradenosti u urbanom prostoru i veličine, značaja i dimenzija urbanog centra.

Prema prostornoj funkciji, javni cesta 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 vozno-dinamičke uvjete (uvjete konstantne brzine i neometane prijevoznosti) ili
- u odnosu na karakteristično vozilo (osiguranje prijevoznosti bez obzira na vozno-dinamičke uvjete).

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

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

### 1.6. Podjela prema saobraćajnom opterećenju

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

Tabela 1. Podjela javnih cesta prema saobraćajnom opterećenju

| Razred cesta | PGDS [voz/dan] |
|--------------|----------------|
| I            | >12.000        |
| II           | 8.001-12.000   |
| III          | 6.001-8.000    |
| IV           | 4.001-6.000    |
| V            | 2.501-4.000    |

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

Veličina i struktura saobraćajnog opterećenja, za određeni planinski period, se utvrđuju prema poglavljju 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

| Technička grupa  | Vrsta saobraćaja  | Društveni i privredni značaj | Veličina saobraćaja (PGDS) [voz/dan] | Saobraćajna funkcija | Srednja duljina putovanja [km] |
|------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| A                | motorni mješoviti | magistralni                  | >12.000                              | daljninski           | >100                           |
| B-izvan naselja  | motorni           |                              | 8.001-12.000                         |                      | 50-90                          |
| B-unutar naselja | mješoviti         |                              | 6.001-8.000                          |                      | 25-50                          |
| C                | regionalni        |                              | 4.001-6.000                          |                      | 10-30                          |
| D                | lokalni           | lokalni                      | 2.501-4.000                          | urban                | 5-20                           |
|                  | lokalni           |                              | 1.001-2.500                          |                      | 5-10                           |
|                  |                   |                              | <1.000                               | prištinski           | <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 podaljnog 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 odredene kategorije ceste, koji proizlaze 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 (zaštitna/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 luka okretanja R <sub>o</sub> [m] |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------|------------------------|--|
|                                       | dužina               | širina            | visina                 |  |
| bicikl sa motorom                     | 1,80                 | 0,60              | 1,60 <sup>1</sup>      | 3,00   |
| motocikl                              | 2,25                 | 0,70              | 1,60 <sup>1</sup>      | 3,00   |
| tipičan automobil                     | 4,70                 | 1,75              | 1,50                   | 5,80   |
| mađi automobil                        | 3,80                 | 1,60              | 1,40                   | 5,50   |
| veliki automobil                      | 5,15                 | 1,90              | 1,60                   | 6,00   |
| microdrveno putničko vozilo           | 4,70                 | 2,10              | 1,70                   | 5,80   |
| kombinirano vozilo                    | 5,00                 | 2,10              | 2,30                   | 6,20   |
| teretno vozilo                        |                      |                   |                        |  |
| mađi teretno vozilo                   | 6,00                 | 2,30              | 2,50 <sup>2</sup>      | 6,20   |
| tipično dvoosovinsko teretno vozilo   | 8,50                 | 2,50 <sup>2</sup> | 3,00 <sup>2</sup>      | 9,60   |
| tipično trosovinsko teretno vozilo    | 10,00                | 2,50 <sup>2</sup> | 3,00 <sup>2</sup>      | 9,80   |
| teretno vozilo sa prikolicom,         | 16,00                | 2,50 <sup>2</sup> | 4,00                   | 12,50  |
| pola-prikolicom, vozilo sa prikolicom | 16,50                | 2,50 <sup>2</sup> | 4,00                   | 12,60  |
| vozilo za odvoz otpada                |                      |                   |                        |  |
| tipično dvoosovinsko vozilo           | 7,70                 | 2,50              | 2,50 <sup>2</sup>      |  |
| tipično trosovinsko vozilo            | 10,50                | 2,50              | 2,50 <sup>2</sup>      |  |
| vatrogansko vozilo                    | 6,80                 | 2,50              | 2,80 <sup>2</sup>      | 9,25   |
| vatrogansko vozilo sa merenjima       | 12,00                | 2,50              | 3,50                   | 10,50  |
| tipičan autobus I                     | 11,00                | 2,50 <sup>2</sup> | 2,95                   | 10,25  |
| tipičan autobus II                    | 11,50                | 2,50 <sup>2</sup> | 2,95                   | 11,00  |
| tipičan međugradski autobus           | 12,00                | 2,50 <sup>2</sup> | 3,00/3,45 <sup>2</sup> | 11,40  |
| tipičan autobus sa zglobom            | 18,00                | 2,50 <sup>2</sup> | 2,95                   | 12,00  |
| traktor sa prikolicom                 | 9,20                 | 1,80              | 2,50                   | 4,50   |

<sup>1</sup> sa vozilom i putnikom 2,0 m

<sup>2</sup> visina kabine za vozača

<sup>3</sup> sa streševicom 2,95 m

<sup>4</sup> autobusi na dva spusta

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 definira 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 dimenzioniranje 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. Dimenzijs nemotorizovanih prijevoznih sredstava i njihova sposobnost manevriranja

| Vrsta prijevoznog sredstva | Dimenzije vozila [m] |        |                   | Radijus vanjskog luka okretanja R <sub>u</sub> [m] |
|----------------------------|----------------------|--------|-------------------|--|
|                            | dužina               | širina | visina            |  |
| dječja kolica              | 1,10                 | 0,55   | 1,00 <sup>1</sup> | 1,00   |
| invalidska kolica          | 1,25                 | 0,85   | 1,10 <sup>1</sup> | 3,80   |
| bicikl                     | 1,85                 | 0,60   | 1,00 <sup>1</sup> | 3,00   |

<sup>1</sup> sa korisnikom 1,60 m

## 2.2. Saobraćajno opterećenje

### 2.2.1. Podaci o saobraćaju

Standardni metod vodenja 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, projekat se računa za period u kojem je cesta bila u upotrebi i time definira 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 i
- za raskrsnice: brojanjem saobraćaja u smjerovima vožnje na raskrsnicama po časovima, s tim da se u vršnjim časovima saobraćajni tokovi mogu razdvajati na 15-sa minute, odnosno 5-sa minute 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 teških vozila, upotrebljavaju se za:

- projektovanje saobraćajnih površina s obzirom na tehničke uvjete i minimalne dimenzije geometrijskih elemenata,
- dimenzijsiranje kolovozeorne konstrukcije i mostovskih konstrukcija,
- analiziranje utjecaja teških 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 pojedinih smjerovima,
- saobraćajnog opterećenja u toku dana i
- raspodjelu vozila na pojedine kategorije (struktura vozila).

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

- analiziranje propusnosti,
- planiranje rečima saobraćaja (jednosmjerne 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 vrloga opterećenja,
- utvrđivanje snimljene propusnosti saobraćajnih površina i
- utvrđivanje karakteristika saobraćaja u vrijeme vrloga opterećenja.

Saobraćajno opterećenje utvrđeno u periodu vrloga opterećenja se upotrebljava za:

- određivanje propusnosti određenog ceste,
- utvrđivanje potreba, planiranje i tačno određivanje vrste i položaja opreme saobraćajnih površina,
- utvrđivanje potreba za parkiranjem, okretanjem i zauzimanjem 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 slijedećim osnovnim kategorijama:

- MC motocikli,
- PV putnička vozila sa i bez prikolice,
- BUS autobusi sa i bez prikolice, autobusi sa zglobovom,
- LT laka 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 kategorija (statistička-alternativna):

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

Za potrebe saobraćajnog dimenzioniranja 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 laki kamione i
- TK teški kamione.

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

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

- PV putnička vozila,
- A autobuse,
- TV teretna vozila i
- TPP 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 prorabun 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  $Q_{h...}$  i
- mjerodavno 15-s minutno saobraćajno opterećenje za dimenzioniranje raskrsnice  $Q_{15...}$ .

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 vrhognog časa (FVC), koji predstavlja osciliranje saobraćajnog toka unutar tog sata. U slučaju brojanja, FVC se izračunava za svaki smjer posebno, odnosno po ogranicima, trakama ili kracima 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 mjerjenje (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 previdivim godišnjim porastom, a bez posebnih istraživanja.

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

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

$$Q_{\text{t,av}} = \text{FNČ} \cdot \text{PGDS}$$

Za pojedine vrste cesta FNČ 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 projektnе dokumentacije.

Tabela 5. Okvirne vrijednosti FNČ u procentima PGDS

| Vrsta ceste                        | FNČ [% PGDS] |
|------------------------------------|--------------|
| ceste za daljnjsko povezivanje     | 12-16        |
| međugradiske ceste (izvan naselja) | 10-14        |
| prigradiske ceste (i daljnjske)    | 9-11         |
| gradski cesti (osim priupisnih)    | 8-10         |

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

Na cestama sa izraženim sezonskim saobraćajem, ukoliko obim saobraćaja u sezoni prijelazi projicirnu 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 primjeniti na ceste sa više saobraćajnih traka sa razdvojenim kolovozima (autoceste i brze ceste) samo u ekstremnim slučajevima i uz posebno dokumentovano obrazloženje.

#### 2.2.4. Planski period

Geometrijski projekt novih cesta zasniva se na prognozi mjerodavnog saobraćajnog opterećenja za period 20 godina posle završetka izgradnje ceste. Prognozirano opterećenje dobija se saobraćajnom studijom, analiziranjem sadržajnog 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 urećanje profila u tunelu), preporučuje se da se u obzir uzme period duži od 20 godina. Produbljenje planskog razdoblja mora prethodno da odobri investitor, te ono mora biti navedeno u projektном zadatku.

Kada se radi o rekonstrukciji ili potpunoj sanaciji ceste ili glavne raskrsnice, plansko razdoblje za određivanje mjerodavnog 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 fazama, projektom se predviđaju mjere, kojima će se osigurati nesmetano funkcioniranje 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 uspješnosti različitih vrsta cesta (tabela 6). NU se određuje u odnosu na ometanje vozila u saobraćajnom toku (koncentracija saobraćajnog toka) i u skladu sa projektnom bezinom putovanja. 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 uspješnosti različitih vrsta cesta (kvantitativni pokazatelji za određivanje NU)

| Cesta ili vrsta saobraćaja       | Mjera uspješnosti  |
|----------------------------------|--|
| Autocesta, osnovna dionica       | gestina [IPV/km/naob. traka]   |
| autocesta, dužina ulaska         | projektna bezina kretanja [km/h]   |
| Autocesta, priljučci             | tok [IPV/s]  |
| cesta sa više saobraćajnih traka | gestina [IPV/km/naob. traka]<br>projektna bezina kretanja [km/h]<br>procenat kretanja [%]<br>tok [IPV/s]         |
| Cesta sa dvije saobraćajne trake | projektno kretanje udjel rastavljajućeg [u/vrati]  |
| nekonforitanci raskrsnice        | nivo raskrsnice pojedinih stupova X [%]<br>bez uskola u svakoj u pojedinim stupovima [u/vrati] i dužini rida [m] |
| gradski ulici                    | projektna bezina kretanja [km/h]   |
| stanica za naplate cestarine     | tok [IPV/s]<br>procenat kretanja [%]   |
| gradski prijevoz putnika         | stoga ravnost [osoba/godina]   |
| Pješaci                          | napokonji prostor [m/pješak]   |

Kapacitet ceste, na granici između NU E i F, predstavlja maksimalan obim saobraćajnog toka pri kome se na cestu još ne pojavljuju zastoji. Ovaj kapacitet je karakterističan po veoma niskoj projektnoj bezini kretanja, koja je, naročito na cestama sa visokom 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 planinskog perioda (tabela 7).

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

| Funkcija ceste    | Preporučeni NU | Minimalan NU |
|-------------------|----------------|--------------|
| dolinski cesta    | B              | D            |
| vozna cesta       | C              | E            |
| saobraćajna cesta | D              | E            |
| prijevozna 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 usvajanja tog aktua primjenjuju se vrijednosti definisirane u ovom dokumentu.

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

Na kompletsoj saobraćajnoj dionici, odnosno odsječku ceste sa približno istom veličinom i strukturom saobraćaja, treba osigurati dovoljnu propusnu moć i zadati nivo usluge. Odsupanje od prethodnog stava može se dozvoliti samo u slučaju ako se primjenom analize "troškovi-koristi" dokaze da je to opravdano, s tim da mjerodavno saobraćajno opterećenje na kraju planskog perioda ne pređe propusnu moć ceste (novo usluge E). Mjerodavno saobraćajno opterećenje ceste se određuje na osnovu odgovarajućeg vrlošnog opterećenja (uobičajeno 100-ti sat prognoziranog saobraćaja).

### 2.3.2. Saobraćajna analiza elemenata ceste

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

- provjera izbora strukture i veličine elemenata ceste u poprečnom profilu, te geometrijskih elemenata osovine ceste u vidu zadovoljavanja zadatih ili izabranih parametara vodje,
- upoređenje varijanti,
- donošenje odluke o mogućim intervencijama u situacionom planu i podužnom profilu sa ciljem uvećanja eksploatacionalih efekata (dodatane trake, ukrštanja van nivoa, smanjenje eksploatacionalih troškova vozila i sl.) i
- donošenje odluke o mogućim redukcijama elemenata u situacionom planu i podužnom profilu sa ciljem uvećanja ekonomičnosti građenja ceste (prilagodavanje 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 razdvajaju, priključku, traci za prestrojavanje) i
- raskrnice.

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

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 definira 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 sponu vodju, 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 obavenu komponentu tehničkog izvještaja u:

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

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

### 3. OSNOVE ZA ODREDIVANJE DIMENZIJA 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 i/ili tehničkih elemenata osovine ceste i kolovoza.

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

Skromniji polazni uvjeti se upotrebljavaju bez posebnih obrazloženja ukoliko se projektuju ceste (ulice) u gusto naseljenom području, a naročito u gusto 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, planim dokumentom ili projektnim zadatkom, određuje koje uvjete je potrebno uzeti u obzir (uslove grupe B ili C-prilagodavanje 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 dimenzioniranje elemenata ceste

| Vrsta faktora      | Projektni elementi ceste                             |
|--------------------|--|
| polje preglednosti | duljina dionice i posroča, saobraćajna signalizacija |
| vrijeme reakcije   | zauzvratna duljina                                   |
| bočno ubrzanje     | minimalne dimenzije elemenata situacionog plana      |
| bočni udar         | minimalna duljina prijelazne linije                  |
| poduzeto ubrzanje  | preostala brzina                                     |
| poduzeti udar      | slobodno kočenje                                     |

poduzeti udar (intenzivno kočenje) se ne uzima u obzir prilikom izračunavanja zauzvratnih duljina.

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

- Polje preglednosti predstavlja područje koje vozač obuhvata jednim pogledom. Granice polja preglednosti se određuju na osnovu širine (ugla) i duljine (duljine) pogleda, koji se u toku kretanja mijenjaju. U sklopu polja preglednosti razlikuju se slijedeće 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, duljina preglednosti  $L_v$  [m] se određuje na osnovu slijedeće jednačine:

$$L_v = t_v \cdot v_v \approx 4 \cdot V_v$$

gdje je:

$t_v$  - vrijeme vožnje sa najvećom oštinom, 12-14 s,

$v_v$  - brzina vožnje u m/s i

$V_v$  - brzina vožnje 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 dimenzioniranja zaustavne preglednosti. Prilikom projektovanja ceste, a s obzirom na vrstu tipičnih korisnika, u obzir se uzimaju slijedeće vrijednosti:

- normalna 2,0 s,
- prihvativija 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 (traskrevice, prijelazi, ostale fizičke prepreke) na koje je vozač upozoren saobraćajnim znacima.

- Bočno ubrzanje  $a_x$  [ $m/s^2$ ], koje uvjetuje udobnost vožnje, iznosi:

- za udobnu vožnju do  $2,5 m/s^2$ ,
- za prihvativiju vožnju do  $3,0 m/s^2$  i
- gornja granična vrijednost  $3,5 m/s^2$ .

- Bočni udar  $x_a$  (preostala ubrzanja) [ $m/s^2$ ] se uzima u obzir u granicama  $0,30 \leq x_a \leq 0,95$ , s tim da glavna vrijednost iznosi  $0,5 m/s^2$ .

- Poduzeto ubrzanje  $a_y$  [ $m/s^2$ ], koje uvjetuje udobnost vožnje, iznosi:

- za udobnu vožnju do  $2,65 m/s^2$ ,
- za neudobnu vožnju do  $3,45 m/s^2$  i
- za posebne uvjete vožnje  $4,25 m/s^2$ .

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

### 3.3. Brzina

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

- brzina vožnje ( $V_v$ ) predstavlja stvarnu brzinu kretanja vozila na kolovozu,
- dozvoljena brzina vožnje ( $V_{doz}$ ) je brzina koja je zakonom ili upravnim ograničenjem određena na cesti ili dionici ceste,
- brzina putovanja ( $V_{put}$ ) predstavlja prosječnu brzinu vožnje koju vozila dostižu na određenoj cesti,
- definirana/planirana brzina putovanja ( $V_p$ ) predstavlja prosječnu brzinu vožnje, koju vozila treba da dostignu na određenoj cesti na kraju planskog razdoblja, i koja predstavlja relevantnu brzinu za dimenzioniranje 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 potok 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  $V_{st}$ ), koju omogućavaju pojedini geometrijski i tehnički elementi projektovanog ili postojeće ceste, a upotrebljava se kao računska brzina za analize 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 viša od najveće zakonom ili upravnim ograničenjem dozvoljene brzine vožnje na cesti ili dionici ceste ( $V_{doz}$ );
- brzina u bočnom smjeru ( $V_{boč}$ ) 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 projektne brzine

Projektna brzina se procjenjuje analizom pojedinih elemenata ceste. U projektu se prikazuje kao profil projektne brzine, 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 viša od maksimalne dozvoljene brzine kretanja na danoj cesti. Analiza se, u projektu, izvodi za ceste koje pripadaju grupi A i za ceste iz grupe B, gdje predviđena brzina prijelazi 70 km/h.

Ukoliko posebnom analizom nije drugačije određeno, primjenjuje se slijedeće:

- za dvostrane ceste sa odvojenim kolovozima, gdje je  $V_{proj} < V_{doz}$   

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

$$V_{proj} = V_{pred} + 20 \text{ km/h} \text{ za oprublenu trasu.}$$
- za dvostrane ceste sa jednim kolovozom, gdje je  $V_{proj} > V_{doz}$   
 max  $V_{proj} = V_{doz}$  za pojedinu vrstu ili kategoriju ceste ili  
 max  $V_{proj} = V_{pred}$ .

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

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

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

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

### 3.3.2. Brzina u bočnom smjeru

Brzina u bočnom smjeru je računska veličina, kojom se izračunava duljina 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 slijedeće vrijednosti:

- blaga             $0,7 \text{ m/s}$        za  $V_c > 70 \text{ km/h}$ , za teška vozila, ceste u krivini i
- prihvatljiva     $1,0 \text{ m/s}$        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 slijedeće prosječne vrijednosti:

#### - ubrzanje

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

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

### 3.4. Otpornost na klizanje

Pričinljivost na kolovoze se izražava koeficijentom trenja klizanja (KTK ili  $\mu_0$ ) između kolovoza i gume. Prilikom dimenzionisanja elemenata ceste, uvojava se KTK koji osigurava sigurnost saobraćaja za 95 % uzroka 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 slijedećom jednačinom:

$$f_{max} = \mu_0 = 0,2 \cdot \left( \frac{V_c}{100} \right)^3 - 0,629 \cdot \frac{V_c}{100} + 0,637.$$

KTK se upotrebljava za dimenzioniranje elemenata koji su podijeljeni na poprečne ( $f_x$ ) i radikalne ( $f_y$ ). Za maksimalnu vrijednost KTK, u oba smjera, primjenjuju se slijedeći odnosi:

$$f_{x,max} = f_{y,max} = n \cdot f_{max},$$

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

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

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

Za obe komponente KTK primjenjuje se slijedeće:

$$f_t^2 = f_t^{(1)} + f_t^{(2)}$$

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 koljenje na istom geometrijskom elementu ceste. Nivo iskorijenosti doz  $f_{t, \text{min}}$  je također definiran graničnim vrijednostima tipičnih karakteristika korisnika ceste (vozači i putnici u vozilima), te može da se razlikuje u različitim uvjetima.

doz  $f_{t, \text{min}}$  može u potpunosti biti iskorijen za izračunavanje zaustavnih duljina.

Vozno-dinamičke vrijednosti, koje treba poštovati u cilju osiguranja saobraćajne sigurnosti, i koje dozvoljavaju kretanje vozila izabranoj brzinom vožnje na cestama koja su dimenzionisana prema vozno-dinamičkim zahtjevima, navedene su u tabeli 9. Nivo iskorijenosti 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 $f_{t, \text{min}}$ pri |                  | Maksimalni poprečni nagib kolovoza <sup>1)</sup> | Prekrena krivina | Radijus kružnog luka | Vrijeme reakcije t, [s] | Procjena poglednost |
|------------------|-----------------------------|------------------|--|------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
|                  | $q_{\text{max}}$            | $q_{\text{min}}$ |  |                  |                      |                         |                     |
| A                | 50 %                        | 10 %             | 7 (8) %  | obavezna         | obavezno             | 2,0 s                   | potrebna            |
| B-izvan naselja  | 60 %                        | 30 %             | 7 (8) %  | obavezna         | obavezno             | 1,5 s                   | preporučena         |
| B-unutar naselja | 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      | -                    | -                       | -                   |

vrijednosti u zagradi se primjenjuju za obnovu ili rekonstrukciju postojećih cesta

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

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

| Koeficijent trenja      | Brzina vožnje $V_c$ [km/h] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 40                         | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   | 110   | 120   | 130   | 140   |
| $f_{t, \text{min}}$ [-] | 0,42                       | 0,37  | 0,33  | 0,30  | 0,26  | 0,23  | 0,21  | 0,19  | 0,17  | 0,16  | 0,15  |
| $f_{t, \text{max}}$ [-] | 0,581                      | 0,545 | 0,510 | 0,479 | 0,450 | 0,425 | 0,393 | 0,367 | 0,349 | 0,331 | 0,311 |
| $f_{t, \text{min}}$ [-] | 0,510                      | 0,480 | 0,460 | 0,430 | 0,410 | 0,390 | 0,370 | 0,351 | 0,338 | 0,324 | 0,313 |

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

### 3.5. Granične vrijednosti vozno-dinamičkih parametara

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

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

| Tehnička grupa             | Standarde konstrukcije za projektovanje i funkcioniranje cesta |                            |                            |   |                       |  |     |     |     |       |
|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|---|-----------------------|--|-----|-----|-----|-------|
|                            | vrednost<br>nastavljajuća                                      | $V_{\text{min}}$<br>[km/h] | $V_{\text{max}}$<br>[km/h] | koridor                                 | radijus <sup>1)</sup> | moguća previdjena brzina <sup>2)</sup> $V_{\text{pre}}$ [km/h] |     |     |     |       |
| <i>izvor nastavljajuća</i> |  |                            |                            |   |                       |  |     |     |     |       |
| A                          | izotorni   | 130                        | 80-100                     | odgovarajuće<br>saobraćajne<br>funkcije | u visokom<br>nivou    | 130  | 120 | 110 | 100 |       |
|                            | izotorni   | 90                         | 60-80                      | odgovarajuće                            | u visokom<br>nivou    |  |     |     | 90  | 80    |
| A                          | izotorni   | 100                        | 70-90                      | odgovarajuće<br>saobraćajne<br>funkcije | u visokom<br>nivou    |  | 110 | 100 | 90  | 80    |
|                            | izotorni   | 90                         | 50-70                      | odgovarajuće                            | u niskom koridoru     |  |     | 90  | 80  | 70-60 |
| B                          | izotorni   | 100                        | 60-80                      | odgovarajuće<br>saobraćajne<br>funkcije | u niskom koridoru     |  | 90  | 80  | 70  | 60    |
|                            | izotorni   | 90                         | 50-70                      | odgovarajuće                            | u niskom koridoru     |  | 90  | 80  | 70  | 60    |
| B, C                       | izotorni   | 70                         | -                          | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     | 70  | 60  | 50-40 |
|                            | izotorni   | 70                         | 40-60                      | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     | 70  | 60  | 50-40 |
| C                          | izotorni   | 70                         | -                          | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     | 70  | 60  | 50-40 |
| D                          | površinski   | 50                         | -                          | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     | 60  | 50  | 40    |
|                            | površinski   | 50                         | -                          | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     |     |     |       |
| <i>izvor nastavljajuće</i> |  |                            |                            |   |                       |  |     |     |     |       |
| A                          | izotorni   | 100                        | 60-80                      | odgovarajuće<br>saobraćajne<br>funkcije | u visokom<br>nivou    |  | 100 | 90  | 80  |       |
|                            | izotorni   | 90                         | 50-70                      | odgovarajuće                            | u visokom<br>nivou    |  | 90  | 80  | 70  | 60    |
| B                          | izotorni   | 80                         | 50-60                      | odgovarajuće<br>saobraćajne<br>funkcije | u niskom koridoru     |  |     | 80  | 70  | 60    |
|                            | izotorni   | 70                         | 40-50                      | odgovarajuće                            | u niskom koridoru     |  |     | 70  | 60  | 50-40 |
| C                          | izotorni   | 70                         | -                          | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     |     | 70  | 60    |
| D                          | izotorni   | 50                         | -                          | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     |     |     |       |
|                            | površinski   | 50                         | -                          | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     |     |     |       |
|                            | površinski   | 50                         | -                          | odgovarajuće                            | u niskom nivoju       |  |     |     |     |       |

<sup>1)</sup> određuje se s obzirom na udaljenost između centara saobraćajnog potencijala (veća udaljenost, veća  $r_{\text{pre}}$ )

<sup>2)</sup> vrednost nastavljajuće se određuje s obzirom na obim saobraćaja

korid. konstrukcija nastavljajuća oprema komplikovana saobraćajna oprema

min. maksimalna saobraćajna oprema bez saobraćajne opreme, samo saobraćajni znak

<sup>3)</sup> određuje se s obzirom na preostale uvjete i kontinuitet vođ izgradnjom susjednih dijelova ili odsjeka

<sup>4)</sup> manja  $V_{\text{pre}}$  izuzeći ukoliko ujedno ne vratiča, ograničenje brzine je potrebno obvezno oznaci dodatnom tablom "po kri"

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 investi 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 planinskog perioda, projektirano saobraćajno opterećenje preuzezerovalo pad prosječne brzine putovanja ispod odredene, potrebno je povećati propusnost:

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

Za građevinske investicije, koje su predmet ekonomskih studija (autopiste, 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 (rijetke zgrade, pojedinačni objekti, industrijski kompleksi i sl)
- ostala područja (uglavnom neizgrađena područja, šume, poljoprivredne površine, parkovi i sl).

Ako cesta prolazi kroz područja sa različitim namjenom zemljišta, ista dionica ceste može, ukoliko to dozvoljavaju uvjeti za osiguranje funkcionalnosti, biti predviđena za izmjenjenu strukturu korisnika. Također, mogu se izmjeniti 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. Ulazni 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 odredene kategorije na kraju planinskog razdoblja (gustina saobraćajnog toka na jednosmjernim kolovozima i prosječna brzina putovanja ( $V_{put}$ ) na dvostranim kolovozima)

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

- zahtjevnih prostornih uvjeta (namjena prostora, prirodne karakteristike, kulturno nasljeđe, 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 prekupa u poređenju sa predviđenom funkcijom ceste i saobraćajem na cesti. Svako odstupanje mora biti dodatno obrazloženo i strošno utemeljeno u projektu ceste.

Premda vrsti terena na kojima se projektuju javne ceste uvažaju 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     |
|---------------|-------------------------|
| zavričarski   | I bez ograničenja       |
| bez zavričara | II redovno ograničenje  |
| bedovač       | III redovno ograničenje |
| planinski     | IV veliko 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 | 50-60 |
| C              | 70-80               | 60  | 50    | 40    |

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

Prilikom uređenja kraće dionice odredene ceste (glavni dio ceste je prethodno već ureden), potrebno je predviđjeti dimenzije elemenata ceste, koje su već upotrebljene 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 jednakе osim 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,
- najveća 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 valide 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 utvrde znatne razlike između mogućih brzina vožnje, poprečni nagib većeg luka treba odrediti na osnovu brzine koja je moguća na kružnom luku manjeg radijusa,
- kada se oprubene 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 odredene grupe sa najvećim poprečnim nagibom i
- na pojednim trasama moguće je postavljanje grupe 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 rezultujućeg nagiba kolovoza

Rezultujući nagib kolovoza je vektorska suma podužnog i poprečnog nagiba. Na dionicama ceste gdje rezultujući nagib kolovoza prelazi maksimalnu vrijednost (moguća opasnost od proklizavanja uslijed 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 rezultujućeg nagiba kolovoza max  $q_{\text{res}}$ .

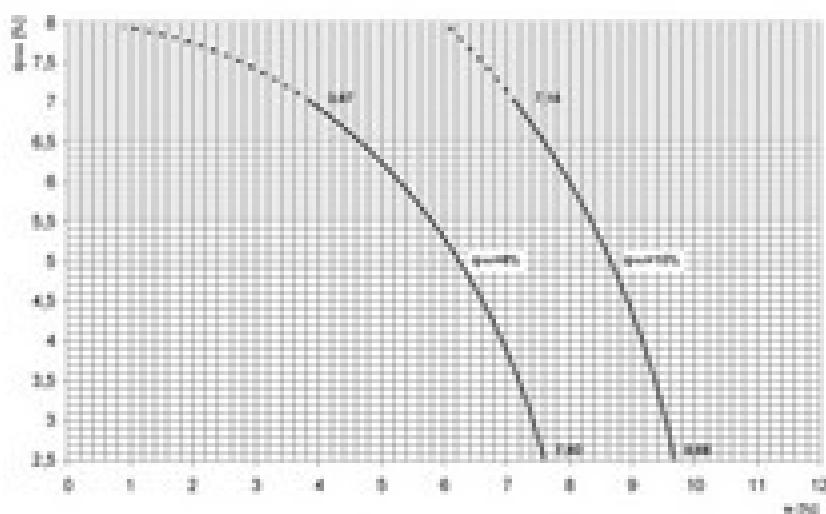
Maksimalne dozvoljene vrijednosti rezultujućeg nagiba kolovoza max  $q_{\text{res}}$  iznose:

- 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 predviđati odgovarajuće mјere zaštite od proklizavanja (obaveza stroge kontrole i odmrzavanja, zaštitne ograde, itd). Na daljinškim cestama je potrebno projektovati i izlaze za primudno 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  $q_{\text{res}}$  od podužnog nagiba  $s$ , pri rezultujućem nagibu kolovoza  $q_{\text{res}}=8\%$  i  $q_{\text{res}}=10\%$



### 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 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 polazna projekcija u projektovanju ceste. Njime se utvrđuju vrsta i dimenzije elemenata ceste, omjeraju 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 sobraćajnog 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 sobraćajnog opterećenja,
- dimenzije izabranih mjerodavasnog vozila,
- broj očekivanih susretanja vozila,
- sobraćajni značaj i funkcija ceste,
- ekonomičnost,
- topografija terena,
- zaštita životnog okoliša i
- potrebe zimske 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 manevriranje 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 pješачke staze.

Saobraćajni profil se, po širini, sastoji od saobraćajnih i lvičnih 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 smiju protezati bilo kakve fizičke prepreke.

### 4.1.2. Slobodan profil

Slobodan profil je saobraćajni profil uređen 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  $V_{pred}$  (tabela 14).

Tabela 14. Sigurnosna širina u slobodnom profilu

| $V_{pred}$ [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 (čišćenje snijega plugom).

Slobodna visina se uvijek mjeri od najviše tačke kolovoza u njegovoj konacnoj debnjini, pri čemu se vodi računa o eventualnom ojačanju kolovezne konstrukcije.

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

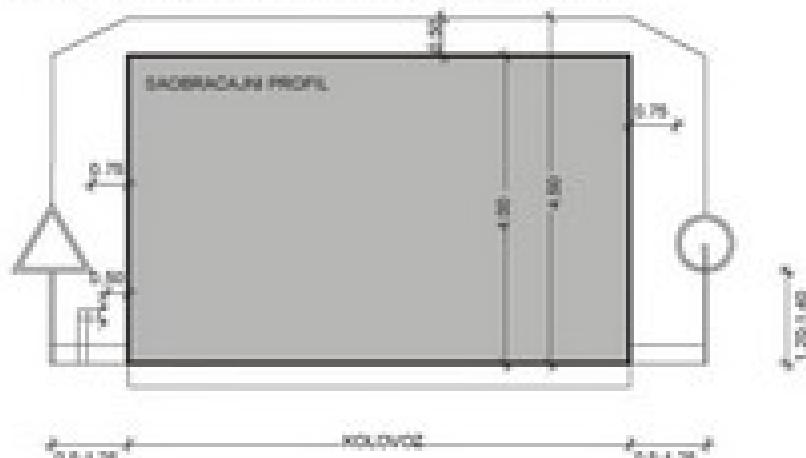
Izuzetno niski profili (<4,5 m) mogu se upotrebljavati za određena mjerodavna vozila, ali ne na cestama koje pripadaju tehničkim grupama A i B-izvan naselja. Niki saobraćajni profil treba označiti odgovarajućim saobraćajnim znacima i signalizacijom. Iste uvjeti se primjenjuju i za širinu slobodnog profila.

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

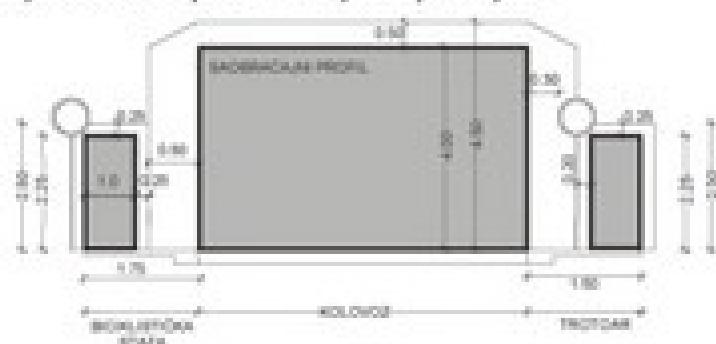
Ukoliko iz opravdanih razloga nije moguce osigurati odgovarajuću širinu bočnih sigurnosnih traka, prepreka treba zaštititi sigurnosnom ogradom. U tom slučaju, kao i u bilo kojem drugom, sigurnosna ograda mora biti najmanje 0,50 m udaljena od saobraćajnog profila, odnosno ivice kolovoza.

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

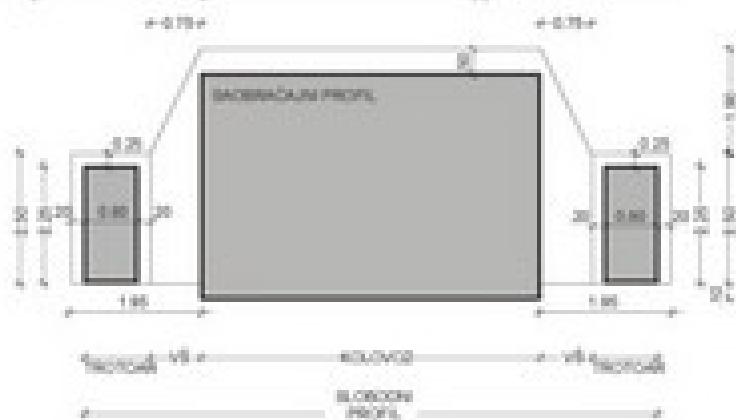
Slika 3. Saobraćajni i slobodan profil izvan naseljenih područja



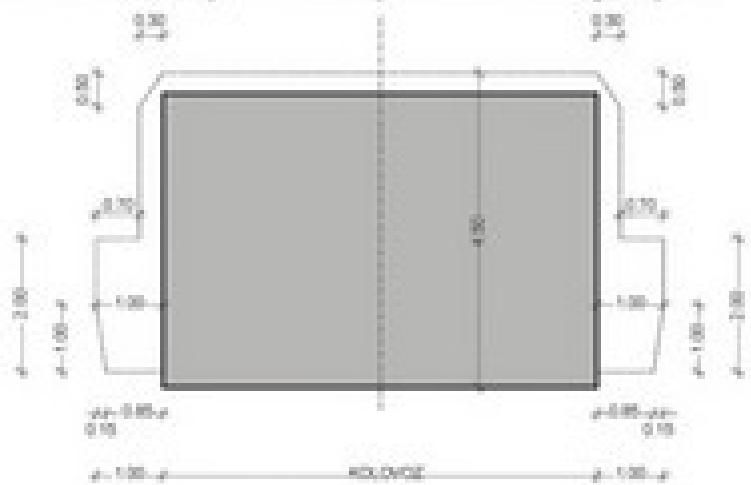
Slika 4. Saobraćajni i slobodan profil u naseljenim područjima



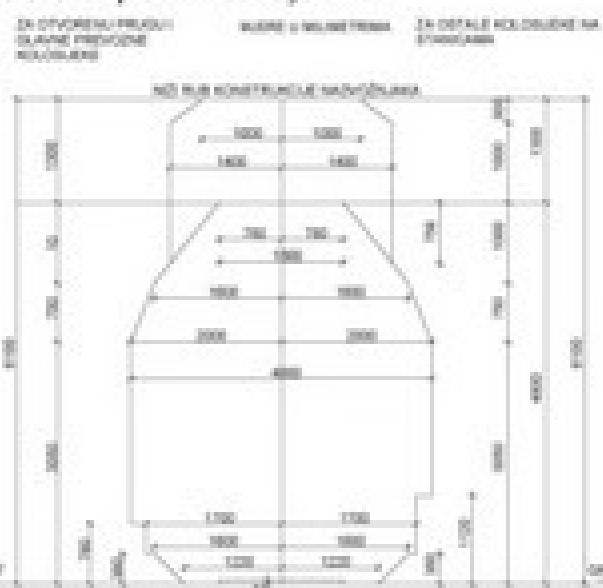
Slika 5. Saobraćajni i slobodan profil na mostovima sa pješačkom stazom



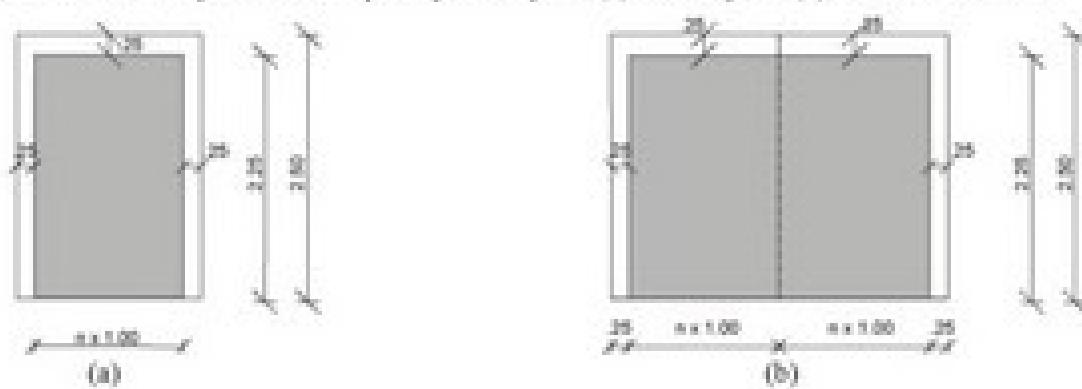
Slika 6. Saobraćajni i slobodan profili u tunelima i galerijama



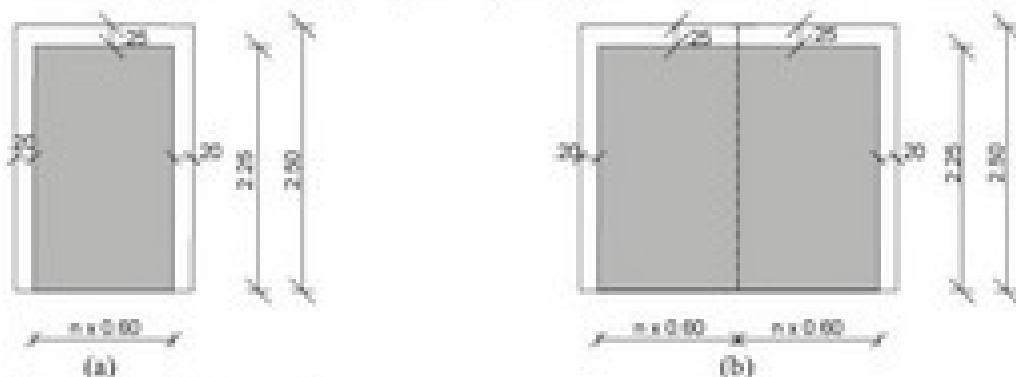
Slika 7. Saobraćajni i slobodan profil iznad željeznice



Slika 8. Saobraćajni i slobodan profil jednosmjerne (a) i dvosmjerne (b) biciklističke staze



Slika 9. Saobraćajni i slobodan profili jednosmjerne (a) i dvostrukom smjeru (b) pješačke staze



#### 4.2. Elementi poprečnog profila

Planum ceste je dio cestovnog pojasa između unutrašnjih ivica kosina usjeka 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),
  - nesaobraćajnih traka (razdjelne trake između kolovoza za suprotne smjerove ili između kolovoza i drugih saobraćajnih traka i saobraćajnih traka predviđenih za minijući 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, dvoje ili više za jedan smjer),
- trake za preticanje (jedna za jedan smjer),
- dodatne trake za sporo vozila i vozne trake za posebne namjene (autobus, taxi) i
- dodatne trake za izlaz ili pristup i prestrojavanje (za pristupnim tačkama i raskorsnicama).

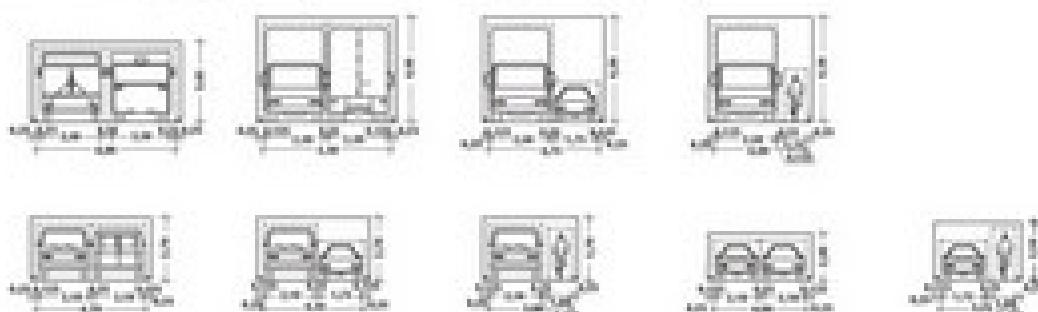
Širine pojedinih saobraćajnih traka su određene brzinom vožnje i saobraćajnim opterećenjem pojedinih učesnika u saobraćaju na cesti. Na širinu saobraćajne trake za motorni saobraćaj utječe odabranog tipično teretno vozilo i brzina vožnje koja se održava na širini područja bočnog kretanja (tabela 15).

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

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

Kod cesta sa elementima nizkih 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 predviđati razdjelnu traku širine 0,50 m. Širina razdjelnog pojasa ili trake se dodaje na širinu kolovoza i ima indirektni 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 primudno 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 jednakoj onoj koju za 10 s prelazi vozilo koje se kreće maksimalnom dozvoljenoj brzinom. Ukoliko ovo onemogućuju geografski uvjeti, treba preduzeti dodatne i/ili pojačane mјere radi postizanja većeg stupnja sigurnosti.

U tunelima se primjenjuju širine kolovoza definirane u tabeli 16.

Tabela 16. Širine kolovoza u tunelima

| Broj kamiona i<br>autobusa/<br>m | $V_{max}$ [km/h] |       |                          |
|----------------------------------|------------------|-------|--------------------------|
|                                  | <50              | 50-80 | 80-100                   |
| <50                              | 3,50             | 4,00  | 4,50                     |
| 50-150                           | 4,00             | 4,50  | 5,00                     |
| >150                             | 4,50             | 5,00  | 5,50 (5,00) <sup>1</sup> |

<sup>1</sup> dozvoljni radni uz jednosmjenskim saobraćajem

#### 4.2.1.1. Proširenje kolovoza

Koloz se proširuje u cilju osiguranja normalne prolaznosti u krivinama i uslijed promjena u širini i broju saobraćajnih traka.

##### 4.2.1.1.1. Dimenzije proširenja

Dimenzije proširenja (širina i duljin) 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 odreduje primjenom slijedeće formule:

$$\Delta b = R_{\text{sa}} - \sqrt{R_{\text{sa}}^2 - L_{\text{sp}}^2}$$

gdje je:

$R_{\text{sa}}$  - najmanji poluprecnik kruga okretanja [m]

$L_{\text{sp}}$  - rastojanje od zadnje osovine do prednjeg najistureniјeg dijela vozila [m].

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

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

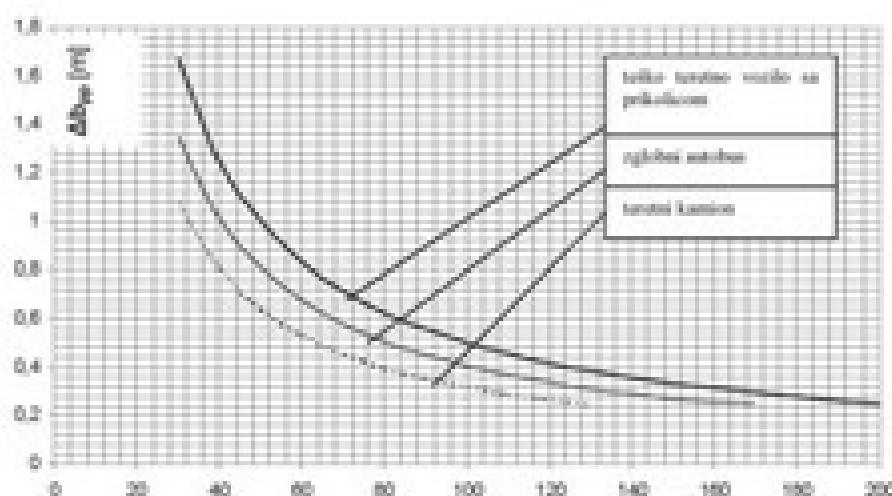
| Vrsta vozila        | $L_{\text{sp}}$ [m] |
|---------------------|---------------------|
| punička vozila      | 4,00                |
| teretni kamioni     | 8,00                |
| tegjaci             | 10,00               |
| autobusi            | 8,50                |
| autobusi sa zglobom | 9,00                |

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

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

Dimenzije proširenja  $\Delta b$  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 zbiru proširenja za sve saobraćajne trake na jednom kolovozu.

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

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

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

#### 4.2.1.1.2. Izostavljanje ili smanjenje veličine proširenja

Proširenje saobraćajnih traka na cestama kod kojih su kolovozi razdvojeni po smjerovima je virtualno nemoguće uslijed velikih radijusa lukova. Samo u posebnim slučajevima, uglavnom za urbane ceste sa više saobraćajnih traka, proširenje se izvodi razdvojeno. Stoga, posebno za svaki 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 sljedeća dva slučaja:

- ukoliko je broj teških vozila manji od 15 voz./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  $30 \text{ m} < R \leq 200$  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  $30 \text{ m} < R \leq 400$  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 dulžini mosta, a radikuje se od cesta kod kojih se obično izvodi prijelaz od nule do punе vrijednosti.

#### 4.2.1.1.3. Izvođenje proširenja u krivinama

##### *Položaj proširenja*

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

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

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 uvezta

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

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

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 izvedi u skladu sa dijelom Potezaj proširenja.

Na cestama iz tehničke grupe A, početni i završni dijelovi obavezno moraju biti izvedeni zaobljavanjem, koje za jednu dužinu premašuje 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 osivičen.

Slika 12. Proširenje sa zaobljavanjem



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

$$\Delta b_i = \frac{\Delta b}{2} \cdot (1 - \cos \alpha \cdot i)$$

gdje je:

$\Delta b_i$  - 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 proširennim kolovozaima 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 linjski metod izmjene proširenja, moraju biti uključeni između oba luka ivica proširenih kolovoza.

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

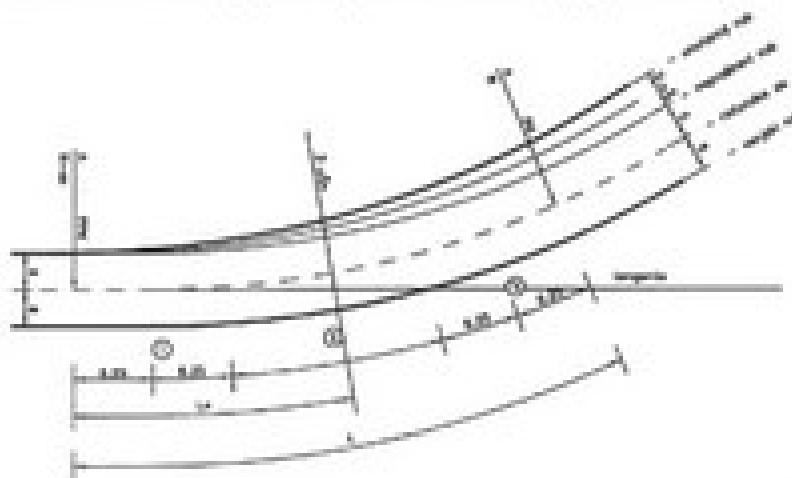
Iz estetskih razloga (linije ivičnjaka), i bez obzira na druge odredbe koje se odnose na proširenje osviđenih kolovoza, preporučuje se da se izvodi gore navedeni postupak proširenja samo sa vanjske strane. U tom slučaju, za obje ivice je potrebno pripremiti proračun osnovine.

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 gradске ceste, ceste sa malim saobraćajnim opterećenjem i na raskršnicama), 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 traktoru (linija tragova zadnjih točkova) ili bilo kojih drugih tehničkih uputstava, ukoliko su određeni za posebne slučajeve (raskršnice). U stariim gradskim jezgrima, linije ivica kolovoza moraju u potpunosti biti prilagodene 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  $L/\Delta h \geq 20$ , proširenje kolovoza se može izvoditi linearno na dužini prijelazne krivine.

Slika 13. Oblikovanje proširenja kolovoza kroz prijelaznu krivinu



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

$$\text{min } L_{sh} = 2 \cdot L_p + \frac{L}{2} \quad \text{ili} \quad \text{min } L_{sh} = \frac{A^2}{24 \cdot R^2},$$

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

Ako je dužina kružnog luka mala, a  $\min L_{sa}$  premašuje sredinu kružnog luka, utvrđeno proširenje kolovoza Ab treba smanjiti primjenom sljedeće formule:

$$Ab_{sa} = Ab \cdot \sqrt{\frac{A^2 + 2 \cdot R \cdot L_{sa}}{4 \cdot R \cdot L_{sa}}}.$$

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:

$$\min L_{sa} = V \cdot \sqrt{\frac{Ab}{3}},$$

s tim da se u obzir uzima slijedeće:

- $V=0,75 \cdot V_{pml}$  za sve ceste iz tehničke grupe A, izuzev u slučajevima proširenja na raskrnicama u nivou (saobraćajne trake za skretanje lijevo ili desno),
- $V=V_{pml}$  za sve ceste iz tehničke grupe A za slučajeve proširenja na raskrnicama u nivou (saobraćajne trake za skretanje lijevo ili desno) i za sve ceste iz tehničke grupe B i slobodne ceste, s obzirom na saobraćajno opterećenje i tehničke grupe C ( $V_{pml} \geq 60 \text{ km/h}$ ) i
- za proširenje Ab 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:

$$L_{sa} = Ab \cdot \frac{V_{pml}}{36 \cdot V_{sa}}$$

gdje je:

$V_{sa}$  - brzina u bočnom smjeru [km/h].

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

U cilju osiguranja estetskog izgleda područja proširenja ceste, prepoštuje se da se linija bočnog kretanja dovede u nivo sa osnovnom linijom osovine ceste, prije i poslije proširenog dijela ceste (izvođenje paralelne osovine učinjavajući 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 širg profila (kolovozna traka u kolovožnu traku), s tim da je bilo kakve situacione ispeavke direktnog nastavka potrebno izvesti kako je gore opisano i
- dodatne saobraćajne trake treba dodirivati 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 linearog proširenja kolovoza 1:40 i zaokruživanja tangenti sa  $R=3 \cdot R_{min}$ .

#### *Proširenje kolovoza za mimoilaženje*

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

Tabela 18. Dimenzije proširenja kolovoza za mimoilaženje dva teretska vozila

| Širina [m]                 |  | Dužina [m]       |                                     |  |
|----------------------------|--|------------------|-------------------------------------|--|
| saobraćajna traka<br>$b_1$ | proširenje za<br>mimoilaženje $\Delta b_2$ | ukupna $L_{sum}$ | proširenje za<br>mimoilaženje $L_m$ | ukupno $L_{sum}$<br>( $L_{sum} + 2L_m$ ) |
| 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                                    |

<sup>1</sup> jedna saobraćajna traka, dvostruki kolovoz

#### *Suzenje kolovoza*

Suzenje kolovoza uslijed izmjene širine saobraćajnih traka se izvodi primjenom postupaka koji su predviđeni za proširenje, gdje prijelazna dužina mora biti takva da omogućava smanjenje brzine sa  $V_{proj}$  na široj saobraćajnoj traci na  $V_{proj}$  na uboji saobraćajnoj traci. U slučaju da se saobraćajna traka sastavlja za više od 0,25 m, razliku dijela suženja treba izvesti na dijelu šire 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 poglavljiju Proširenje i suženje kolovoza pri promjeni širine i broja saobraćajnih traka.

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

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

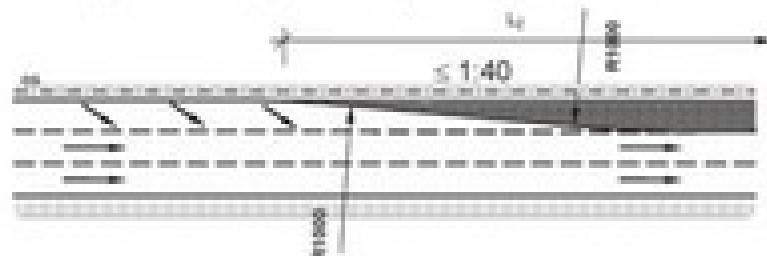
Dodatne saobraćajne trake na kolovozu, koje se na navedenom kolovozu i završavaju, predstavljaju trake koje su izgrađene za potrebe saobraćajnih tokova koji se uključuju na cestu ili zbog povećanja propusnosti ceste.

Dodatne trake za uključenje na cestu (u području raskrsnica), po pravilu, treba da se nalaze sa desne strane kolovoza, te na njemu moraju biti i zavrištene. Dodatna traka za povećanje propusnosti ceste može da se nalazi sa desne ili sa lijeve strane saobraćajnih traka, koje su predvidene 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):

- suženjem 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 protirenom kolovozu



Završena saobraćajna trka treba na kraju prijelazne duljine 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 duljinu, na završenoj saobraćajnoj traci potrebitno je postaviti upozorenje o smanjenju brzine i završetku saobraćajne trake (pomoću saobraćajne opreme). Navedenu opremu treba postaviti na odgovarajućoj udaljenosti od prijelazne duljine.

Ukupna duljina 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.

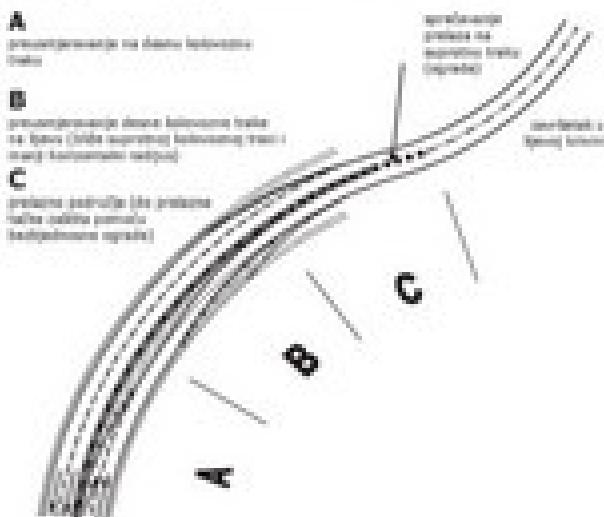
U slučaju većeg broja dodatnih traka, trake treba postupno završavati (slika 15). Istovremeni završetak dodatnih traka sa desne i lijeve strane u jednom smjeru vožnje nije dozvoljen.

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

Linija povezivanja sačuvanog dijela sa užim profilom treba da bude izvedena neprekidnim traširanjem osovine ceste od užeg profila prema području šireg profila. Položaj osovine ceste treba da se zadrži s obzirom na neprekidno traširanje 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 na lijevo (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 nadlesno (u smjeru velnje) je dozvoljen samo ukoliko su smjerovi vožnje fizički razdvojeni. Ukoliko smjerovi vožnje nisu fizički razdvojeni potrebno ih je u području završetka lijeve kolovoze trake fizičko razdvajati. Fizičko razdvajanje smjerova vožnje preko krivine nadlesno treba izvesti do vezne tačke klotoide koja vodi do lijevog luka.

Neprekidno trasiranje saobraćajnih traka treba, uslijed mogućih razlika u veličini geometrijskih elemenata osovine ceste u užem profilu, kao i u području šireg profila, da bude preusmjereno na položaj koji je imao u poprečnom profilu u užem profilu.

Fizičko razdvajanje smjerova vožnje u području prijelaza iz šireg u uži profil treba izvesti pomoću nepropusnih sigurnosnih ograda. Širina kolovoze 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 kolovoze konstrukcije i omogućava postavljanje znakova na cesti (označavanje ivica kolovoza). Označavanje ivica kolovoza treba da bude izvedeno sa unutrašnje strane ivične trake (strane za vožnju).

Ivične trake se ne računavaju u širinu saobraćajne trake. Ivične trake se izvode sa obje strane kolovoza i neprekinito u istoj širini na kompletnoj dionici za koju je utvrđen 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 <sub>1</sub> [m] | Ivična traka b <sub>2</sub> [m] |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 3,75                                 | 0,50                            |
| 3,00-3,50                            | 0,30                            |
| <2,75                                | 0,20                            |

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

duž ivičnjaka u naseljenim područjima treba da bude jednak širini ivičnih traka na cestama izvan naseljenih područja. Ako se na gradskim cestama odvodnjuje duž ivičnjaka izvedi preko reletkastih slivnika, ivičnu traku treba proširiti na 0,50 m.

Ako se izdignuti ivičnjaci koriste na kratkim dionicama cesta izvan naseljenih mjesto (mostovi, autobuska stajališta i dr), pored ivične trake je potrebno izvesti i zaštitnu traku, s tim da širina zaštitne trake treba da bude jednak širini ivične trake.

#### 4.2.1.3. Zaustavna traka

Područje zaustavne trake obuhvata:

- čvorste bankine za primudro zaustavljanje i
- stajališta, odnosno odmorilista.

Zaustavne trake, kada se koriste, zamjenjuju ivične trake i dopunjavaju ih tako što povećavaju funkciju saobraćajne sigurnosti i propusnosti ceste. Predviđene su za primudro zaustavljanje vozila i izvode se uz spoljašnju ivicu saobraćajne trake. Podačne 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 iskoristeno propusnost 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 iskoristeno propusno, ukoliko je opravданo povećanje investicijskih troškova.

Širina zaustavne trake ( $b_s$ ) zavisi od utvrdljivosti zaustavljanja tipičnog vozila. Po pravilu, širine zaustavnih traka su slijedeće:

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

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 tunelima dužim od 200 m,
- na dijelovima gdje se predviđa traka za spor vozila i
- na dijelovima čvorista gdje se predviđa trak za ubrzanje ili usporjenje.

U tunelima i galerijama, kao i na ostalim dijelovima cesta na kojima se ne predviđa zaustavna traka mogu se na pogodnim mjestima predviđati niže za privremeno zaustavljanje vozila. Razmak i dimenzije niža se definiraju prema terenskim uvjetima. Treba nastojati da se izbjegne naspramno postavljanje niža za suprotnе smjerove.

Potreba za izvođenjem stajališta, odnosno odmorilista 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 iskoristeno propusno na kraju planinskog razdoblja ne prijelazi 70 % njegovog kapaciteta. Ako, u tom slučaju, duljina zaustavne trake prijelazi 400 m, duž nje je potrebno izvesti stajališta, odnosno odmorilista.

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 izvode 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 poduzno 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, odsosno 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 teretnih 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 nivou usluge i sigurnosti saobraćaja, a može doći i do smanjenja propusne moći.

Ponušak 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 izvode dodavanjem saobraćajne trake sa desne strane vozne trake i završetkom krajanje lijeve trake za prečicanje ili kolovoze 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  $b_w = 3,25$  m, izuzetno 3,00 m.

##### Kriterijumi za primjenu dodatnih traka na usponima

- Saobraćajno-tehnički kriterijum (provjera propusne moći)

Po saobraćajno-tehničkom kriterijumu provjerava se propusna moć ceste pri trivenom nivou usluge. Ako je tako utvrđena propusna moć manja od saobraćajnog opterećenja u mjerodavnom vremenu času na kraju planinskog perioda, treba predviđeni dodatnu traku za spori vozila. Mjerodavni vremeni čas propisuje se projektom zadatkom, a obično je predstavljen 100-tim satom. Ako se ne raspolaže podatkom o saobraćaju za 100-ti sat moguće je uvojiti mjerodavno vremeno časovno opterećenje u iznosu od 10-12 % PGDS.

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

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

- Vozno-dinamički kriterijum (provjera brzine)

Po vozno-dinamičkom kriteriju 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 predviđati dodatnu traku za spora vozila.

Slika 16. Brzina sporih vozila na usponima

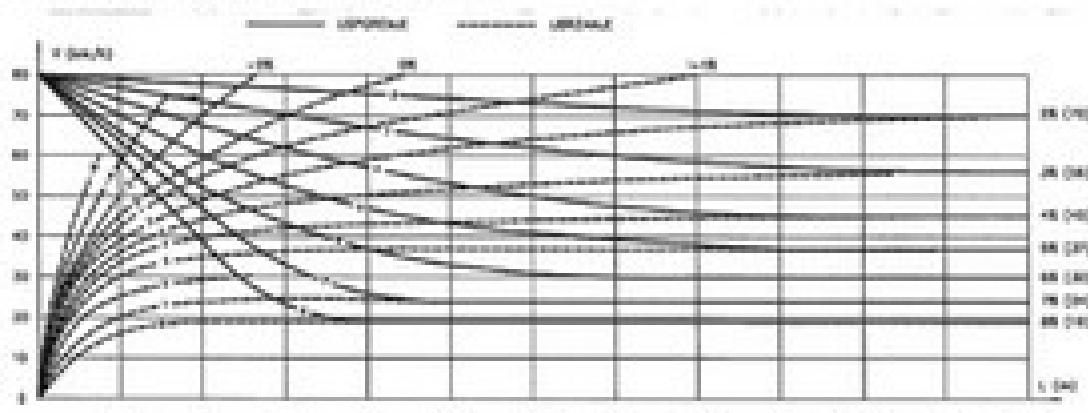


Tabela 20. Vozno-dinamički kriterijum za primjenu dodatnih traka na usponu

| Predviđena brzina $V_{pred}$ [km/h] | Najmanja brzina vozila $V_{min}$ [km/h] | Kraćna brzina $V_c$ [km/h] |
|-------------------------------------|---|----------------------------|
| ≥ 120                               | 45                                      | 35                         |
| 100                                 | 40                                      | 30                         |
| 80                                  | 35                                      | 25                         |
| 60                                  | 30                                      | 20                         |

- Određivanje početka i kraja dodatne trake

Dodata traka počinje na mjestu gdje brzina teretnog vozila padne na brzinu  $V_c$ , prema tabeli 20, a završava se na mjestu gdje brzina premaši  $V_c$ .

Na cestama iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja, duljina 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 poduzni 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 duljine  $L_u \geq 500$  m, tada se traka za spora vozila predviđa i na padu.

#### 4.2.1.4.2. Dodatne saobraćajne trake na raskrsnicama

Dodata saobraćajne trake na raskrsnicama treba investiti tako da trag vozila ne prijelazi na područje kolovožne trake na koju se dodaje dodatna traka.

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

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

Minimalna širina dodatnih saobraćajnih traka u području kombiniranja i račvanja krakova priključka u više nivoa iznosi 3,5 m.

Minimalna širina dodatnih saobraćajnih traka kod račvanja ili raskrsnice u nivou iznosi 2,5 m, pri čemu ne bi trebalo dozvoliti prijelaz traga merodavnog vozila na područje osnovne kolovožne 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, taxi, željeznički saobraćaj-cravtaj), koja je namijenjena bržoj 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  $b_3 = 3,25$  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 izведен u suprotnom smjeru, traku za mirujući saobraćaj je potrebno protisiti 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.

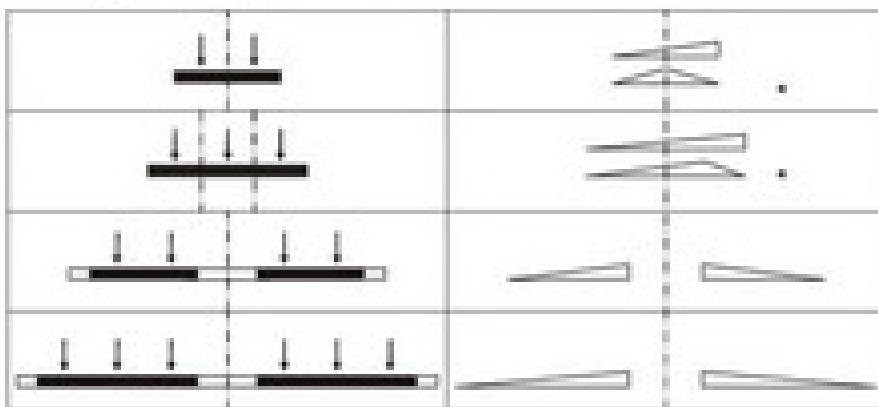
Pri planiranju izvođenja traka za mirujući saobraćaj potrebno je osigurati odgovarajuću zaustavnu preglednost na cesti. U slučaju da preglednost nije osigurana, potrebno je smanjiti brzinu vožnje na cesti.

Kod cesta sa malim saobraćajnim opterećenjem i javnih cestama u naseljenim područjima sa elementima za  $V_{ped} < 40$  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 elementi ceste koji su definirani minimalnim radijusom horizontalne krivine sa poprečnim nagibom  $q_{\text{min}}$ . 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, negativni 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 zatvoren, tako da se postigne odgovarajuće vertikalno zatvarenje za voznju od jedne trake do druge (preticanje). Ako projektom nije drugačije određeno, zatvarenje treba izvesti u širini 3,0 m (1,5 m sa svake strane osovine) i bisektisom u najvišoj tački od 0,03 m.

Sve dodatne trake na kolovozu (dodatane kolovozne trake i stabilizirane ivične trake) moraju imati isti poprečni nagib kao i glavna kolovozna traka. Izuzetak predstavljaju zaustavne trake i trake za ubrzanje/isporenu, čiji poprečni nagib treba biti u skladu sa horizontalnim elementom istih. Razlika između poprečnih nagiba kolovozu i dodatne trake u tački razdvajanja ili kombiniranja (na kraju stabilizovanog podnožja) 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 potreban uzeti kvalitetno podudarno odvodnjavanje.

#### 4.2.1.5.1. Granične vrijednosti poprečnog nagiba

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

Minimalne vrijednosti poprečnog nagiba kolovozu ( $q_{\text{min}}$ ), u odnosu na kvalitet i vrstu materijala upotrebljenih za izradu zastora, iznose:

- asfaltni kolovoz 2,5 %,
- cement-betoniski kolovoz 2,0 % i
- makadamski kolovoz 4,0 %.

U cilju sprečavanja klizanja u poprečnom smjeru u slučaju smanjenog KTK ili usporavanja vožnje, odredene 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 podublje nagibe       $q_{max} = \sqrt{q_{max}^2 - s_i^2}$

gdje je:

$q_{res}$  - rezultujući nagib kolovoza [%] i

$s_i$  - podubni nagib nivelete [%].

Vrijednosti u zagradama mogu da se primjenjuju na cestama iz tehničkih grupa A i B u cilju poboljšanja vozno-dinamičkih uvjeta, kada pri rekonstrukciji cesta nije moguće upotrijebiti nijednu drugu mjeru u cilju povećanja minimalnog radijusa kružnog 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 pekličući na cestu ili ukoliko isti ne postoji.

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

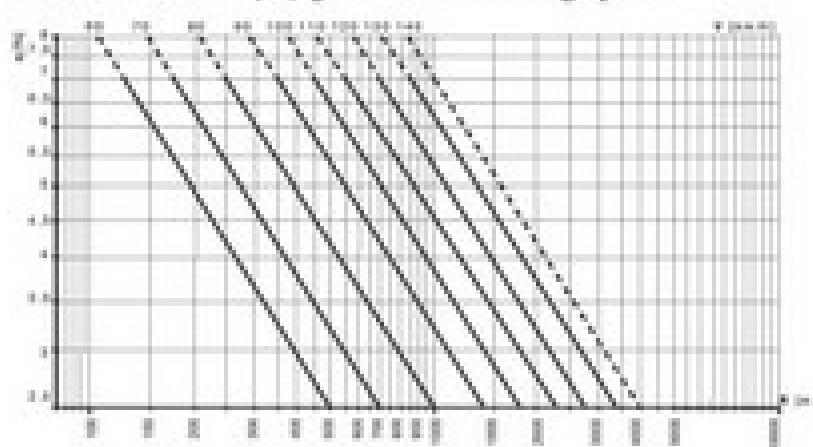
U krivinama, kolozor mora, u vozno-dinamičke svrhe, bitiagnut prema središtu krivine. Izuzetak predstavlja  $R_c > R_k$  ( $q=2,5\%$ ), gdje je dozvoljeno izvođenje poprečnog nagiba u suprotnom smjeru.

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

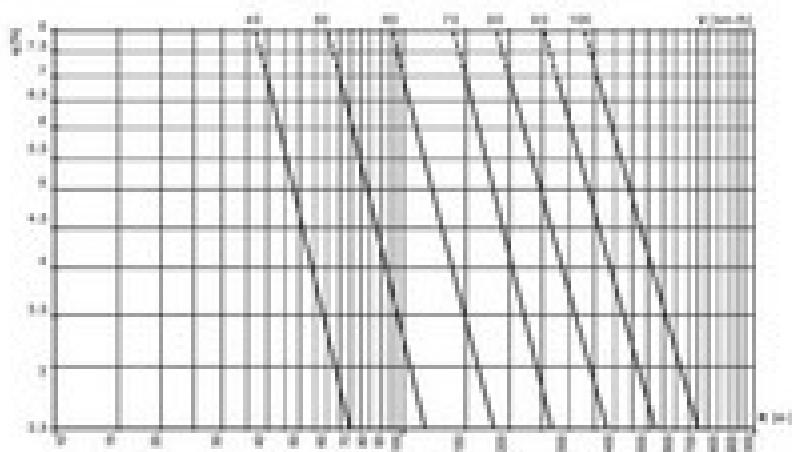
Srednje vrijednosti poprečnih nagiba za  $R_{min} > R_c > R_k$  zavise od računske brzine (računska ili projektna brzina, u zavisnosti od tehničke grupe ceste) i od stepena iskorištenosti KTK u poprečnom smjeru, kako je određeno za svaku tehničku grupu cesta. Granične vrijednosti radijusa kružnog luka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

Na slikama 18-20 prikazane su vrijednosti  $V_r, R_c, q$  za različite računske brzine  $V_r$ . Oktanci vrijednosti se zaokružuju za 0,1 % na više. Pri kompjuterskoj obradi (tačan proračun) u obzir se uzima logaritamska zavisnost  $R_c \sim q$ .

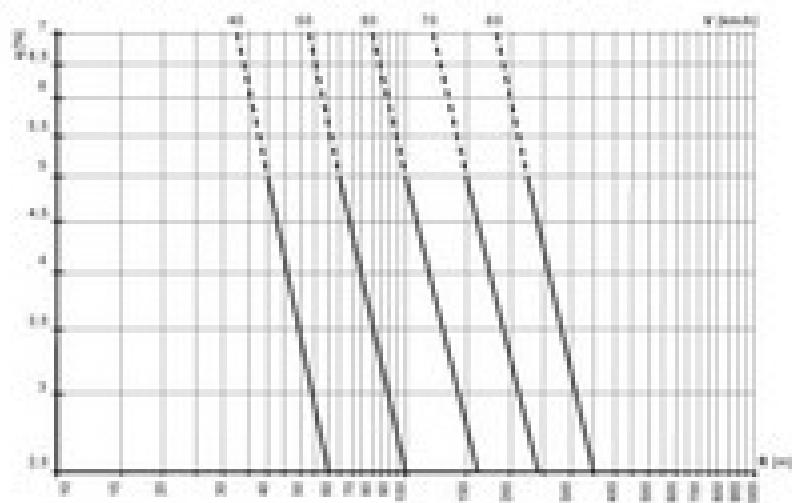
Slika 18. Međusobna zavisnost  $V_r, R_c, q$  za ceste iz tehničke grupe A



Slika 19. Medusobna zavisnost  $V_r, R_r, q$  za ceste iz tehničke grupe B



Slika 20. Medusobna zavisnost  $V_r, R_r, q$  za ceste iz tehničke grupe C



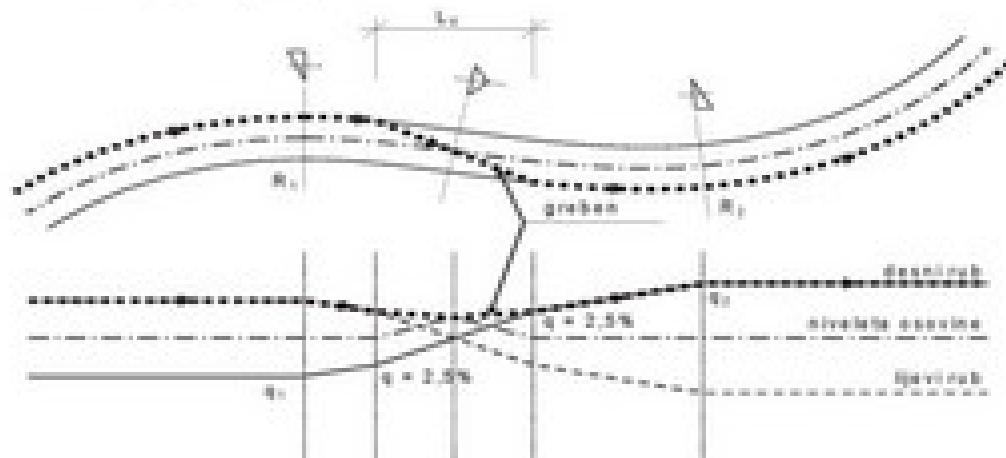
#### 4.2.1.5.3. Promjena poprečnog nagiba (vitoperenje) kolovoza

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

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

- promjene poprečnog nagiba između dva istovremena 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 podučnih nagiba treba izvesti vertikalnim zatvorenjem sa dvostrukom kvadratnom parabolom.

Ukoliko, iz stručno opravdanih razloga (npr. nestazmjerne veličine susjednih kružnih luka 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 vrznoj tački klotoide ili pored nje. Područje promjene poprečnog nagiba između dva suprotno usmjereni poprečni nagibi u dijelu koje je ograničeno vrijednostima poprečnog nagiba  $\Delta q_{\text{min}}$  je uže područje vitoperenja.

Izgled promjene poprečnog nagiba određen je nagibom rampe vitoperenja, a utvrdovan je vremenski-dinamičkim i optičkim parametrima, te posebnim zaključevima efikasnog odvodnjavanja kolovoza. Nagib kosine vitoperenja ( $\Delta s$ ) predstavlja relativan podučni nagib (RPN) ivice neprolirenog kolovoza s obzirom na podučni nagib nivoete ( $s$ ).

RPN se određuje na osnovu jednačine:

$$\Delta s = \frac{q_2 - q_1}{L_s} \cdot b_s = \frac{\Delta q}{L_s} \cdot b_s$$

gdje je:

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

$L_s$  - dužina vitoperenja [m] i

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

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

Ako predviđeni RPN prijelazi granicu  $\Delta s_{\text{max}}$ , 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-utanutar naselja, ukoliko se promjena poprečnog nagiba izvodi između istosmjernih uzastopnih krivina.

Najmanja dužina vitoperenja se može odrediti koristenjem maksimalnog dozvoljenog RPN:

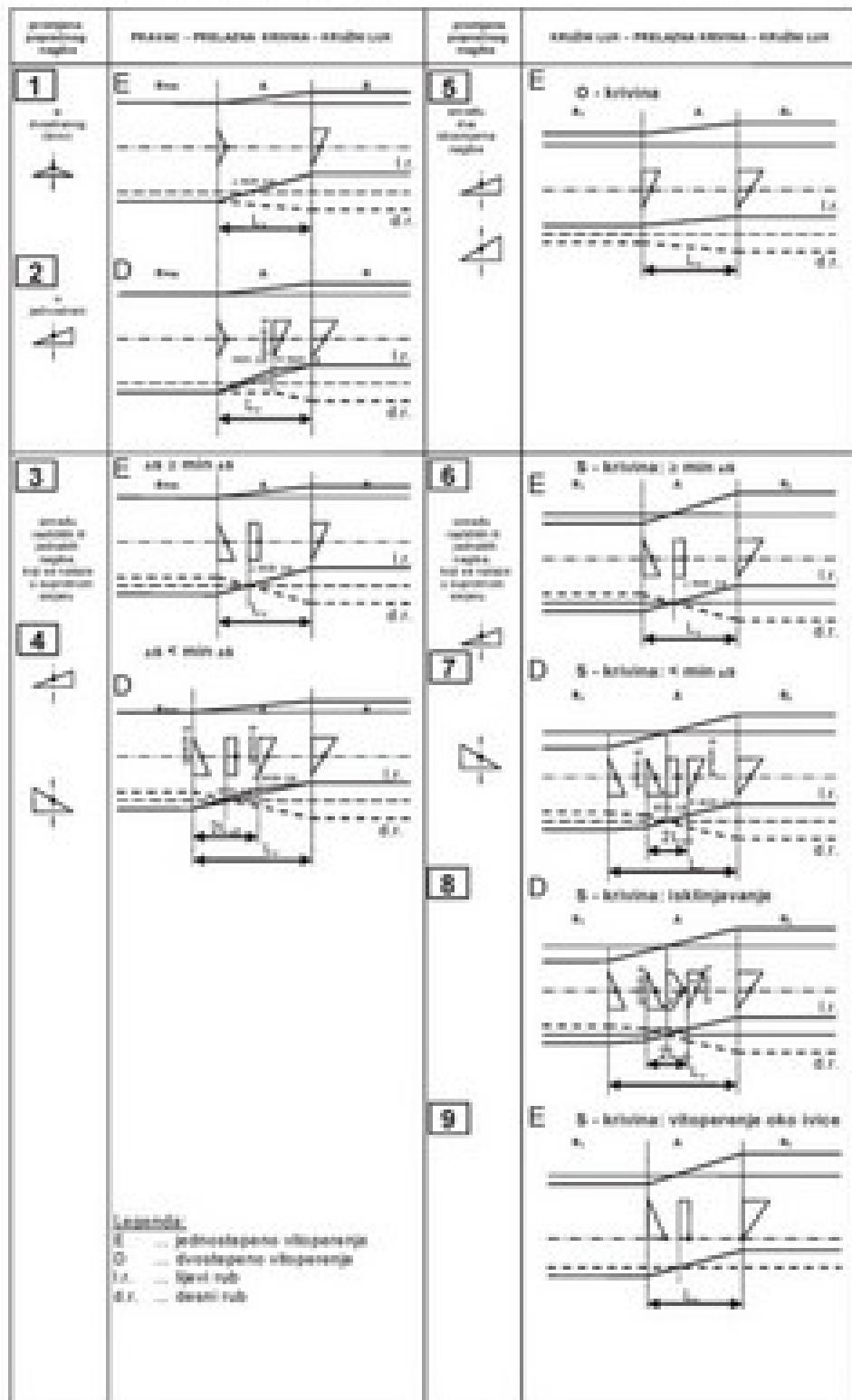
$$\min L_v = \frac{q_1 - q_2}{\Delta s_{\max}} \cdot b_v = \frac{\Delta q}{\Delta s_{\max}} \cdot b_v$$

Ako je projektovani RPN manji od  $\Delta s_{\max}$ , vitoperenje treba izvesti u ukupnom dijelu (između  $b_{\min}$ ) sa  $\Delta s_{\max}$ , 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 voda ne zadržava ni na jednom dijelu kolovoza i da se ne mijenja znak podaljnog nagiba (princip "tessere") ivica poprečnog profila kolovoza.

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



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 nivelniranje poprečnog nagiba izvedi nakon prilagođavanja do potrebnog konačnog poprečnog nagiba.

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

Kada i ukoliko vitoperenje nije moguće izvesti primjenom gore navedenih postupaka, uslijed suvišeg 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 kolovora, se može uzeti za osu vitoperenja. U tom slučaju izvodi se takozvani "skok" nivoleta, koji počinje i završava se u području ceste sa konstantnim poprečnim nagibom.

Osnovno načelo za izbor metode vitoperenja u slučaju blagih podužnih nagiba nivoleta ( $s_{\text{v}} < \text{min } s_{\text{v}}$ ) jeste da se vitoperenje izvedi 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  $s_{\text{v}}$ .

Kod cesta kod kojih primjena prijelazne krivine u obliku klosoide nije obavezna (dovoljan  $R_c$ , tehničke grupe C i D), polovina duljine 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, promjenu nagiba između poprečnih nagiba koji se nalaze u suprotnom smjeru treba izvesti primjenom sistema iskljinjavanja.

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

#### *Grafične vrijednosti relativnog preklapanja razgibova*

Maksimalan RPN, koji se zasniva na uvjetima torzije bezine vozila, razrađen je u poglavljiju Elementi situacionog plana, dio Konstruktivni 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 uvaja kao maksimum.

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

$$\Delta s_{\text{min}} = k_r \cdot b_c$$

gdje je:

$\Delta s_{\text{min}}$  - relativan nagib udaljene ivice kolovoza s obzirom na nivoletu [%] i  
 $k_r$  - koeficijent intenziteta vitoperenja, standardno  $0,10 \text{ \%}/\text{m}$ .

Na cestama sa geometrijskim elementima velikih dimenzija, te na kojima je velika širina kolovoza (po pravila su to ceste sa razdvajenim kolovožima) primjena ove vrijednosti prouzrokuje "preklapanje" kolovoza (tj. vizuelni izgled spoljašnje ivice kolovoza). Za takve ceste je moguće primjeniti nižu vrijednost  $k_r$  (preporučuje se  $0,06 \text{ \%}/\text{m}$ , a kod veoma blage nivoleta  $0,03 \text{ \%}/\text{m}$ ). U tom slučaju, područje koje je potencijalno opasno za akvaplanning, mora

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

#### *Izvođenje vitoperenja pri blagim nagibima nivelete*

Minimalan podužni nagib nivelete definiran je u poglavljiju Elementi podužnog profila, dio Dionicice sa promjenljivim smjerom poprečnog nagiba. Odstupanja od navedenih uvjeta javljaju se u slijedećim slučajevima:

- ako uslijed ravnosti ceste nije moguće osigurati dovoljan podužni nagib nivelete i
- u području vertikalnog zaobljenja nivelete na dijelu koji je ograničen fiktivnim tangentama sa pozdužnim nagibom  $s_i < s_{max}$  koji je spojen sa kružnim lukom.

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

Ukoliko, iz opravdanih razloga, uže područje vitoperenja nije moguće izmjestiti u područje u kojem je dovoljan podužni nagib nivelete, potrebno je posjeriti osovinu vitoperenja u poprečnom profilu ceste. Skok nivelete 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 pozdužni nagib smanjuje pri vitoperenju u poređenju sa nagibom nivelete. Izmještanje osovine u poprečnom profilu ceste za 1 m treba da poveća podužni nagib svake podužne linije u profilu za 0,1 %.

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

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

U cilju osiguranja maksimalne jednakosti visine oba kolovozna na cesti sa fizički razdvajenim kolovozima (održanje oblika razdjelne trake), preporučuje se da se izjednačavanje visinske razlike, koje se javlja uslijed izmještanja osovine vitoperenja, izvede do polovine na svakom od razdvajenih kolovozova.

#### *Isklinjavanje*

Izmjenju poprečnog nagiba dozvoljeno je, u slučaju pravduog horizontalnog presjeka nivelete, 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 učimanje u obzir  $V_{proj}$ . Isklinjavanje se izvodi u području koje je ograničeno poprečnim nagibima  $\pm q_{max}$ . Isklinjavanje je predstavljeno na slici 23.

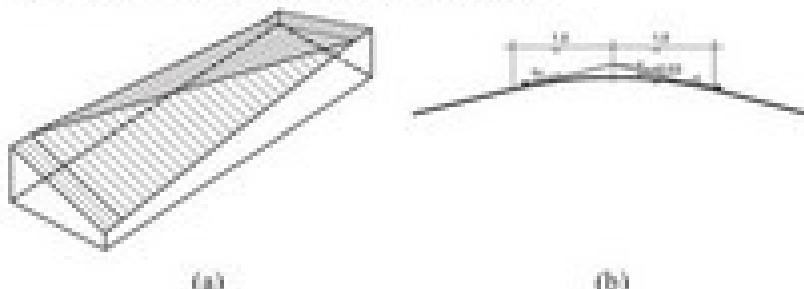
Dvostrani nagib na kojem je izvršeno isklinjavanje ima oblik krova sa promjenljivom dužinom obje strane sa poprečnim nagibom  $q_{max}$ . Dužina ovog područja  $L_{ikl}$  zavisi od brzine i širine kolovoza i određuje se na osnovu sljedeće formule:

$$L_{ikl} = 0,1 \cdot B \cdot V_{proj}$$

gdje je:

$L_{ik}$  - dužina područja iskljinjavanja [m] i  
 $B$  - širina kolovoza [m].

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



Kod iskljinjavanja, greben se javlja pod ugлом (slika 23a). Greben treba ublažiti vertikalnim zaobljenjem u poprečnom smjeru u dužini od 1,5 m sa svake strane i sa bisektrisom 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 nivoletu ceste, različiti poduzni presek, koji određuje ubaćena tangente.

Zaobljenje dodatne tangente (na početku i na kraju ubaćene tangente) treba izvesti primjenom postupka, koji se primjenjuje za zaobljenje preloma nivoleta u poduznom profilu.

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

Ako se zaobljenje izvodi u dvije faze, broj ubaćenih tangenti se može povećati na dva ili tri (uobičajeno). Usljed minimalnih razlika u nagibima između ubaćenih 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 razdjelom trakom odvojene od saobraćajnih traka za motorna vozila. Potreban razmak (sigurnosna širina) zavisi od brzine kretanja motornog vozila (tabela 14).

Pješačka 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 pješačka staza izvodi neposredno uz kolovozu traku i fizički je od nje odvojen ivičnjakom, širina za dva pješaka iznosi  $b_p = 2,35$  m, a izuzetno za jednog pješaka 1,55 m.

Na obje strane kolovoza u tunelima obavezno je projektovanje pješačkih staza za slučajevе rušbe i potrebe održavanja. Normalan pješački saobraćaj nije dozvoljen u tunelima. Pješačke staze su izdignute 0,15 m iznad nivoa kolovoza uz minimalan poprečni nagib od 2 %. Minimalna širina pješačke 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. Nesobraćajne trake (razdjelne trake)

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

Naprave za podučno odvodnjavanje kolovaza 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 sažimanja za dodatne trake. U slučaju složenih prostornih ili ekonomskih uvjeta, kao i slobone nivolete, razdjelnu traku je moguće izvesti u promjenjivoj širini, s tim da svaka od ivica kolovaza trake treba da bude paralelna "svojoj" osovini razdvjegenog kolovora.

Na cestama na kojima bezina vožnje iznosi  $\geq 70$  km/h, razdjelna traka treba fizički da bude odvojena od kolovaza, sigurnosnom ogradiom ili izdignutim ivičnjakom ili kombiniranjem ove dvije mјere.

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

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

Na cestama na kojima bezina vožnje iznosi  $\geq 70$  km/h, ne preporučuje se zasadivanje aleja drveća iz sigurnosnih razloga. U tom slučaju potrebno je procijeniti nivo saobraćajne sigurnosti (postavljanje sigurnosnih ograda, brzina uklanjanja snakenog drveća i opalog lilića ili periodično ograničenje brzine).

##### 4.2.2.2.1. Srednja razdjelna traka

Kod cesta sa više saobraćajnih traka previđa se srednja razdjelna traka, omogućavajući razdvjeno upravljanje saobraćajnim tokovima, odvodnjavanje kolovaza i postavljanje saobraćajnih znakova i javnog ozetljivanja.

Na cestama se preduvaju slijedeće minimalne širine razdjelnih traka (min b<sub>1</sub>):

- autopiste: 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 nezavimnim vodenjem nivoleta, te s ciljem racionalizacije radova, nestandardnu širinu srednje razdjelne trake uvjetuju terenske prilike.

##### 4.2.2.2.2. Bočne razdjelne trake

Bočne razdjelne trake treba predviđjeti 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 kontursalne instalacije duž kolovoza.

Minimalna širina bočne razdjelne trake iznosi min  $b_{bo}$ =1,20 m. Širina bočne razdjelne trake na kojoj je zasadeno drveće i žbunje iznosi najmanje 2,0 m.

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

- $h_{bo}=7$  cm ukoliko je razmak sigurnosne ograde od ivičnjaka  $\geq 50$  cm,
- $h_{bo}=10$  cm na cestama izvan naseljenih područja, ukoliko je ivičnjak postavljen do 10 cm prije ograde ili
- $h=12-13$  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 izvodi kao kolovoz, mora biti razdvajena neprekidnom bijelom oznakom ivice kolovoza.

Bankine su predviđene za:

- osiguranje veće sigurnosti saobraćaja (prinudna 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, izdignuti ivičnjaci sa sigurnosnim područjem) i
- za izvođenje ivičnjaka.

Širina bankine zavisi od vrste (saobraćajne funkcije) ceste, brzine vožnje i naprava (saobraćajna oprema, drenažu) koje se na nju postavljaju. Humasti dio nasipom zatiljene ili usjećene kostine, 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

| $V_{max}$ [km/h] | 40-60 | 70-90 | >90  |
|------------------|-------|-------|------|
| $b_b$ [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 spoljnje 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 pješčana (drobljeni kamen ili sljunk), 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 koridženje za mimoilaženje vozila, sa vanjske strane bankine treba izvesti bermu širine najmanje 0,5 m.

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

Ivicu za povezivanje, između bankine i kolovoza treba izvesti na istom nivou ili do 2 cm niže, s tim da je bankini potrebno na odgovarajući način stabilizirati od mogućeg otkrećenja gumama. Ako bankina nije stabilizirana (obično u slučaju privremenog uvedenja), 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 upotrijeti za stabiliziranje (pjesak, popločana ili vezana 4 %, trava 6 %).

Bankini na visoj (spoljni) 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 odvodnjavanje, sa vanjske strane navedenih naprava treba izvesti kosu bermu širine najmanje 0,5 m.

Ako se bankina upotrebljava za izgradnju trotoara, 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 odvodnjavanje i/ili saobraćajnih površina za nemotorizovani saobraćaj. Berma se upotrebljava za:

- osiguranje zaštite stabilizacije naprava za odvodnjavanje,
- 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 uklaranje snijega.

Ukoliko se odvodnjavanje ceste, uslijed prostorno-sigurnosnih razloga izvodi odvejeno (posebno za kolovoz, a posebno za okruženje ceste), berma iz ivičnjaka se može upotrebljavati za izvođenje podužnih naprava za odvodnjavanje cestovnog okrubljenja (zakrivljeni kanal sa uskim lantrovima).

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 berma izvodi sa travom, njen poprečni nagib iznosi 6 %.

Prilikom određivanja širine berme (b<sub>b</sub>) u obzir se uzima sljedeće:

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

- mogućnost postavljanja infrastrukturnih instalacija i
- vodnja na berme.

Širina berme iza naprava za odvodnjavanje i iz stabilizirane bankine određuje se projektom, a ne može biti manja od 0,50 m. Minimalna širina berme iz 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 berma nalazi na ušijenoj dionici ceste, može biti i uža. U obzir se uzima moguća erozija materijala sa kosine i izvođenje humusnog sloja, ukoliko se na kosini i bermi nalazi humusni sloj.

#### 4.2.2.4.2. Osiguranje polja preglednosti u krivinama

Širinom berme treba da se osigurati dovoljna preglednost na zaustavnoj duljini, koja se izračunava na osnovu odredene brzine vožnje. Duljina 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 krivinama vožnje ova visina iznosi do 0,45 m, a na drugim cestama do 0,05 m),
- prilikom određivanja polja preglednosti u obzir se uzima poduzni profil ceste,
- visina prepreke u vidnom polju na visini duljine preglednosti ne smije niti u jednom slučaju biti veća od 40 % od razlike između visine očiju i prepreke,
- postavljanje saobraćajne opreme na bermu treba vršiti selektivno,
- zasadivanje drveća i žbunja u krivinama nije dozvoljeno,
- prilikom izvođenja izgradnje ceste u farama, polje preglednosti treba osigurati za dimenzije utvrđene 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 predviđeti 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 kanalizacionih 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 (lajtovi).

#### 4.2.2.4.6. Vožnja na berme

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

#### 4.2.2.5. Naprave za poduzno odvodnjavanje kolovoza

##### 4.2.2.5.1. Ivičnjak i usmjereni kanal (rigol)

Ivičnjaci (izdignuti, spušteni, pod ugлом) predstavljaju elemente za visinsko razdvajanje poduznih područja ceste. Elementi ivičnjaka se sastoje 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 ugnjezdog ivičnjaka [%] | Širina zaštitne zone duž ivičnjaka [m] |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| Urvani naseljci   | ≥80                             | 4                                    | 0,50                                   |
| na glavnim cestama u naseljima i na cestama urvani naseljci | ≥60                             | 6,5                                  | 0,20                                   |
| ostale ceste  | ≥50                             | 12                                   | 0,00                                   |

Minimalne visine ivičnjaka iznad kolovoza, koja u slučaju udara sprječava 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 poduzno odvodnjavanje.

Ako se izdignuti ivičnjak postavlja u kombinaciji sa više od 0,10 m udaljenom sigurnosnom ogradi, 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 spušteni. 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 pojeda moraju također biti izvedeni kao spušteni. U cilju osiguranja poduznog odvodnjavanja vode sa kolovoza ivičnjaci treba da budu spušteni na visinu od 2 cm iznad nivoa kolovoza. Visina za odvodnjavanje nije potrebna ukoliko je poprečni nagib kolovoza na drugu stranu.

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

Minimalne dimenzije ivičnjaka za izvođenje sabracajnih 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 sabracajnih traka, ivičnjake u potpunosti treba izvesti kao spušteni do visine traka, dok se prilikom razdvajanja berme od sabracajnih 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.

Kombiniranje ivičnjaka i izvođenje dijela stabilizirane bankine pod ugлом je uzmјereni kanal (rigol) koji je predviđen za poduzno odvodnјavanje površinskih voda sa kolovoza i iz usjeka.

Standardne širine rigola iznose 0,50 m i 0,75 m, a određuju se projektom.

#### 4.2.2.5.2. Zakrivljeni (segmentni) kanal

Poseban oblik kanala za odvodnјavanje vode sa kolovoza i iz usjeka predstavlja zakrivljeni (segmentni) kanal koji se izvodi na ivici i u nivou kolovoza. Na cestama iz tehničkih grupa C i D, u slučaju malog saobraćajnog opterećenja i izvođenja poprečnog profila sa suženim dimenzijama kolovoza, zakrivljeni (segmentni) kanal treba da bude predviđen i kao područje za izbjegavanje vozila. U tom slučaju, stabiliziranje istog treba da bude jednak stabiliziranju kolovoza.

Zakrivljeni (segmentni) kanal se izvodi kao:

- asfaltni, širina od 0,50 do 0,80 m,
- cement-betonski, širina 0,50 m i
- travnati, širina od 1,00 do 1,50 m, u izuzetnim slučajevima do 2,00.

#### 4.2.3. Kosine nasipa i usjeka

Nagibi kosina nasipa i usjeka su određeni geomehaničkim svojstvima materijala od kojih su izgradene i visinom tih kosina, pri čemu je neophodno osigurati odgovarajuće polje preglednosti.

#### 4.2.4. Ozelenjavanje područja duž ceste

U načelu, moguće je ozeleniti sva humusna područja na cesti ili duž ceste, ukoliko preglednost na cesti nije ugrožena. Grane drveća se ne smiju protezati u slobodni profil ceste, a u obrat se mora uzeti i preglednost u krivinama.

##### 4.2.4.1. Cesta u nasipu

U pravou i sa vanjske strane krivine, udaljenost gmljija iznosi najmanje 3,00 m, dok drveće mora da bude najmanje 5,00 m udaljeno od ivice kolovoza.

Sa vanjske strane poprečnog profila žbunje i drveće se može zasaditi na razmaku od najmanje 1,00 m od granice isključive upotrebe zemljista ili naprava za odvodnјavanje.

##### 4.2.4.2. Cesta u usjeku

Žbunje ili drveće ne smije biti manje od 1,00 m udaljeno od kanala za odvodnјavanje atmosferskih voda, a sa vanjske strane poprečnog profila najmanje 1,00 m od granice isključive upotrebe zemljista ili naprava za odvodnјavanje.

#### 4.3. Standardni poprečni profili

Za potrebe planiranja, projektovanja, građenja, eksploatacije i održavanja cesta poprečni profil ima slijedeće oblike, različite po sadržaju i namjeni:

- geometrijski poprečni profil,
- tipski poprečni profil,
- normalan poprečni profil,
- karakterističan poprečni profil i
- detaljan poprečni profil.

##### 4.3.1. Geometrijski poprečni profil

Geometrijski poprečni profil (GPP) je grafički prikaz saobraćajnih i ostalih poduznih površina na kolovožnom profilu (vozne trake, ovičenja, razdjelne trake i bankine) projektovane ceste.

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 vozno-dinamičkih karakteristika (brzina putovanja i odnos između mjerodavnog saobraćajnog opterećenja i kapaciteta ceste-nivo usluge), predviđenih prema njegovoj saobraćajnoj funkciji (kategorija ceste).

Kroz GPP se definiraju:

- broj, poređak i širine pojedinih saobraćajnih površina kolovoza,
- osnovni režim u eksploataciji (sa jednim ili dva kolovoza),
- horizontalni razmaci i/ili vertikalna delineacija 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,
- idejnem i glavnom projektu ceste kao osnova za definiranje normalnih profila i
- eksperckim studijama (definiranje saobraćajnog režima na cesti, uvođenje intezivnih saobraćajnih sistema i sl.)

#### 4.3.2. Tipski poprečni profil

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

Tipski poprečni profil se određuje prema:

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

Kada cesta vodi kroz prostore sa različitim karakteristikama (izvan ili unutar naselja, ravnicaški ili brdovit, sa ili bez biciklističkih i pješačkih staza), u jednom te istom projektu primjenjuje se više tipskih 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 vozno-dinamički kvalitet projektovane ceste (prvenstveno  $V_{pm}$  i  $V_{pu}$ ), i atributa (karakteristike prema kategoriji ceste). Ako pokazateli kvaliteta saobraćajnog toka zadovoljavaju očekivanja, u projektu nije potrebno izvoditi saobraćajno dimenzioniranje profila.

U slučaju drugačijih saobraćajnih (veći udio 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 primjeniti 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 poglavljju 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 vozno-dinamičkim uvjetima:

- oblik i dimenzije pojedinih vrsta saobraćajnih i pratećih elemenata kolovoza (zaštitni pojasovi i elementi odvodnjavanja),
- interne odnose između elemenata profila (sistemi razdvajanja-razdjelne trake, ivičnjaci, ograde),
- vrstu i položaj elemenata za zaštitu ceste i okolida (vanjske ograde, ograde protiv buke i dr.),
- položaj osnovnih elemenata saobraćajne opreme ceste (smjerokazi, 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 debjinom humusa i kotom terena na osi ceste,
- položaj nivoleta u profilu, te nagibi kolovoza i planuma donjeg stroja,
- debjina i sastav kolovozne konstrukcije,
- prateći elementi kolovoza sa konstruktivnim rješenjima, dimenzijama i nagibima (bankina, berna, uređenja za podužno 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 pojedinih slojevima donjeg stroja u službu primjene različitih materijala, zašeci, iskljinjenja, rigoli ili drenaze za odvodnjavanje donjeg stroja),
- položaj i građevinska rješenja zaštitnih elemenata ceste (kanali, poporni zidovi, duboke drenaze) i
- položaj i dubina u trup ceste ugrađenih komunalnih i infrastrukturnih vodova, te njihova međusobna rastojanja po profilu i visini (kanalizacija, vodovod, plin, elektro, javna rasvjeta, TV kabl, toploved, 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 zašjeku (mješoviti profil).

Kod cesta sa razvojenim kolovozima u projektu se pokazuju i:

- NPP u pravcu,
- NPP u krivini i
- NPP sa visinski razvojenim 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 stacionarima ili deonicama ceste, na kojima se mijenja:

- struktura i oblik trupa ceste (most, viadukt, tunel, potporni zidovi),
- saobraćajni zahtjevi (proširenje kolovoznih traka, dodatne trake na usponima ili u priključcima i raskršnicama, dodatne trake za parkiranje, oduzimanje traka, zaustavne niže),
- visinski odnosi razdvjeljenih kolovoza (specijalna izvedenja, visoperenja, zamjena položaja osovine ceste i sl),
- poredak saobraćajnih elemenata kolovoza zbog uključenja lokalno primjenjenih mjera za vedenje saobraćaja i/ili veću sigurnost saobraćaja (razdjelna ostrva različite namjene),
- sadržaj i poredak površina duž kolovoza (biciklistička traka, biciklistička stara, trotuar i slično),
- elementi podužnog odvodnjavanja i mjere zaštite okoline duž ceste (rigoli, daboke podužne drenaze, kanalizacija, ograde protiv buke, ograde protiv prejakkog veta i sl),
- sastav i debљine slojeva kolovoze 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 naplata cestarine ili carina,
- stajališta autobusa,
- servisne površine uz kolovoz (četvrtišta, benzinske stanice, površine za kontrolu saobraćaja, površine za objekte za održavanje ceste, ako su u kontaktu sa kolovozom, depoije 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 stacionarima, radi:

- definiranja visinskog položaja ceste u prirodnoj sredini (kota terena, kota nivoje, kote ivica kolovoza, visina ivičnjaka, kosine i njihov nagib, udaljenja pojedinih elemenata smještenih uz cestu),
- prikaza poprečnih nagiba kolovoza i ostalih podužnih površina,
- planimetriranja količine pojedinih vrsta zemljanih radova za potrebe profila masa i rasporeda masa po trasi ceste ili izvan nje (otkop humusa, površine uneka, nasipa, humuciranje kosina),
- prikaza vrste i položaja instalacija i vodova u trupu ceste,
- definiranja elemenata za poprečno odvodnjavanja (propusti), ako se nalaze na toj stacionari i

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

DPP se izvode prema prethodno definiranim NPP i KPP na unapred utvrđenim razmjerima 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 projektnе dokumentacije i od zakrivljenoći osnovne ceste.

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

DPP se primjenjuje u:

- u generalnim studijama na pojedinim stacionarima za prikazivanje odnosa ceste i elemenata u prostoru (konfliktna mjesta), kao pobeljan prilog u studiji,
- u idejnem projektu na konstantnim razmacima (20, 25 ili 50 m) ili na stacionarima ukrštajna linije terena sa linijom nivoleta (karakteristička mjesta terena na poduznom profilu ceste), kao obavezan prilog u projektu,
- u glavnem projektu ceste na konstantnim razmacima (5, 10, 20 ili 25 m) ili na proizvoljnim stacionarima sa razmakom 25 m ili manje, kao obavezan prilog u projektu
- 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 čimljač 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 berna),
- preglednog trokuta na raskrsnicama,
- minimalnog radijusa vertikalne krivine,
- duljinu 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 grupe A i B-izvan naselja za izračunavanje veličine minimalnog radijusa vertikalne krivine i udaljenosti za preticanje, u obzir uzme brzina  $V_{pre}$  ili  $V_p = (V_{pred} + 20 \text{ km/h}) \leq V_{pre}$ .

### 5.1. Razdaljina za smanjenje brzine kretanja i preglednost

Razdaljina za smanjenje brzine kretanja (raskrsnica, priključak) se izračunava prema sljedećem obrazcu:

$$L_s = \frac{V_p^2 - V_t^2}{2g \cdot (\mu_s + 0.1 \cdot a_s)}$$

gdje je:

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

$V_p$  - početna brzina [km/h].

$V_t$  - konačna brzina [km/h] i

$a_s$  - usporjene [ $m/s^2$ ], pri čemu dozvoljene vrijednosti koeficijenta trenja definisane u tabeli 10 ne smiju 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 dozvoljene 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 ( $f_r \geq 0.4$  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

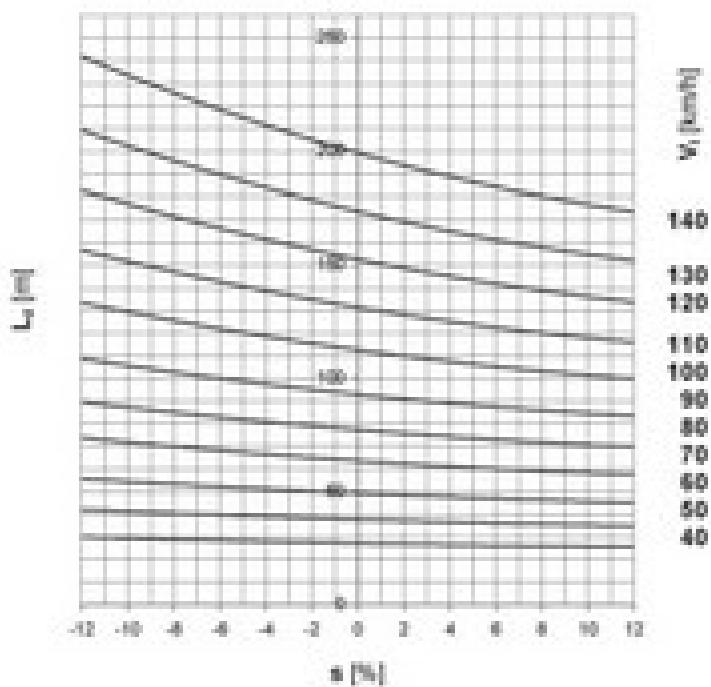
Zaustavna preglednost ( $P_s$ ) je minimalna dužina na kojoj vozač opaža prepreku da bi do nje potpuno zaustavio vozilo u uvjetima dozvoljene vrijednosti koeficijenta trenja, i određuje se prema slijedećem obrazcu:

$$P_s = L_s + 7m$$

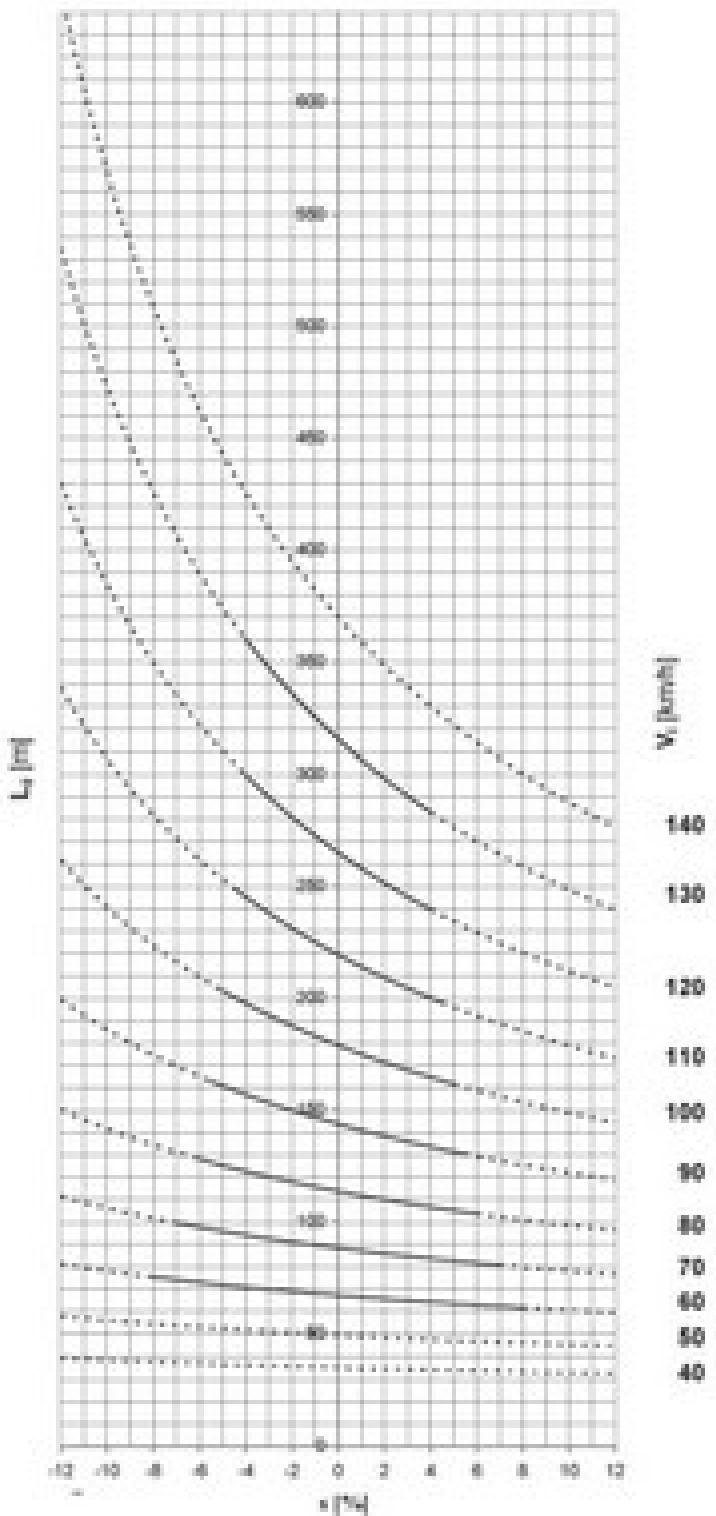
Sigurnosni razmak od 7 m je, izuzev kada je riječ o cestama iz tehničke grupe A, moguće izostaviti.

Dužine zaustavne preglednosti su prikazane na slikama 24-27.

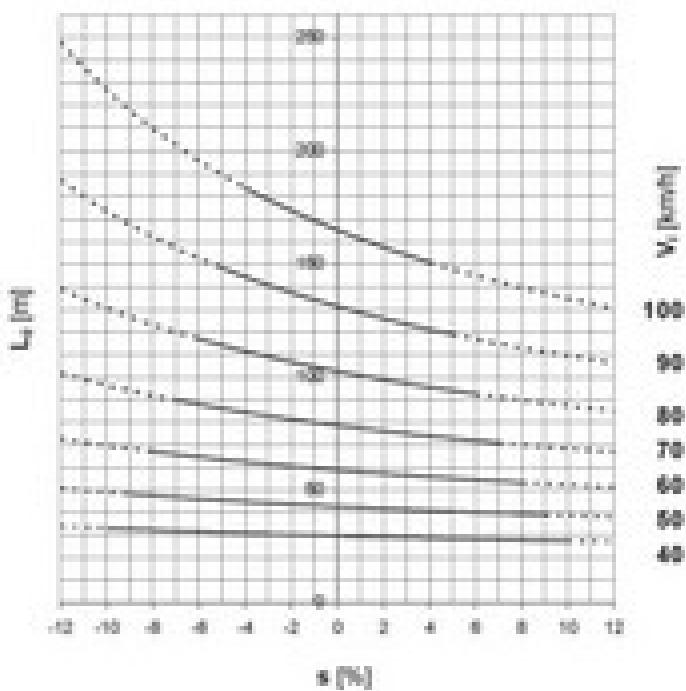
Slika 24. Skraćena zaustavna preglednost ( $f_1 \approx \infty$ )



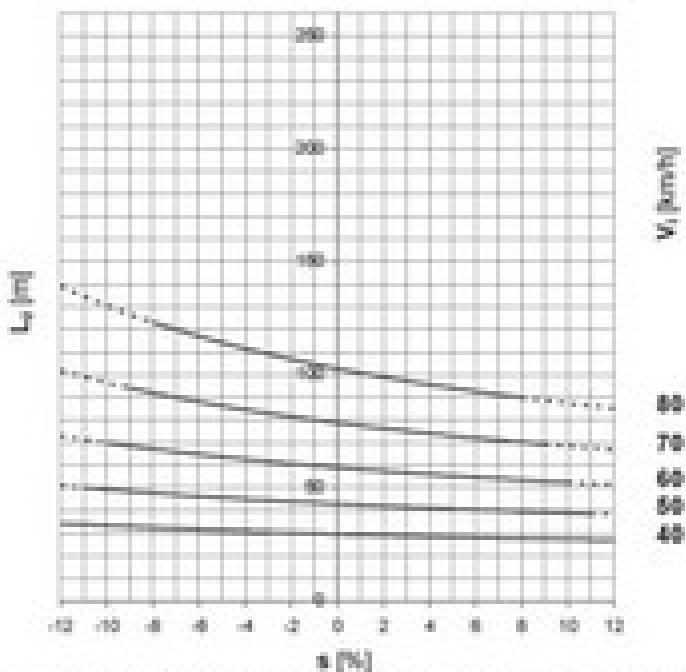
Slika 25. Zaustavna preglednost za ceste iz tehničke grupe A



Slika 26. Zauzavna preglednost za ceste iz tehničke grupe B



Slika 27. Zauzavna preglednost za ceste iz tehničke grupe C



Preglednost je potrebno osigurati posebno za svaki saobraćajni pravac. Sa stasovlja projekta, preglednost je potrebovo 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 ovu 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 pokretnе prepreke, na odgovarajuće rastojanje od ivice kolovora. 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 podužni profil je u konveksnoj krivini. Ove lokacije se dodatno proveravaju 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 viaduktima) ili ograničiti brzinu vožnje saobraćajnom signalizacijom. Skraćena zaustavna dužina je prihvatišća samo u slučaju kada je zastor izrađen od silikatnih agragata ( $f_f \leq 4\%$ ).

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

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

gdje je:

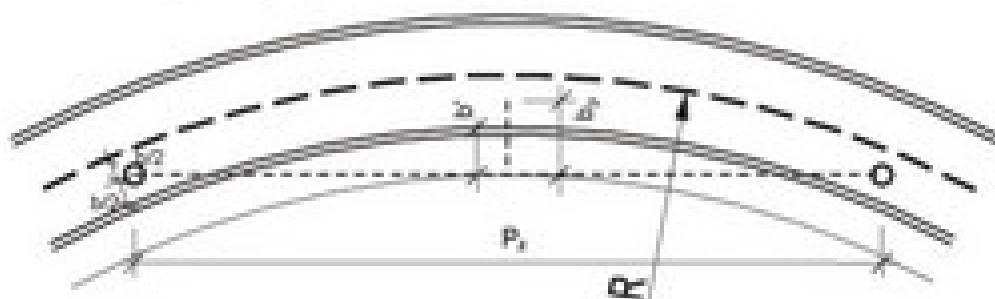
$b'$  - širina berme preglednosti [m].

$b_p$  - 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



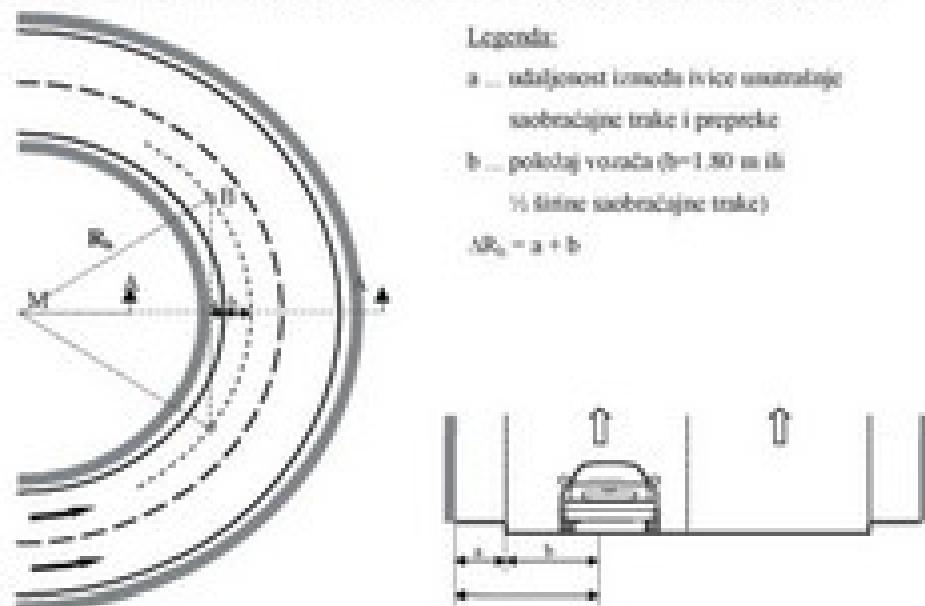
Na cestama koje se sastoje od dva razdvojena jednosmjerjena kolovoza, preglednost je potrebno osigurati i na krajnjoj lijevoj saobraćajnoj traci. Navedenu preglednost je potrebno projektom provjeriti u sljedećim slučajevima:

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

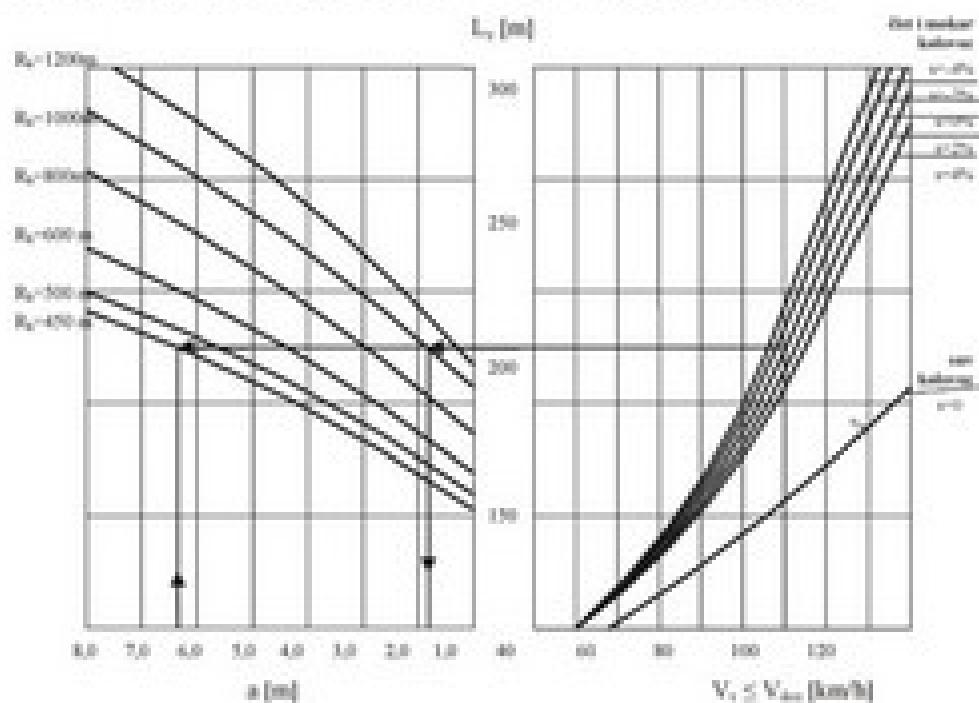
- kroz tunele i
- na vijaduktima.

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

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



Slika 30. Međusobna zavisnost radijusa  $R_k$  i udaljenosti između prepreke i ivice krajeve saobraćajne trake a, u funkciji od brzine  $V_s$  i podužnog nagiba nivoleta



#### 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 duljini. Položaj očiju vozača, kao i položaj prepreke nalaze se u osovini saobraćajne trake. Minimalne visine vidljivog dijela prepreka na cestama su prikazane u tabeli 23.

Vertikalna preglednost se određuje prema obrazcu:

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

gdje je:

$\min R_{\text{konv}}$  - 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 prepreka na cestama

| V <sub>v</sub> [km/h] | 40   | 50 <sup>1</sup> | 50 <sup>2</sup> | 60   | 70   | 80   | 90   | 100 <sup>3</sup> | 100 <sup>4</sup> | 110  | 120  | 130  | 140  |
|-----------------------|------|-----------------|-----------------|------|------|------|------|------------------|------------------|------|------|------|------|
| h <sub>v</sub> [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 |

<sup>1</sup> radikalne vrijednosti za brzine 50 do 100 km/h se uzimaju u obzir za tehničke grupe cesta razlike stjecenosti

<sup>2</sup> Veličina minimalnog radijusa konveksne krivine  $\min R_{\text{konv}}$  određena je u poglavљu Elementi područnog profila.

#### 5.5. Preglednosti pri preticanju

##### 5.5.1. Horizontalna preglednost pri preticanju

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

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

Minimalne duljine preglednosti pri preticanju su izračunate za uvjete ubrzavanja vozila koje pretiče sa ubrzanjem  $1,3 \text{ m/s}^2$  pri najvećoj dozvoljenoj brzini vožnje vozila koje pretiče i vozila iz suprotnog smjera.

Minimalne duljine preglednosti pri preticanju su navedene u tabeli 24.

Tabela 24. Minimalne duljine preglednosti pri preticanju

| V <sub>v</sub> [km/h]  | 40 | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |
|------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| min P <sub>p</sub> [m] | -  | 330 | 380 | 450 | 520 | 600 | 680 |

##### 5.5.2. Vertikalna preglednost pri preticanju

Na dvostranim kolozovima 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 duljina za vozila koja se kreću u suprotnim smjerovima, pri brzini  $V_{pre} \leq V_{kon}$  i sa visinom prepreke  $h_2=1,0 \text{ m}$ .

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:

$$R_s < 1,75 \cdot \min R_{\text{vježb}} \cdot$$

### 5.5.3. Osiguranje preglednosti pri preticanju

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

Ako saobraćajnim dimenzioniranjem nije određena potrebna duljina dionica za osiguranje preglednosti pri preticanju, slijedeće se mora smatrati najmanjom duljinom dionice dovoljnom za osiguranje preglednosti pri preticanju na dvostrujnim cestama:

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

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

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

### 5.6. Preglednost u području raskrsnice

Preglednost prilikom ulaska u raskrsnicu je duljina koja omogućava vozaču na cesti sa pravom prvenstvom da zaustavi vozilo prije raskrsnice ukoliko se vozilo iz bočnog smjera uključuje na u njegovu saobraćajnu traku ili ukoliko prijelazi raskrsnicu. Duljina preglednosti jednak je zaustavnoj duljini.

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 pravotrenutno 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 razliitim 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 proteku duž drugih objekata infrastrukture, itd.), u posebnim prostornim uvjetima (naselja) ili na dionicama gdje je njenja upotreba odgovarajuća uslijed saobraćajno-tehničkih uvjeta (raskrsnice i povezujući, osiguranje dionica za preticanje, značajni objekti, itd.).

Prilikom uvođenja dugih pravih linija, poseban pažnju je potrebno обратити на slijedeće:

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

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

#### 6.1.2. Granične vrijednosti

Zbog mogućeg neprestanog zasljepljivanja i zamorene vožnje, dužina prave ( $L_p$ ) mora biti ograničena na maksimalnu dubinu vidljivosti  $L_p < 20 \cdot V_{proj}$  [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  $4 \cdot V_{proj}$  između dva luka istog smjera, te koje su kraće od  $2 \cdot V_{proj}$  između dva luka suprotstog smjera ("kratke 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 kratkih 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 posez situacionog plana ceste sa stalnom zakrivljenošću.

Dimenzije kružnih luka 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 nivoleta, potrebno je odabrati takve dimenzije luka da njegov poprečni nagib, u kombinaciji sa podučnim nagibom (koji proizilazi iz rezultirajućeg nagiba kolovoza  $q_{res}$ ), ne prelazi dozvoljenu vrijednost od 10 % za ceste iz tehničkih grupa A (preporučuje se  $q_{res}=8\%$ ) 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:

$$\alpha = 0,02 = \frac{L_{45}}{R} = \frac{1}{50}, \text{ što odgovara ugлу } \alpha = 1^\circ$$

gdje je:

$L_{45}$  - dužina kružnog luka i

R - radijus kružnog luka.

Kod većih krivina ( $R>5.000$  m) treba primjeniti odnos R:L<sub>45</sub>=20:1 ( $\alpha=3^\circ$ ), kako bi bilo moguće učiti krivinu. Dužina manjih krivina treba da bude takva da omogućava kretanje u trajanju od najmanje 2 s (vidokrug vozača).

U područjima raskršnica 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 ( $\eta$ ) ne prelazi 4 %.

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

Ukoliko nivela trase ceste dozvoljava zнатно prelaženje brzine vozila u slobodnom saobraćajnom toku ( $V_{pri}$  je zнатno veća od  $V_{slob}$ ), za osovinu ceste je potrebno projektovati veće lukove od preporučenih minimalnih, dok je u skladu sa najstrožijim zahtjevima potrebno osigurati uskladenost usastopnih lukova (slika 32).

Kružne lukove treba odabrati tako da se u najvećoj mogućoj mjeri omogući njihovo uklapanje u prirodnu sredinu, te da se omogući uskladeno stvaranje nivoleta ceste, kao i međusobna uskladenost 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 prijelaznih 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  $L_u=0$  (vrh klotroide), s tim da se ovo ne preporučuje.

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

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

Građica između navedenih krivina se određuje na osnovu uvjeta vidljivosti po izlasku iz luka (pregledna udaljenost na cesti i polje vidljivosti vozača se osigurava 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 oltvu krivini ili serpentinu i preporučenu brzinu vožnje).

Posebne mјere 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] |
|------------|---------------|
| $\geq 300$ | $> 400$       |
| $< 300$    | $> L_p$       |

Dimenzije graničnih vrijednosti radijusa kružnog luka  $R_s$  ( $R_{min}$ ,  $R_p$ ,  $R_d$ ) 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  $q_i = q_{max}$ ) i
- dijela koeficijenta trenja klizanja u poprečnom smjeru ( $x\%$  doz  $f_{t, max}$ ), zavisnog od vrste pojedinog tipa vozila na cesti (tabela 9).

Granične vrijednosti radijusa kružnog luka određuju se prema slijedećem obrazcu:

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

gdje je:

$R_s$  - granična veličina radijusa kružnog luka,

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

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

$q_i$  - granična veličina poprečnog nagiba kolovoza.

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

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

| Tehnička grupa |                          | V <sub>pre</sub> [km/h] |     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|--------------------------|-------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                |                          | 40                      | 50  | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   | 110   | 120   | 130   | 140   |
| A              | $R_{min}$                |                         |     | 125   | 175   | 250   | 350   | 450   | 550   | 700   | 850   | 1000  |
|                | $R_p$                    |                         |     | 500   | 700   | 1.000 | 1.400 | 1.800 | 2.300 | 2.750 | 3.400 | 4.000 |
|                | $R_s$                    |                         |     | 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              | $R_{min}$<br>( $q=7\%$ ) | 40                      | 65  | 100   | 150   | 200   | 275   | 350   |       |       |       |       |
|                | $R_{min}$<br>( $q=5\%$ ) | 50                      | 80  | 125   | 180   | 250   | 350   | 475   |       |       |       |       |
|                | $R_p$                    | 70                      | 115 | 180   | 265   | 380   | 525   | 700   |       |       |       |       |
|                | $R_s$                    | 200                     | 300 | 500   | 800   | 1.250 | 1.500 | 2.500 |       |       |       |       |
|                | $D_k$                    | 15                      | 20  | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    |       |       |       |       |
| C              | $R_{min}$                | 40                      | 65  | 100   | 150   | 225   |       |       |       |       |       |       |
|                | $R_p$                    | 60                      | 100 | 160   | 240   | 350   |       |       |       |       |       |       |
|                | $R_s$                    | 120                     | 200 | 325   | 500   | 750   |       |       |       |       |       |       |
|                | $D_k$                    | 15                      | 20  | 25    | 30    | 35    |       |       |       |       |       |       |

Vrijednosti  $R_{min}$  i  $R_s$  su različite prema tipu vozila za različite tehničke grupe cesta i prostorne uvjete, odnosno izvan i unutar naselja.

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

Veličine radijusa kružnih lukova  $R_s$  u opsegu  $R_{min} < R_s < R_p$  definirane su prema ravnomjernoj raspodjeli dopuštenih vrijednosti radikalne komponente koeficijenta trenja klizanja za  $R_{min}$  i  $R_p$  i date su na slikama 18-20.

Gornja granična vrijednost radijusa kružnog luka ( $R_{max}$ ) nije posebno određena i zavisi od parametra došje granične brzine okretanja volana. Preporučljiva granica izosi 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 projektuju 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  $R < R_{max}$ . Međutim, njihov poprečni nagib  $q$  ne smije preći 8 %.

U područjima većih objekata (tuneli ili vijadukti) ili na odsjecima sa velikim poduzkim nagibom nivolete ili kod posebnog izvođenja razdjelne trake na cestama sa odvojenim kolovožima, primjenjuje se  $R_{min}$  je potrebno posebno provjeriti. Po pravila, na ovim dijecicama ceste se primjenjuje  $R > R_{min}$  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 radius za  $V_{proj}=100$  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 duljine vitoperenja kolovoza, kao i optičke i estetske karakteristike lokacije trase. U cilju osiguranja prijelaznosti uvedi se matematička kriva koja se naziva klotoide.

Primjenjuje se slijedeća jednačina za klotoidu i ugao između pobetne i završne tangente (srednji ugao klotoide):

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

gdje je:

- A - parametar klotoide [m].
- R - radius kružnog luka pri dulini klotoide L [m].
- L - duljina klotoide [m] i
- t - srednji ugao klotoide [rad].

Primjenljiva vrijednost parametra klotoide nalazi se unutar granica:

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

gdje je:

- R - radius kružnog luka na koji se priključuje klotoida.

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

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

Tabela 27. Minimalni radijusi luka u slučaju izostavljanja klotoide

| $V_{\text{max}} [\text{km/h}]$ | $R_{\text{min}} [\text{m}]$ |
|--------------------------------|-----------------------------|
| <80                            | 1.500 (1.000) <sup>†</sup>  |
| >80                            | 3.000 (2.000) <sup>†</sup>  |

<sup>†</sup> izuzeto za naselja

Pored zadovoljenja vozno-dinamičkih karakteristika uključenjem klotoide (prijezne krivine) postiže se i značajan estetski efekat, koji direktno utječe na psihosocijalne reakcije vozača (donosjenje odluka-saobraćajna sigurnost).

#### 6.3.1.1. Posebni slučajevi u kojima se uvođe ili izostavljaju prijezne krivine

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

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

Na cestama iz tehničkih grupa C i D, ukoliko je izostavljena klotoide, 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 volana) i potrebna dužina za izmjenu poprečnog nagiba kolovoza. Geometrijski elementat 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 prijeznih 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 prijeznih krivina

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

#### 6.3.2. Granične vrijednosti

Dužina prijezne krivine (klotoide) treba da ispunjava vozno-dinamičke, konstruktivne i estetske zahtjeve (slika 31), a kao mjerodavna vrijednost se uvaja maksimalna veličina parametra klotoide  $A$  odredena prema definiranim 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  $V_{\text{max}}$ , ista se primjenjuje u vozno-dinamičkim analizama. Kod brzina  $V < 40 \text{ km/h}$  uvođe se ili druge krive (traktura) ili vrijednosti koje važe za brzinu od 40 km/h.

#### 6.3.2.1. Minimalna vrijednost parametra klotoide $A_{\text{min}}$

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

$$A_{\text{min}}^2 = \left( \frac{V_{\text{max}}}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{R_{\text{min}}} ,$$

odnosno dopunjena poprečnim nagibom  $q_{\text{max}}$ :

$$A_{\text{min}}^2 = \frac{V_{\text{max}}^2}{46,656 \cdot R_{\text{min}}} + \frac{q_{\text{max}} \cdot V_{\text{max}} \cdot R_{\text{min}}}{0,367 \cdot R_{\text{min}}}$$

gdje je:

$R_{min}$  - minimalna vrijednost radijusa kružnog luka pri pretpostavljenoj  $V_{pred}$  [m].

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

$\alpha_{2,du}$  - dozvoljena vrijednost radijalnog ubrzanja pri pretpostavljenoj  $V_{pred}$  [ $m/s^2$ ].

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

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

Vrijednosti  $A_{min}$  su ucrteane na dijagramu, koji je predstavljen na slici 31 (linija  $A_{min,VD}$ ).

#### 6.3.2.2. Minimalna vrijednost parametra klotoide $A_{min}$ pri $R_i > R_{min}$

Procjenu minimalne vrijednosti parametra klotoide  $A_{min}$  pri  $R_i > R_{min}$  treba izvršiti s obzirom na:

- vozno-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 (torsiona brzina).

##### 6.3.2.2.1. Vozno-dinamički uvjet (VD-uvjet)

U cilju osiguranja saobraćajne sigurnosti, za radijuse  $R_i > R_{min}$  (izvodljive su i veće brzine vožnje  $V_{sd}$ ) potrebno je primijeniti parametre  $A_{min,VD}$ , kojima se zadržava dužina prijelazne krivine  $L_c$  koja proizlazi iz kriterijuma minimalne vrijednosti parametra klotoide  $A_{min}$  pri predviđenoj brzini  $V_{pred}$  ( $L_c = A_{min}^{-1}/R_{min}$ ).

Primjenjuje se sljedeća jednačina:

$$A_{min,VD}^2 = A_{min}^2 \cdot \frac{R_i}{R_{min}}.$$

##### 6.3.2.2.2. Estetski uvjeti (E-uvjet)

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

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

Presjek funkcija ova uvjeta postoji pri radijusu  $R_m=583,2$  m, a jednačine su:

$$A_{min,E1}^2 = \sqrt{7,2 \cdot R_i^2} \quad \text{za } R_i < R_m$$

$$A_{min,E2}^2 = \frac{R_i^2}{9} \quad \text{za } R_i \geq R_m$$

##### 6.3.2.2.3. Granični radius $R_c$ između VD-uvjeta i E-uvjeta

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

Granični radijus  $R_c = R_c$  pri kome veličina parametra klotoide  $A_{k\min E}$  definisana po E-uvjetima ( $\Delta R = 0,30 \text{ m}$  ili  $A = R/3$ ) prevazilazi parametar definiran po VD-uvjetom postiže se:

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

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

Za praktičnu upotrebu, sve vrijednosti minimalnog parametra  $A_{k\min}$  za određenu predviđenu brzinu  $V_{pred}$  ucrteane su u dijagram prikazan na slici 32 (linija  $A_{k\min} = VD \cdot A_{k\min E}$  i  $A_{k\min E}$ ), dok su vrijednosti  $R_c$  i  $A_{k\min}$ , prikazane u tabeli 29.

#### 6.3.2.2.4. Konstruktivni uvjeti (K-uvjet)

Minimalna vrijednost parametra klotoide  $A_{k\min}$  je treba da osigura dovoljnu duljinu prijelazne krivine za izvođenje vitoperenja. Za procjenu parametra  $A_{k\min}$  se primjenjuju se sljedeći 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  $q_i$  i
- relativni podaljni nagib ivice kolovoza (RPN) s obzirom na nagib nivoleta  $\Delta h_{max}$ .

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

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

Vrijednost  $\Delta h_{max}$ , 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 jednakosti široke trake na kolovozu uvrjava se dvostruka vrijednost).

Tabela 28.  $RPN_{max}$ , ivice kolovoza s obzirom na nivoletu (za pojedinačne saobraćajne trake)

| Relativni nagib [%] | $V_{pred}$ [km/h] |       |        |      |
|---------------------|-------------------|-------|--------|------|
|                     | <50               | 50-70 | 80-100 | >100 |
| $\Delta h_{pred}$   | 1,05              | 0,75  | 0,50   | 0,40 |
| $\Delta h_{max}$    | 1,50              | 1,00  | 0,75   | 0,50 |

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

$$A_{k\min E}^2 = \frac{R_{\min} \cdot b_v \cdot (q_i - q_{i0})}{100 \cdot \Delta h_{max}}$$

gdje je:

$b_v$  - širina saobraćajne trake [m].

$q_i$  - poprečni nagib priključnog luka [%] i

$q_{i0}$  - poprečni nagib na početku vitoperenja (na prijelaznom luku ili na veznoj tački klotoide  $q_{i0}=0\%$ ).

K-uvjet je indirektno zavisao od brzine vožnje (utjecaj na veličinu poprečnog nagiba), te ovaj proračun treba izvestiti za svaki redoslijed kružnih luka posebno. Ovaj kriterijum je

naročito aktuelan u projektovanju vitoperenja. U slučaju da je izračunata vrijednost veća od  $A_{\text{min}}$  vrijednost parametra  $A_i$  je potrebno povećati.

### 6.3.2.2.5. Parametar klotida $A_{\text{min}}$ i sigurnost saobraćaja

#### Preporučena vrijednost parametra klotida

Svaka vrijednost  $R_i > R_{\text{min}}$ , primjenjena na osnovi ceste, teoretski se može tretirati kao  $R_{\text{min}}$  za neku određenu brzinu vožnje. Kako svakome  $R_{\text{min}}$  po pravilu pripada tačno određeni  $A_{\text{min}} = f(V_i)$ , postoji niz na ovaj način dobijenih vrijednosti (linija  $A_{\text{min}}$  vo na slici 31). Primjenom ovakvo dobijenih vrijednosti  $A_i$  projektovana trasa je prilagodena uvjetima vožnje projektom brzinom ( $V_{\text{proj}}$ , odnosno  $V_{10}$ ).

Odnos  $A_{\text{min}} \cdot R_{\text{min}}$  za cijelokupnu seriju brzina od  $40 \text{ km/h} < V_i < 140 \text{ km/h}$  određen je krivom na slici 31.

Upotreba vrijednosti  $A_{\text{min}}$  vo preporučuje se kao minimalna na cestama iz tehničke grupe A, kao i na cestama iz tehničke grupe B, na kojima se pojavljuju veća odstupanja u redoslijedu dimenzija dva uzastupna luka.

Primjena krive  $A_{\text{min}}$  vo, koja je nacrtana na slici 31, osigurava dovoljnu saobraćajnu sigurnost i na trasama, na kojima se javljaju karakteristične izmjene mogućih brzina vožnje.

Veoma (pre)duge prijelazne krvine nisu prihvatljive sa stanovitom saobraćajnom sigurnosti, jer je u tom slučaju intenzitet mijenjanja bočnog pritiska (radijalnog ubrzanja) toliko smanjen, da vozak ne osjeća zakrivljenost ceste.

Vrijednosti parametra  $A_i$  koje orijentaciono odgovaraju ovoj gornjoj granici i istovremeno osiguravaju veoma ugodnu vožnju, na slici 31 definirane su linijom  $A_{\text{proj}} \cdot R_i$  (preporučena vrijednost).

#### Praktične vrijednosti parametra klotida $A_i$ u odnosu na vrijednosti $R_i$

Na cestama iz tehničke grupe C, što vali i za D, i na cestama iz tehničke grupe B sa  $V_{\text{proj}} < 70 \text{ km/h}$  za praktičnu upotrebu moguće je primjeniti sljedeće odnose:

$$\frac{3}{4} \cdot R_i \leq A_i < R_i \quad \text{za } 40 \text{ m} < R_i \leq 100 \text{ m}$$

$$\frac{2}{3} \cdot R_i \leq A_i < \frac{3}{4} \cdot R_i \quad \text{za } 100 \text{ m} < R_i \leq 200 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} \cdot R_i \leq A_i < \frac{2}{3} \cdot R_i \quad \text{za } 200 \text{ m} < R_i \leq 500 \text{ m}$$

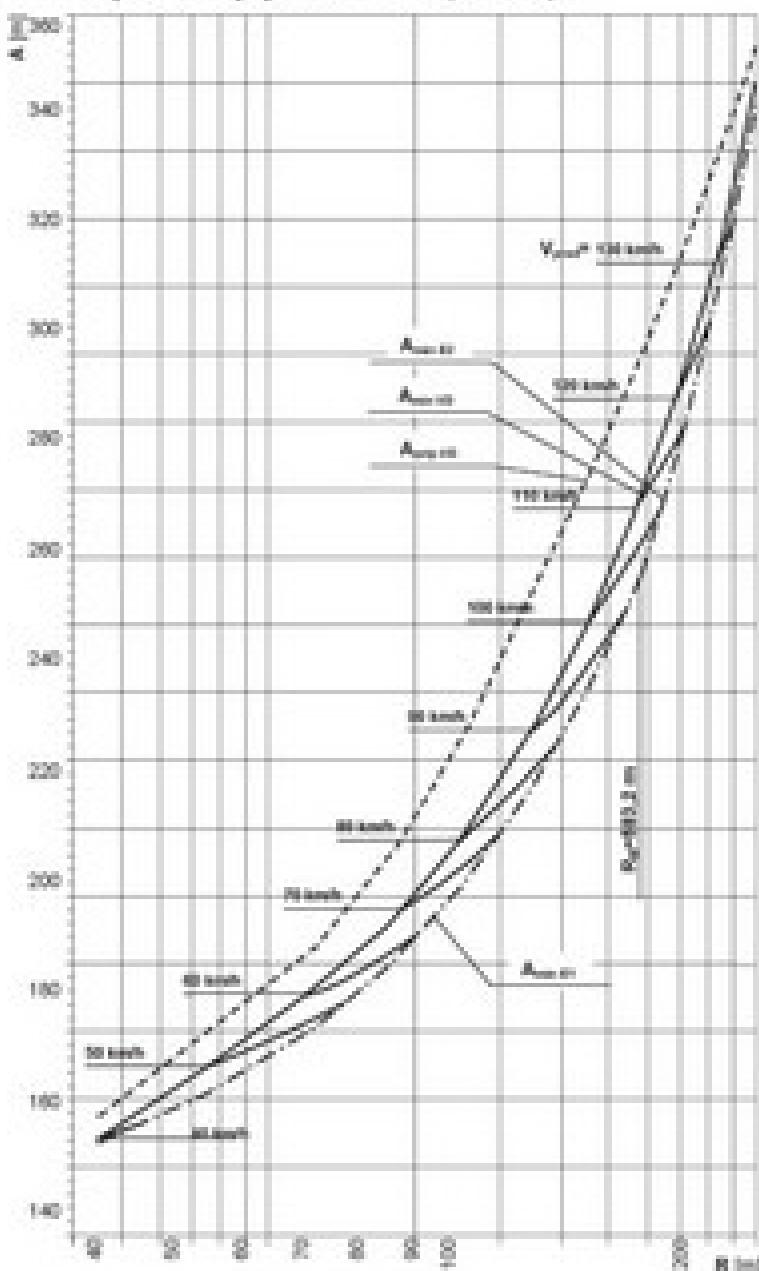
$$\frac{1}{3} \cdot R_i \leq A_i < \frac{1}{2} \cdot R_i \quad \text{za } 500 \text{ m} < R_i \leq 1.000 \text{ m}$$

Upotreba ovih odnosa dovoljna je i za potrebe određivanja elemenata trase u početnoj fazi projektovanja ceste.

Tabela 29. Karakteristične veličine klotoide

| Karakteristika                        | V <sub>pol</sub> [km/h] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|---------------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|                                       | 40                      | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  | 130  | 140   |
| S <sub>1,40</sub> [m/V <sup>2</sup> ] | 0,95                    | 0,80 | 0,68 | 0,59 | 0,52 | 0,45 | 0,40 | 0,36 | 0,33 | 0,31 | 0,30  |
| R <sub>min</sub> [m]                  | 45                      | 75   | 125  | 175  | 220  | 250  | 280  | 310  | 340  | 380  | 1.000 |
| A <sub>min</sub> [m]<br>(p=7 %)       | 30                      | 50   | 70   | 90   | 115  | 130  | 160  | 190  | 220  | 260  | 340   |
| L <sub>min</sub> [m]                  | 20                      | 35   | 40   | 45   | 50   | 65   | 70   | 80   | 90   | 100  | 115   |
| A <sub>avg</sub> [m]                  | 35                      | 60   | 85   | 115  | 150  | 190  | 225  | 260  | 295  | 325  | 380   |
| R <sub>c</sub> [m]                    | 35                      | 135  | 215  | 300  | 380  | 575  | 650  | 720  | 800  | 880  | 1.040 |
| A <sub>max</sub> [m]                  | 35                      | 70   | 90   | 115  | 145  | 185  | 215  | 240  | 270  | 300  | 380   |

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 slijedeće:

- 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 klotoide se definira odnosom:

$$A_{\max} = R \quad \text{ili} \quad r = 28^{\circ}39'.$$

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 uslijed arhitektonskih efekata). Preporučuje se da se vrijednost parametra  $A$  održava ispod vrijednosti koja je definirana kod  $r=90^\circ$ , 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  $V_{pred}$  u smislu ovog dokumenta.

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

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

Radiusi priključnih kružnih lukova ( $R_p$ ) treba da budu u granicama  $2 \cdot R \leq R_p \leq 4 \cdot R$ .

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

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

Za klotoide u serpentini preporučuje se vrijednost parametra  $A$  u području  $R_c \leq A \leq 1,2 \cdot R_c$ .

Proširenje kolovoza u serpentini se određuje:

- za  $R \geq 30 \text{ m}$  prema postupku opisanom u poglavљu 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 traku posebno, a koloz 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 serpentini iznosi  $\alpha_{\max} = 7 \%$ .

#### 6.5. Kompozicija i usklađenost susjednih elemenata situacionog 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 luka su primjenjiva u svakom slučaju. Prijelazne krivine koje se primjenjuju između dva suprotno usmjerena kružna luka moraju imati približno isti pomak kružnog luka  $\Delta R$ . Dužina prijelazne krivine, ukoliko se radi o O-krivini treba da osigura mogućnost minimalnog trajanja vožnje od 1 s.

Posebni oblici spajanja uzastopnih luka su "korpaste" krivine:

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

Oba posebna oblika spajanja uzastopnih luka su samo uvjetno dozvoljena na cestama iz tehničke grupe A, i to samo pod uvjetom da su duljine prijelazne krivine između oba obuhvaćena luka toliko dugacke da omogućavaju izvođenje usporjenja kod vožnje iz većeg u manji luk usporavanjem pomoći motora (pasivno usporjenje  $a_{sp}=0,35 \text{ m/s}^2$ ) bez upotrebe kočnica.

Obavezani prijelazni elementi između luka je prijelazna krivina u obliku klozoide. 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 manevriranja okretanjem volana iz jednog luka u drugi. U sklopu linije korpasta krive nije dopušteno mijenjanje smjera poprečnog nagiba kolovoza. Međutim, postoje i izuzeci, gdje je sa stanovišta saobraćajne sigurnosti na srednjem luku promjena smjera poprečnog nagiba kolovoza projektovana namjerno, da bi se postigao fizički i psihološki efekat na vozaca u pogledu smanjenja brzine vožnje. Takvo uređenje i razlozi njegove primjene obavezno moraju biti uključeni u projekt ceste.

Za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja i za  $V_{pud}>70 \text{ km/h}$ , izostavljanje prijelazne krivine između luka O-, C-, i K-krivine, dopušteno je samo ukoliko su ispunjeni kriterijumi navrđeni u tabeli 30. Prijelazna krivina između luka na cestama iz tehničkih grupa B-unutar naselja i za  $V_{pud}<70 \text{ km/h}$ , 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 "korpastu" krivinu

| $R_{min}$ (vanjski radijus) [m] | $R_{max}, R_{min}$ (odnos radijusa) | min L (srednja duljina klozoide) [m] |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <125                            | 1,5                                 | $V_{pud}/3,6$                        |
| 125-150                         | 2,0                                 | $V_{pud}/3,6$                        |
| >150                            | nepoznato                           | $V_{pud}/3,6$                        |

#### 6.5.2. Uvjeti za procjenu redoslijeda dimenzija susjednih kružnih luka

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

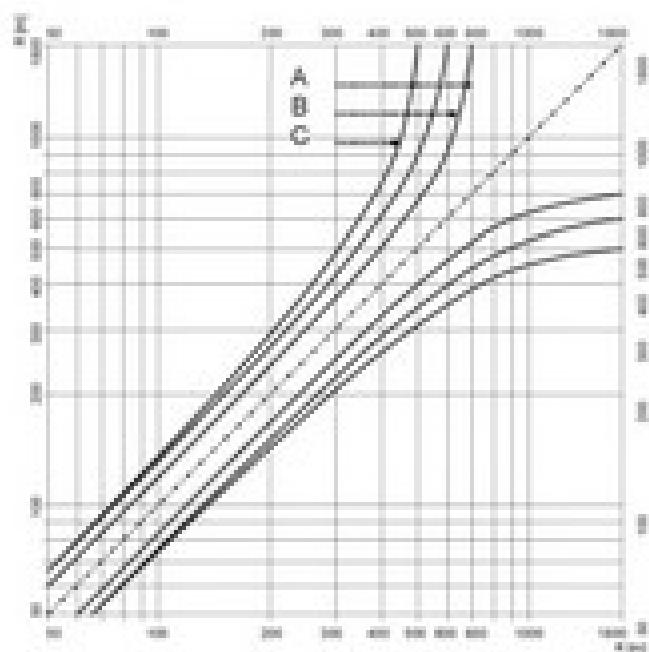
Veoma povoljno područje "A" na slici 32 primjenjuje se za ceste iz tehničke grupe A. Za ceste iz tehničke grupe B dopušteno je i područje "B", dok je za ceste iz grupe C primjenjivo i područje "C". Ako se na cestama iz tehničkih grupa B i C uvođe geometrijski elementi koji će dozvoljavati veoma visoke 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 vodenje trase usklada sa urbanističkim rješenjima.

Ako se O-krivina izvodi sa većim nagibom nivoete ( $i>4\%$ ), luk većeg radijusa nalazi se na nižem nivou s obzirom na nivoletu (nagib nivoete 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 luka, navedena mjesta moraju biti vidljivo dopunski označena (povećana preglednost, smjerokarne table, područje u kojem je zasadeno zbrunje/drveće, koje je zaštićeno odbojnom ogradom sa vanjske strane, saobraćajni znaci, itd) i upotrebljen povećan poprečni nagib (tabela 9, vrijednosti u zagradama). Ukoliko postoji mogućnost, u takvim slučajevima se izvodi smanjenje dimenzija radijusa susjednih luka s obje strane kritičnog mjesto da bi se primjenom postupno smanjivanih dimenzija elemenata postiglo ujednačeno smanjivanje brzine (usporavanje motorom  $a_m=0,85m/s^2$ ).

Slika 32. Odnosi redoslijeda radijusa luka



#### 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. Poed tih općih (VD, K, E) uvjeta za vizuelni (estetski) izgled ceste značajna je i konstrukcija redoslijeda duljina uzastopnih geometrijskih elemenata. Preporučuje se odnos  $L:D_k:L=1:1:1$ , time se postiže jednakost 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 kombiniranom 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 ( $1/R_s$ ) kod  $R=600$  m ili većoj. Na cestama iz tehničke grupe A kombiniranje klotoidea nije preporučljivo. U izuzetnim

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

Upotreba "temene" klotoide (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 primjeniti ako postoji prostorni razlozi (ograničenja), ali samo uz ispunjavanje već prethodno navedenih uvjeta (dovoljne dimenzije radijusa kružnog luka, osiguranje dužine potrebine za okretanje vozila, osiguranje saobraćajne površine u slučaju da su saobraćajne trake veoma uske, itd). Preporučuje se da se u ovim slučajevima smanji radius kružnog luka, da bi se postigla "normalna" kombinacija sistema prijelaznica-luk-prijelaznica, koju će vozila ionako sama stvarati vožnjom po temenoj klotoidi. Ako se krivina sastoji od dva istosmjerna kružna luka, različitih radijusa, kružni lukovi se mogu spojiti upotrebom "temene" klotoide, 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 izvedi kao projekcija osovine ceste u vertikalnoj ravni (poduzni profil). Geometrijski elementi nivelele su tangente (prave linije) i vertikalne krivine (zaobljenja) između njih. Vertikalne krivine se, po pravilu, izvode pomoću kružnih lukova. Dopolnila je i primjena ostalih geometrijskih funkcija (parabole, klotoide, itd) uz uvjet da se osigura dostizanje potrebnog minimalnog radijusa krivine na lokaciji njihovog maksimalnog zaobljenja.

Za pojedine tehničke grupe cesta, granične vrijednosti elemenata nivelele procjenjuju se pod različitim uvjetima. U slučaju, da je na određenoj cesti, iz bilo kog razloga, potrebno uvođenje složenijih 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 nivelele nije moguće postići predviđenu srednju brzinu putovanja na cesti, potrebno je izmjeniti poprečni profil (uvođenje dodatnih saobraćajnih traka) ili dimenzije geometrijskih elemenata horizontalnog toka osovine ceste ili i jedno i drugo.

### 7.1. Poduzni nagib nivelele

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

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

Ukoliko na cestama iz tehničke grupe A na velikim nagibima nivelele nije moguće uskladiti brzinu i dimenzije horizontalnih geometrijskih elemenata, pre početka donjeg (manjeg) radijusa potrebno je predviđeti (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 zaštite visine. Treba nastojati da niveleta ima jednouračni poduzni nagib 0,5 do 3 %. Manji nagibi od 0,5 % otčavaju i

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

### 7.1.1. Maksimalni nagibi nivoleta

#### 7.1.1.1. Maksimalan mogući nagib nivoleta

Maksimalan mogući nagib nivoleta zavisi od snage vučnog motora, i iznosí:

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

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

#### 7.1.1.2. Maksimalan dozvoljeni nagib nivoleta

Maksimalan dozvoljeni nagib nivoleta zavisi od previdene brzine ( $V_{pre}$ ) 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 dimenzioniranje) 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  $\alpha > 4\%$  treba izbjegavati u područjima:

- raskrsnica u nivou iz gradevinskih razloga (nepovoljno veliki nagibi nivoleta sekundarne ceste ili priključka) i iz razloga saobraćajne sigurnosti (veliki kontra nagib za barem jednu liniju vožnje u odnosu kroz raskrsnicu, velike zaustavne duline-trkut preglednosti),
- dugačkih mostova i vijadukata iz gradevinskih razloga (osticanje habajućeg sloja i hidroizolacije) i iz razloga saobraćajne sigurnosti (podhlađivanje konstrukcije-stvaranje poledice na kolovozu već kod  $+2^{\circ}\text{C}$ ) i
- tunela (umanjenje 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 nivoleta na 2,5 % u dugačkim tunelima. Bez obzira na preporuku, maksimalni nagib nivoleta u tunelima potrebno je odrediti u skladu sa kriterijumima koji su posebno propisani za tunele (ventilacija u toku izgradnje i za vrijeme eksploatacije, odvodnjavanje, itd).

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

| Tehnička grupa | $V_{pre}$ [km/h]  |                 |                 |                |                |                  |                |                  |                |                |
|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
|                | 40                | 50              | 60              | 70             | 80             | 90               | 100            | 110              | 120            | 130            |
| A              | -                 | -               | 8 <sup>1</sup>  | 7 <sup>1</sup> | 6 <sup>1</sup> | 5,5 <sup>1</sup> | 5 <sup>1</sup> | 4,5 <sup>1</sup> | 4 <sup>1</sup> | 4 <sup>1</sup> |
| B              | (10) <sup>2</sup> | 9 <sup>2</sup>  | 8 <sup>2</sup>  | 7 <sup>2</sup> | 6 <sup>2</sup> | 5 <sup>2</sup>   | 4 <sup>2</sup> | -                | -              | -              |
| C              | 12 <sup>3</sup>   | 11 <sup>3</sup> | 10 <sup>3</sup> | 9 <sup>3</sup> | 8 <sup>3</sup> | -                | -              | -                | -              | -              |

<sup>1</sup> I stupanj ograničenja

<sup>2</sup> III stupanj ograničenja

<sup>3</sup> II stupanj ograničenja

<sup>4</sup> IV stupanj ograničenja

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

U tunelima, maksimalan uspon od 3,0 % je poželjan za održanje razumne brzine kamiona i praktičnih ventilacijskih zahtjeva. Maksimalan uspon kod tunele dugačkih 3.500 m ili više, ne bi trebalo da prijede 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 viši položaj vozača kamiona nije od velike pomoći pa brzine kamiona mogu doći ili preći 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, omogući estetsko vodenje ivice 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 projektantskim mjerama (pomerjanje osovine vitoperenja, ugradnja drenažnog asfalta, itd).

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

Podudaranje odijeka nivelete sa  $s < s_{min}$  na vertikalnoj krivini sa ulim područjem vitoperenja (zona  $\Delta q_{min}$ ) 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 ne 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 uredenja za odvodnjavanje duž kolovoza (rigoli, kanali ili uzdignuti ivičnjaci), te je  $s_{min}=\min s_{odvod}$ .

$\min s_{odvod}$  iznosi:

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

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

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

$$L_{s_{min}, s_{odvod}} = 0,01 \cdot s_{min} \cdot R_{z1}$$

gdje je:

$R_{z1}$  - 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 cijelokupnom području prijelazne krivine (klotoidea). Obje ivice kolovoza (ili jedna od njih u zavisnosti od položaja osovine vitesperesa u poprečnom presjeku) moraju biti tako vodene, da relativne razlike podužnog nagiba pojedine ivice kolovoza s obzirom na nagib nivelete osovine vitesperesa iznose najmanje  $\Delta_{min}$  (minimalan RPN).

Ako je podužni nagib nivelete manji ili jednak minimalnom relativnom nagibu ivice nivelete ( $n \leq \Delta_{min}$ ), 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 poduzno odvodnjavanje, minimalan podužni nagib nivelete, u ovom slučaju, zavisi od izbora podužnih naprava za odvodnjavanje kolovoza, odnosno:

- u slučaju izdignutog ivičnjaka ili rigola  $s_{min} = \Delta_{min} + \min s_{nivele}$  i
- u slučaju slobodnog otjecanja vode sa kolovoza  $s_{min} = \Delta_{min}$ .

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 (prisilno vodenje nivelete).

S obzirom na veliku bliskošću 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 tangentnih pravaca nivelete za proračun zaobljenja se može koristiti kvadratna parabola oblika:

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

gdje je:

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

U slučaju primjene drugih geometrijskih elemenata, mogu se primjeniti kubna parabola i klotoidea. Najveća zakrivljenost tih elemenata ne smije nikad biti manja od određenog minimuma za veličinu radiusa kružnog luka koji zamjenjuju.

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

Dimenzije radiusa 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 definiraju na osnovu preglednosti za projektnu brzinu ( $V_{proj}$  odnosno  $V_{sa}$ ).

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

- za ceste iz tehničkih grupa A i B-izvan naselja nije 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 predviđeti radijus, najmanje  $R_{\text{konk}}=50$  m za konveksnu krivinu i najmanje  $R_{\text{konk}}=30$  m za konkavnu krivinu. Svako odstupanje od navedenih vrijednosti dozvoljeno je samo u slučaju, da je upotreba ceste ograničena na putnička motorna vozila, što je potrebno posebno naglasiti u projektu.

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

Konkavna vertikalna zaobljenja prijeloma nivelele sa dužim objektima nisu potrebna. Isto važi za kombiniranje vertikalnih zaobljenja prijeloma nivelele i horizontalnih krivina. Kod većih mostova potrebna su simetrična konveksna vertikalna zaobljenja prijeloma nivelele sa podučnim nagibom 1,5 do 2 %. Kombinacija velikog podučnog i poprečnog nagiba može prouzrokovati neugodno klizanje na mokrom, zaledenom ili na snijegom pokrivenom kolovozu na mostu.

#### 7.2.1. Granične vrijednosti

Dimenzije minimalnog radijusa konveksne vertikalne krivine određuju se u odnosu na duljinu zaustavne preglednosti, koja se izračunava prema visini očja vozača ( $h_1=1,0$  m) i visini prepreke na cesti ( $h_2$ ), koja je različita kod  $V_{\text{pre}}$  i  $V_{\text{pri}}$  (tabela 22). Upršćeni izraz glasi:

$$P_z = \sqrt{2 \cdot \min R_{\text{konk}} \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot \min R_{\text{konk}} \cdot h_2}$$

U tabeli 17 navedene su vrijednosti "skrivene" visine prepreke na cesti, dok su u tabeli 38 navedeni minimalni radijusi konveksne krivine za zaustavnu preglednost pri nagibu nivelele od 0 %. Pored navedenog, također su navedene i izuzetne minimalne vrijednosti koje proizilaze iz jednačine ( $h_2=0$ ):

$$\min R_{\text{konk}} = 0,25 \cdot P_z^2$$

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 dvostrujnih 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 rađusa konkavne vertikalne krivine proizilaze iz uvjeta volje soču (duljina osvjetljenog dijela kolovozu u smjeru volnje) prema jednačini (tabela 32):

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

gdje je:

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

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

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

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

$$\min R_{v, \text{konk}} \geq \frac{2}{3} \cdot R_{v, \text{konveks}}$$

gdje je:

$R_{v, \text{konveks}}$  - radijus susjedne konveksne krivine.

Tabela 32. Minimalni radijusi vertikalnih krivina

| Prikazati<br>dužinu<br>[m]             | Brzina vožnje V, [km/h] |       |                            |       |       |       |       |        |                               |        |        |        |        |
|--|-------------------------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|  | ustanoviti<br>nastojja  |       | dvotračni dvosmjerni ceste |       |       |       |       |        | Ceste sa nadvojnim kolovozaom |        |        |        |        |
|  | 40                      | 50    | 60                         | 70    | 80    | 90    | 100   | 100    | 110                           | 120    | 130    | 140    |        |
| $b_1$                                  | 0,00                    | 0,10  | 0,10                       | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,05   | 0,10                          | 0,10   | 0,15   | 0,15   | 0,15   |
| $\min R_{v, \text{konk}}$              | 600                     | 1.250 | 850                        | 1.500 | 2.600 | 4.250 | 6.750 | 10.250 | 9.000                         | 13.000 | 17.000 | 23.500 | 32.000 |
| $\min R_{v, \text{konv}}$<br>(izvezno) | 300                     | 650   | 450                        | 1.200 | 2.000 | 3.500 | 5.000 | 8.000  | -                             | -      | -      | -      | -      |
| $\min R_{v, \text{konk}}$              | 500                     | 800   | 600                        | 1.200 | 1.700 | 2.400 | 3.100 | 4.000  | 4.000                         | 5.100  | 6.000  | 7.600  | 9.000  |

Vrijednosti navedene u tabeli 32 primjenjuju se za sve ceste jedinstveno. Na saobraćajno naročito slobenim cestama umjesto predviđene brzine ( $V_{\text{pred}}$ ) preporučuje se primjena projektnih brzina ( $V_{\text{proj}}$ ).

U slučaju da se izvode rekonstrukcije ili uslijed posebnih prostornih ograničenja ili iz ekonomskih razloga, dimenzije radijusa je potrebno izračunati za svaki slučaj posebno.

Radijusi vertikalnog zaobljenja preloma nivele u tunelu prikazani su u tabeli 33.

Tabela 33. Radijusi vertikalnog zaobljenja preloma nivele u tunelu

| $V_{\text{pred}}$ [km/h] | $\min R_{v, \text{konk}}$ [m] | $\min R_{v, \text{konv}}$ [m] |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 100                      | 12.500                        | 5.000                         |
| 120                      | 20.000                        | 8.000                         |
| 140                      | 25.000                        | 12.000                        |

### 7.2.2. Posebni slučajevi određivanja radijusa vertikalne krivine

U ograničenom području vertikalne krivine podubni nagib kolovoza se smanjuje ispod dimenzija koje su određene kao minimalne za površinsku odvodnju kolovoza.

Dužina područja sa premašlim podužnim nagibom (D<sub>a</sub>) je:

- za  $i_{\text{max}}=0,5\%$ , normalni uvjeti na cesti  $D_a = \frac{R_v}{100}$
- za  $i_{\text{max}}=0,7\%$ , u području velikih objekata  $D_a = 1,4 \cdot \frac{R_v}{100}$

Središte ovog područja se nalazi stacionarni najviše ili najniže tačke nivele. Ovo područje smanjenog podužnog nagiba ne smije da se podudara sa ulim područjem vitoperenja ( $q_v < q_{\text{max}}$ ), kako bi se spriječila pojava akvaplaninga na kolovozu. U tom slučaju se kod konveksne krivine voda zadržava na kolovozu (vara zastajuće 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 konkavnog zaobljenja treba povećati do vrijednosti, da se pregledna ravan zaustavne preglednosti proteže ispod prepreke. U tom slučaju potrebno je uvažiti preglednost za vozače

visokih vozila (kamion, autobus), te nije dozvoljena upotreba radijusa koji bi proizilazio iz iznimno minimalne vrijednosti susjednog konveksnog zglobljenja.

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 otklonili 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 nivoleta. U cilju izračunavanja dimenzija radijusa vertikalne krivine potrebno je u obzir uzeti srednju vrijednost nagiba dvije susjedne tangente i njih odgovarajuću preglednost.

#### 7.3. Kompozicija i uskladenost susjednih elemenata nivoleta

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 radius konkavne krivine iznosi najmanje 1/2 radijusa susjedne konveksne krivine, ako je tangentna između navedenih krivina znatno kraća od duljine pojedine krivine.

Pored dimenzija najmanjeg radijusa vertikalne krivine, potrebno je osigurati dovoljnu duljinu vertikalne krivine s obzirom na trajanje vožnje na pojedinim geometrijskim elementima (3-7 s vožnje).

Sa estetskog i psihofizičkog stanovišta veoma je povoljno da su i sklopu uzastopnih elemenata podužnog profila (krivina-prava-krivina) duljine elemenata uglavnom jednake.

U cilju osiguranja vizuelne uskladenosti sa horizontalnim geometrijskim elementima osovine ceste potrebno je odabratи duljinu zglobljenja 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 sa različitim znakovima, ukoliko se dio luka navedene krivine pri nagibu  $s_{\text{konv}} < s_{\text{konk}}$  (0,5% ili 0,7%) u potpunosti ili samo djelimično poklapa sa ultim dijelom vitoperenja poprečnog nagiba, u granicama  $q = \pm q_{\text{konc}}$ .

Pored gore navedenih odredbi, iz estetskih i saobraćajno-sigurnosnih razloga za ceste iz tehničkih grupa A i B u obzir se uzimaju i slijedeće preporuke:

- podužni nagibi ispod 0,8 % dejstvuju kao ravni i praktično su neosobljivi,
- podužni nagibi između 1 % i 3 % su dovoljno prepoznatljivi i djeljivi,
- podužni nagibi između 4 % i 8 % su vizuelno veoma strni,
- kratke vertikalne krivine treba izbjegavati,
- u ravničarskim terenima veličina prijeloma nivoleta ne bi smjela biti veća od 3 % za konkavne i 4 % za konveksne prijelome,
- pri manjim promjenama nagiba nivoleta ( $\Delta s < 3 \%$ ), minimalne vertikalne krivine pozazrokuju veoma kratke tangente i, kao posljedica toga, nastaju veoma nepovoljni vizuelni efekti,
- vizuelno dobra rješenja moguće je postići uvedenjem 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 dugaku tangentu, radijus konkavne krivine treba da bude veći od radijusa konveksne krivine (sprečavanje efekta "zida") i
- ukoliko je tangentu između dvije krivine suprotnog smjera neproporcionalno kratka u poređenju sa dužinom krivina, istu je potrebno smasiti, što doprinosi usklađenom vodenju podužnog profila na prijelazu iz jedne krivine u drugu.

## 8. USKLAĐENOST ELEMENATA OSOVNE 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 nivoleta ceste tako da se protežu određenim redoslijedom i da su međusobno usklađeni.

Razlikuju se slijedeće 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 slijedeće:

- 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,
- ugradivanje 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 zahumljenog reljefa (veliki podužni nagibi nivoleta) poželjno je da se između dvije vertikalne krivine predviđi 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 mosta/vijadukta prilagodjavaju 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, vodenjem nivoleta 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 raskrnice u nivou.

## 9. FUNKCIONALNI ELEMENTI I POVRŠINE CESTE

Funkcionalni elementi i površine ceste obuhvataju slijedeće:

- raskrnice i priključci u nivou,
- denivelisane raskrnice i priključci,