

Datum: 19.11.2025. godine

*Ažurirano, objedinjeno i dopunjeno izdanje Seta Uputa*

**SET UPUTA ZA PROJEKTOVANJE, NABAVKU, UGRADNJU I  
ODRŽAVANJE ELEMENATA, OBJEKATA ILI DIJELOVA OBJEKATA  
NA AUTOCESTI**

# SADRŽAJ

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Uvod.....</b>                                                                     | <b>8</b>  |
| <b>1. UPUTA ZA IZRADU HORIZONTALNE SAOBRAĆAJNE (PROMETNE) SIGNALIZACIJE.....</b>     | <b>9</b>  |
| Uvod.....                                                                            | 10        |
| 1.1. Vrste, oblik, mjere i primjena oznaka na kolovozu.....                          | 10        |
| 1.1.1. Uzdužne oznake na kolovozu .....                                              | 11        |
| 1.1.2. Poprečne oznake na kolovozu .....                                             | 12        |
| 1.1.3. Ostale oznake na kolovozu i predmetima uz ivicu kolovoza .....                | 13        |
| 1.2. Boje dozvoljene za korištenje .....                                             | 16        |
| 1.2.1. Minimalni zahtjevi .....                                                      | 17        |
| 1.3. Obrazloženje Sistema oznaka.....                                                | 17        |
| 1.3.1. Osobine nužne za korisnike ceste - EN1436:2007+A1:2008.....                   | 17        |
| 1.3.2. Simulatori istrošenosti - EN 13197:2001 .....                                 | 19        |
| 1.3.3. Fizička svojstva - EN 1871:200.....                                           | 20        |
| 1.4. Kontrola prometa tokom izvođenja radova na kolovozu .....                       | 20        |
| 1.5. Uslovi za izvođenje oznaka na kolovozu .....                                    | 20        |
| 1.5.1. Vremenski uslovi .....                                                        | 20        |
| 1.5.2. Priprema površine kolovoza.....                                               | 21        |
| 1.5.3. Strojevi i oprema za izvođenje oznaka na kolovozu.....                        | 21        |
| 1.6. Ocjenjivanje kvalitete oznaka na kolovozu .....                                 | 21        |
| 1.6.1. Kontrola kvalitete izvođenja radova na obilježavanju kolovoza .....           | 21        |
| 1.6.2. Osiguranje kvalitete izvedenih radova koje provodi naručilac.....             | 22        |
| 1.7. Obračun rada .....                                                              | 23        |
| <b>2. UPUTA ZA POSTAVLJANJE VERTIKALNE SAOBRAĆAJNE (PROMETNE) SIGNALIZACIJE.....</b> | <b>24</b> |
| 2.1. Opis rada .....                                                                 | 25        |
| 2.2. Izrada .....                                                                    | 25        |
| 2.2.1. Boja – uslovi .....                                                           | 25        |
| 2.2.2. Dimenzioni zahtjevi .....                                                     | 25        |
| 2.2.3. Ugradnja i postavljanje .....                                                 | 25        |
| 2.3. Kontrola kvaliteta .....                                                        | 26        |
| 2.4. Obračun rada .....                                                              | 26        |
| <b>3. UPUTE ZA NABAVKU I UGRADNJU GARAŽNIH VRATA NA OBJEKTIMA COKP-a27</b>           |           |
| Uvod.....                                                                            | 28        |
| 3.1. Minimalni tehnički zahtjevi .....                                               | 29        |

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. UPUTA ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU KONSTRUKCIJE NADSTREŠNICA NA OBJEKTIMA CP-u .....</b> | <b>30</b> |
| Uvod.....                                                                                      | 31        |
| Zaključak.....                                                                                 | 33        |
| <b>5. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU ELASTIČNO ODBOJNE OGRADE NA AUTOCESTI .....</b>       | <b>34</b> |
| Uvod.....                                                                                      | 35        |
| 5.1. Odjeljak H . Zaštitna odbojna ograda .....                                                | 35        |
| 5.1.1. Član 86.(Zaštitna ograda) .....                                                         | 35        |
| 5.1.2. Član 87.(Izgled zaštitne ograde) .....                                                  | 36        |
| 5.1.3. Definicija odbojnika .....                                                              | 36        |
| Zaključak.....                                                                                 | 37        |
| <b>6. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU ZAŠTITNIH ZIDOVA PROTIV BUKE (BUKOBRANI).....</b>     | <b>39</b> |
| Uvod.....                                                                                      | 40        |
| 6.1. Minimalni tehnički zahtjevi .....                                                         | 42        |
| <b>7. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU ZAŠTITNE ŽIČANE OGRADE.....</b>                       | <b>43</b> |
| Uvod.....                                                                                      | 44        |
| 7.1. Minimalni tehnički zahtjevi .....                                                         | 45        |
| <b>8. UPUTA ZA IZGRADNJU BETONSKOG KOLOVOZA NA CP-u .....</b>                                  | <b>46</b> |
| Uvod.....                                                                                      | 47        |
| 8.1. Minimalni tehnički zahtjevi .....                                                         | 47        |
| 8.1.1. Geometrija .....                                                                        | 47        |
| 8.1.2. Kvalitet betonskog kolovoza.....                                                        | 47        |
| 8.1.3. Posebni zahtjevi .....                                                                  | 48        |
| <b>9. UPUTE ZA ENERGETSKO CERTIFICIRANJE OBJEKATA JP AUTOCESTA FBIH ..</b>                     | <b>49</b> |
| Uvod.....                                                                                      | 50        |
| 9.1. Uputa.....                                                                                | 50        |
| <b>10. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I UGRADNJU LED RASVJETE .....</b>                                | <b>52</b> |
| Uvod i područje primjene .....                                                                 | 53        |
| 10.1. Osnove za izradu projekta.....                                                           | 54        |
| 10.1.1.Svjetlotehnički parametri vanjske rasvjete .....                                        | 54        |
| 10.1.2.Osvjetljenje prema dužini tunela.....                                                   | 54        |
| 10.1.3.Osvjetljenje tunela prema dopuštenoj brzini vozila .....                                | 55        |
| 10.1.4.Podjela tunela na zone prema stepenu osvjetljenja.....                                  | 55        |
| 10.1.5.Treperenje uočljivo prilikom kretanja kroz tunel .....                                  | 56        |
| 10.1.6.Kontrasti prema načinu osvjetljenja tunela.....                                         | 56        |
| 10.1.7.Tehnički normativi .....                                                                | 56        |
| 10.2. Tehnički uvjeti .....                                                                    | 57        |
| 10.2.1.Tehničko rješenje .....                                                                 | 57        |
| 10.2.2.Napajanje cestovne rasvjete .....                                                       | 57        |
| 10.2.3.Nadzor i upravljanje .....                                                              | 57        |
| 10.2.4.Mjerenje .....                                                                          | 58        |

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 10.3. Dijelovi instalacija cestovne i tunelske rasvjete .....                          | 58        |
| 10.3.1.Stubovi .....                                                                   | 58        |
| 10.3.2.Svjetiljke .....                                                                | 58        |
| 10.3.3.Kablovi .....                                                                   | 59        |
| 10.3.4.Razdjelnici .....                                                               | 59        |
| 10.3.5.Razvodnici.....                                                                 | 59        |
| 10.4. Vizualno vođenje .....                                                           | 59        |
| 10.5. Utjecaj na okoliš.....                                                           | 59        |
| 10.6. Projektna dokumentacija .....                                                    | 60        |
| 10.7. Odstupanje od projektnog zadatka .....                                           | 60        |
| <b>11. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE SISTEMA SLABE STRUJE.....</b>                | <b>61</b> |
| 11.1. Upute za projektovanje sistema slabe struje .....                                | 62        |
| 11.1.1.Smjernice za projektovanje sistema slabe struje .....                           | 62        |
| 11.1.2.Strukturno kabliranje .....                                                     | 62        |
| 11.1.3.Mrežna infrastruktura .....                                                     | 63        |
| 11.1.4.Telefonija.....                                                                 | 63        |
| 11.1.5.Videonadzor .....                                                               | 63        |
| 11.1.6.Serveri i serverska platforma .....                                             | 63        |
| 11.1.7.Ostala komunikaciona i senzorska oprema .....                                   | 63        |
| <b>12. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA</b>                  |           |
| <b>U TUNELIMA .....</b>                                                                | <b>64</b> |
| Uvod.....                                                                              | 65        |
| 12.1. Otpornost na klizanje kolničke konstrukcije .....                                | 65        |
| 12.2. Vizuelnost, boja i kontrast .....                                                | 65        |
| 12.3. Podužna i poprečna ravnost kolovozne konstrukcije .....                          | 66        |
| 12.4. Uticaj umanjenja buke .....                                                      | 66        |
| 12.5. Otpornost na požar i posljedice po konstrukciju .....                            | 67        |
| 12.6. Održavanje kolovozne konstrukcije i cijena izgradnje .....                       | 68        |
| 12.7. Ocjena uporednih kriterija .....                                                 | 69        |
| Zaključak.....                                                                         | 70        |
| <b>13. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA</b>                  |           |
| <b>NA TRASI AC .....</b>                                                               | <b>74</b> |
| Uvod.....                                                                              | 75        |
| 13.1. Okvir unificirane kolovozne konstrukcije glavne trase autoceste .....            | 75        |
| 13.1.1.Sastav i vrste slojeva na glavnoj trasi (vozna i preticajna traka) autoceste .. | 75        |
| 13.1.2.Sastav i vrste slojeva na glavnoj trasi autoceste – zaustavna traka.....        | 77        |
| <b>14. UPUTA ZA PLANIRANJE I IZVOĐENJE ASFALTERSKIH RADOVA.....</b>                    | <b>78</b> |
| Uvod.....                                                                              | 79        |
| 14.1. Kalendarski okvir za planiranje i izvođenje asfaltnih radova na autocestama ...  | 79        |

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>15. UPUTA ZA ODOBRAVANJE MATERIJALA – FRAKCIONISANI AGREGAT .....</b>                  | <b>81</b>  |
| Uvod.....                                                                                 | 82         |
| 15.1. Minimalni zahtjevi za proizvođače frakcionisanih agregata.....                      | 82         |
| 15.2. Ocjena prihvatljivosti frakcionisanog agregata proizvedenih iz dolomitnih stijena.. | 82         |
| 15.3. Ocjena prihvatljivosti frakcionisanog agregata za habajući sloj autoceste .....     | 84         |
| Zaključak.....                                                                            | 86         |
| <b>16. UPUTA ZA PRIMJENU MIKRO – ARMIRANOG MLAZNOG BETONA.....</b>                        | <b>88</b>  |
| Uvod.....                                                                                 | 88         |
| 16.1. Tehničke prednosti mikro-armiranog mlaznog betona .....                             | 89         |
| 16.2. Vrste vlakana .....                                                                 | 90         |
| 16.2.1. Staklena vlakna (Glass fibers).....                                               | 90         |
| 16.2.2. Plastična vlakna (plastic fibers = synthetic fibers).....                         | 90         |
| 16.2.3. Karbonska vlakna (Carbon fibers).....                                             | 90         |
| 16.2.4. Čelična vlakna (Steel fibers).....                                                | 90         |
| 16.2.5. Važeće norme .....                                                                | 91         |
| 16.3. Dimenzioniranje-definiranje karakteristika .....                                    | 91         |
| 16.3.1. Predpostavke pri dimenzioniranju-definiranju karakteristika.....                  | 91         |
| 16.3.2. Definiranje mikroarmiranog betona .....                                           | 91         |
| 16.3.3. Predhodna ispitivanja .....                                                       | 91         |
| 16.3.4. Podgradna kategorija.....                                                         | 91         |
| 16.3.5. Korelacija RMR-a i Q-klasifikacije .....                                          | 93         |
| 16.4. Kontrola kvalitete .....                                                            | 93         |
| <b>17. UPUTA O OPTIČKIM MJERENJIMA KONVERGENCIJE U TUNELIMA.....</b>                      | <b>94</b>  |
| Uvod.....                                                                                 | 95         |
| 17.1. Potrebna dokumentacija.....                                                         | 95         |
| 17.2. Potrebna oprema .....                                                               | 95         |
| 17.3. Ugradnja kontrolnih mjernih profila .....                                           | 96         |
| 17.4. Učestalost mjerenja .....                                                           | 96         |
| 17.5. Mjerenje .....                                                                      | 97         |
| 17.6. Završne odredbe .....                                                               | 98         |
| <b>18. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE SIGURNOSNIH SISTEMA U TUNELIMA</b>                          |            |
| <b>NA KORIDORU Vc .....</b>                                                               | <b>100</b> |
| Uvod.....                                                                                 | 102        |
| 18.1. Osnovni podaci o tunelima na autocesti .....                                        | 103        |
| 18.2. Portalne transformatorske stanice .....                                             | 103        |
| 18.3. Tunelske transformatorske stanice .....                                             | 109        |
| 18.4. Sistem besprekidnog napajanja (UPS) .....                                           | 111        |
| 18.5. Srednjenaponsko napajanje transformatorskih stanica .....                           | 111        |
| 18.6. Tunelska rasvjeta .....                                                             | 112        |
| 18.7. Niskonaponsko napajanje i kablovski rzvodl .....                                    | 115        |

|                                                                                                         |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 18.8. Elektrotehnički projekat sistema ventilacije.....                                                 | 119        |
| 18.9. Sistem automatske dojava požara .....                                                             | 121        |
| 18.10. Automatska video detekcija incidenta .....                                                       | 123        |
| 18.11. Radiokomunikacijski sistem u tunelu .....                                                        | 126        |
| 18.12. Sistem ozvučenja u tunelu .....                                                                  | 128        |
| 18.13. Telefonski pozivni sistem (TPS).....                                                             | 129        |
| 18.14. Prometno informacioni sistem .....                                                               | 130        |
| 18.15. Osnovni principi projektovanja sistema ventilacije.....                                          | 136        |
| 18.16. Korišteni propisi i standardi .....                                                              | 143        |
| <b>19. UPUTA ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU ODRŽIVIH SISTEMA ODVODNJE<br/>NA AUTOCESTI U FBiH .....</b>   | <b>144</b> |
| Popis slika .....                                                                                       | 145        |
| Popis tabela .....                                                                                      | 146        |
| Opći podaci o projektu .....                                                                            | 147        |
| Uvod.....                                                                                               | 148        |
| 19.1. Odvodnja oborinskih voda sa trase autoceste .....                                                 | 149        |
| Uvod.....                                                                                               | 149        |
| 19.1.1.Projektni kriteriji.....                                                                         | 150        |
| 19.1.2.Sistem vanjske odvodnje .....                                                                    | 151        |
| 19.1.3.Sistem unutrašnje odvodnje .....                                                                 | 152        |
| 19.1.4.Plitke i duboke drenaže .....                                                                    | 177        |
| 19.1.5.Sistemi za prečišćavanje oborinskih voda sa kolovoza/sistemi vodozaštite .                       | 179        |
| 19.1.6.Lagune sa produženom retencijom .....                                                            | 187        |
| 19.1.7.Propusti .....                                                                                   | 189        |
| 19.1.8.Ispuštanje vode iz sistema vanjske i unutrašnje odvodnje .....                                   | 189        |
| 19.2. Sistem odvodnje objekata na autocestama ( Mostovi, Vijadukti,<br>Potputnjaci i Natputnjaci )..... | 191        |
| Uvod....                                                                                                | 191        |
| 19.2.1.Elementi sistema odvodnje objekata .....                                                         | 192        |
| 19.2.2.Hidraulički proračun sistema odvodnje objekata .....                                             | 201        |
| 19.2.3.Prečišćavanje i ispuštanje vode iz sistema odvodnje objekata .....                               | 201        |
| 19.3. Odvodnja u tunelima.....                                                                          | 201        |
| Uvod.....                                                                                               | 201        |
| 19.3.1.Sistem vanjske odvodnje - bočne drenaže .....                                                    | 201        |
| 19.3.2.Sistem odvodnje procjednih voda .....                                                            | 205        |
| 19.3.3.Sistem unutrašnje odvodnje .....                                                                 | 207        |
| 19.3.4.Sabirni centralni kolektor .....                                                                 | 212        |
| 19.3.5.CCTV inspekcija bočnih drenaža i centralnog sabirnog kolektora .....                             | 217        |
| 19.3.6.Sistemi za prečišćavanje zauljenih voda iz tunela/Sistemi vodozaštite .....                      | 217        |
| 19.3.7.Sistem protivpožarne zaštite tunela (hidrantska mreža).....                                      | 218        |

## **20. UPUTA ZA PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE MINERSKIH RADOVA**

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>NA PROJEKTIMA AUTOCESTE .....</b>                                                  | <b>224</b> |
| 20.1. Projektna dokumentacija .....                                                   | 225        |
| 20.1.1. Glavni projekat iskopa miniranjem .....                                       | 225        |
| 20.1.2. Izvedbeni projekat iskopa miniranjem .....                                    | 226        |
| 20.2. Izvođenje radova .....                                                          | 227        |
| 20.2.1. Stručno osoblje .....                                                         | 228        |
| 20.2.2. Miniranje .....                                                               | 228        |
| 20.3. Posebne mjere sigurnosti pri izvođenju minerskih radova .....                   | 232        |
| 20.3.1. Mjere sigurnosti kod neeksplozivne mine .....                                 | 232        |
| 20.3.2. Mjere sigurnosti od seizmičkog učinka miniranja .....                         | 232        |
| 20.3.3. Mjere sigurnosti od razbacivanja materijala .....                             | 232        |
| 20.3.4. Sigurnost od pojave udarnog vala .....                                        | 233        |
| 20.3.5. Sigurnost od pojave otrovnih, zagušljivih i toplotnih učinaka miniranja ..... | 233        |
| 20.3.6. Sigurnost od pojave metana ( CH <sub>4</sub> ) .....                          | 233        |

Na osnovu člana 27. Statuta JP Autoceste FBiH d.o.o. Mostar br. 1.1-2866-1/12 od 29.06.2012. godine i člana 10. tačka 3, člana 11. Poslovnika o radu Uprave 1.01-2131-8/14 od 10.04.2014. godine, Uprava na sjednici održanoj 11.06.2014. godine donosi:

## **Set uputa za projektovanje, nabavku, ugradnju i održavanje elemenata, objekata ili dijelova objekata na autocesti**

### **Uvod**

Prilikom pripreme projekata za izgradnju, same izgradnje i kasnijeg održavanja, utvrđeno je da su pojedini objekti, dijelovi objekata i neki elementi (signalizacija, zaštitne ograde, odbojne ograde, separatoti, prelazne naprave na objektima, itd.), na različitim dionicama (poddionicama) različito projektovani. Ta činjenica najviše je vidljiva kod kasnijeg održavanja, gdje se Sektor upravljanja i održavanja suočava sa problemima održavanja puno različitih sistema sa istom funkcijom.

Zbog svega gore navedenog, napravljen je tim stručnjaka iz Sektora projektovanja i građenje i Sektora upravljanja i održavanja, kako bi riješio navedeni problem, tj. što je više moguće unificirao sisteme iste funkcije na svim dionicama autoceste, te sačinio ove upute za projektante, nadzorne timove i izvođače.

Kod analize navednog problema, stručni tim je vodio računa da se primjenjuju najnoviji i u svijetu prihvaćeni standardi koji regulišu predmetne oblasti. Također su korištena iskustva sa dosadašnjih projekata, pozitivna inženjerska praksa, kao i projektna rješenja na svim izgrađenim i projektima koji su u izgradnji.

Temeljem svega navedenog, sačinjen je set uputa koji se sastoji od sljedećeg:

1. Upute za izradu horizontalne saobraćajne (prometne) signalizacije
2. Upute za postavljanje vertikalne saobraćajne (prometne) signalizacije
3. Upute za nabavku i ugradnju garažnih vrata na objektima COKP-a
4. Upute za projektovanje i izgradnju konstrukcije nadstrešnica na objektima CP-a
5. Upute za projektovanje i izgradnju elastično odbojne ograde na autocesti
6. Upute za projektovanje i izgradnju zaštitnih zidova protiv buke (bukobrani)
7. Upute za projektovanje i izgradnju zaštitne žičane ograde
8. Upute za izgradnju betonskog kolovoza na CP-u
9. Upute za energetsko certificiranje objekata JP Autocesta F BiH
10. Upute za projektovanje i ugradnju LED rasvjete
11. Upute za projektovanje i izvođenje sistema slabe struje
12. Upute za projektovanje i izvođenje kolvoznih konstrukcija u tunelima
13. Upute za projektovanje i izvođenje kolvoznih konstrukcija na trasi AC
14. Uputa za planiranje i izvođenje asfaltnih radova
15. Uputa za odobravanje materijala – frakcionisani agregat
16. Uputa za primjenu mikto – armiranog mlaznog betona
17. Uputa o optičkim mjerenjima konvergencije u tunelima
18. Upute za projektovanje sigurnosnih sistema u tunelima na Koridoru Vc
19. Uputa za projektovanje i izgradnju održivih sistema odvodnje na autocesti u FBiH
20. Uputa za projektovanje i izvođenje minerskih radova na projektima autoceste

**U slučaju eventualnih kolizija pojedinih uputa, uputa br.18 ima primat.**

U daljem tekstu opisane su upute.

## **1. UPUTA ZA IZRADU HORIZONTALNE SAOBRAĆAJNE (PROMETNE) SIGNALIZACIJE**

## Uvod

Upute za izradu horizontalne saobraćajne signalizacije obuhvataju postavljanje oznaka za regulisanje saobraćaja na kolovozu prema projektima saobraćajno tehničke opreme ceste, Pravilniku o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlaštena osoba ("Službeni glasnik BiH", br. 16/07) i ostaloj zakonskoj regulativi koja reguliše ovu oblast.

U ovim uputama je opisano sljedeće:

- Vrste, oblik, mjere i primjena horizontalne signalizacije na kolovozu;
- Kvalitet oznaka na kolovozu;
- Kontrola prometa tokom izvođenja radova na kolovozu;
- Uslovi za izvođenje oznaka na kolovozu;
- Ocjenjivanje kvaliteta oznaka na kolovozu i
- Obračun rada.

### 1.1. Vrste, oblik, mjere i primjena oznaka na kolovozu

Oznake na kolovozu su:

- 1) uzdužne oznake,
- 2) poprečne oznake i
- 3) ostale oznake na kolovozu i predmetima uz ivicu kolovoza.

Oznake na kolovozu uctavaju se, lijepe, ugrađuju ili utiskuju u kolovozni zastor i ne smiju smanjivati koeficijent trenja površine kolovoza. Oznake na kolovozu ne smiju biti više od 0.6cm iznad nivoa kolovoza.

Izuzetno, oznake na kolovozu (delineatori) kojima se označavaju središnje ili ivične linije na objektima ili devijacijama mogu biti viši od 0,6 cm iznad nivoa kolovoza. Njihova visina ne smije biti viša od 2,0 cm iznad nivoa kolovoza.

Tehnologija radova na izvođenju radova obnove ili izrade novih oznaka horizontalne signalizacije može biti bojom, hladnom plastikom ili hladnom plastikom u tehnologiji vibro trake.

Oznake na kolovozu su bijele boje.

Izuzetno, žutom bojom obilježavaju se:

- oznake mjesta na kolovozu i trotoaru na kojima je zabranjeno parkiranje,
- oznake parkirališnog mjesta za osobe sa invaliditetom,
- uređaji za smirivanje saobraćaja (umjetne izbočine i uzdignute površine) i
- oznake kojima se privremeno preusmjerava saobraćaj (privremeno reguliranje saobraćaja) i obilježavaju privremene opasnosti na kolovozu proistekle prilikom izvođenja radova na cesti.

### 1.1.1. Uzdužne oznake na kolovozu

Uzdužne oznake na kolovozu mogu biti razdjelne linije, ivične linije i linije upozorenja.

Razdjelna linija služi za razdvajanje dvosmjernih saobraćajnih površina prema smjerovima kretanja ili za razdvajanje saobraćajnih traka u istom smjeru kretanja.

Ivična linija obilježava ivicu vozne površine kolovoza i izdvaja kolovozne površine sa posebnom namjenom – trake za kretanje vozila javnog prijevoza putnika.

Razdjelna i ivična linija mogu se izvesti i kao zvučna ili vibraciona traka.

Oblik i mjere uzdužnih oznaka na kolovozu trebaju odgovarati zahtjevima iz BAS U.S4.221, BAS U.S4.222, BAS U.S4.223, BAS U.S4.224;

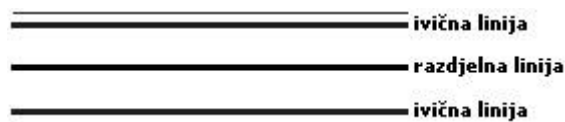
Širina središnje razdjelne linije prema širini saobraćajne trake:

- 1) preko 3,50 m – 20 cm;
- 2) 3 – 3,50 m – 15 cm;
- 3) 2,75 – 3,00 m – 12 cm,
- 4) 2,5 – 2,75 m – 10 cm.

Širina ivične i razdjelne linije je identična. Za standarde autoceste ona iznosi 20 cm.

Uzdužne linije na kolovozu izvode se kao pune, isprekidane i dvostruke linije i ivična linija.

Puna uzdužna linija (razdjelna i ivična) obilježava zabranu prelaska vozila preko te linije ili zabranu kretanja vozila po toj liniji (slika 1.)



Slika 1.

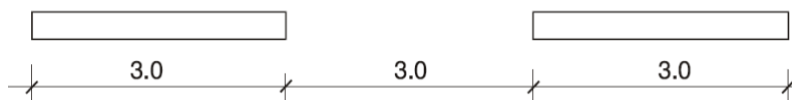
Isprekidana uzdužna linija može biti isprekidana razdjelna linija, kratka isprekidana linija, široka isprekidana linija i linija upozorenja. Isprekidana razdjelna linija dijeli kolovoz na saobraćajne trake (slika 2.).

Dužina praznog polja isprekidane razdjelne linije jednaka je dvostrukoj dužini punog polja na otvorenoj cesti i dozvoljenim brzinama > 60 km/h.



Slika 2.

Široka isprekidana linija služi kao ivična linija za razdvajanje tokova u raskrsnici na cestama izvan naselja i kao ivična linija za izdvajanje niša za skretanje i izlivanje, odnosno ulivanje na autocestama i cestama rezerviranim za saobraćaj motornih vozila, odnosno brzim cestama i najmanje je širine 30 cm (Slika 3.). Za standarde autoceste ona iznosi 50 cm. Dužina praznog polja široke isprekidane linije jednaka je dužini punog polja. Dužina iznosi 3.0 m.



Slika 3.

Linija upozorenja služi za najavljivanje blizine pune razdjelne linije (slika 4.).



Slika 4.

Udvojena razdjelna linija može biti udvojena puna, udvojena isprekidana i udvojena kombinirana.

Označavanje linije upozorenja može biti dopunjeno jednom ili više strelica, koje vozačima pokazuju koju saobraćajnu traku moraju koristiti.

### 1.1.2. Poprečne oznake na kolovozu

Poprečne su oznake:

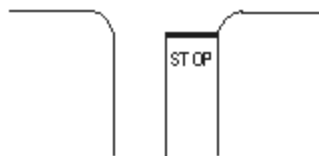
- 1) linija zaustavljanja,
- 2) kosnici,
- 3) graničnici,
- 4) pješački prelazi i
- 5) prelazi biciklističkih staza preko kolovoza.

Poprečne oznake na kolovozu obilježavaju se punim ili isprekidanim linijama i mogu biti povučene na kolovozu tako da zahvataju jednu ili više saobraćajnih traka.

Poprečne su oznake, s obzirom na ugao pod kojima ih vozač vidi, šire od uzdužnih oznaka.

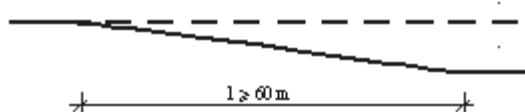
Oblik i mjere poprečnih oznaka na kolovozu trebaju odgovarati zahtjevima iz BAS U.S4.225, BAS U.S4.226, BAS U.S4.227, BAS U.S4.228;

Linija zaustavljanja može biti puna ili isprekidana. Puna linija zaustavljanja obilježava mjesto na kojem vozač mora zaustaviti vozilo. Ispred linije zaustavljanja može se na kolovozu ispisati riječ STOP (slika 5.). Za širinu saobraćajne trake od 3,00-3,50 m širina oznake iznosi 0,50 m;

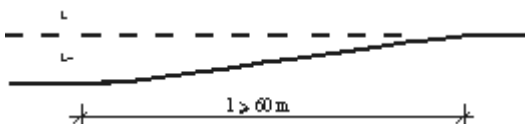


Slika 5.

Kosnici označavaju mjesto otvaranja izlivne trake (slika 6.) i zatvaranja ulivne trake (slika 7.) na autocesti, brzooj cesti, i cesti rezerviranoj za saobraćaj motornih vozila:



Slika 6.



Slika 7.

### 1.1.3. Ostale oznake na kolovozu i predmetima uz ivicu kolovoza

Ostale oznake na kolovozu i predmeti uz ivice kolovoza su strelice, polja za usmjeravanje saobraćaja, linije usmjeravanja, natpisi, oznake za označavanje saobraćajnih površina za posebne namjene, oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje i uzdužne oznake (oznake na predmetima uz ivicu kolovoza).

Za ostale oznake na kolovozu mora biti upotrijebljen materijal ili boja koji ne povećavaju klizavost kolovoza. Ove oznake ne smiju biti više od 0.6cm iznad razine kolovoza.

Oblik i mjere ostalih oznaka na kolovozu trebaju odgovarati zahtjevima iz BAS U.S4.229, BAS U.S4.230, BAS U.S4.231, BAS U.S4.232, BAS U.S4.233, BAS U.S4.234;

Strelicama na kolovozu se obilježava obavezan smjer kretanja vozila ukoliko su ucrtni u saobraćajnoj traci koja je oivičena punom razdjelnom linijom. Također, njima se obavještavaju vozači o namjeni saobraćajnih traka ukoliko su ucrtnane u traci koja je oivičena isprekidanom razdjelnom linijom.

Strelicama se može označiti:

- jedan smjer (slika 8.);
- dva smjera (kombinirana) (slika 9. i slika 10.);
- tri smjera (kombinirana);
- prestrojavanje na dva bliža ukrštanja, odnosno spajanja gdje se prestrojavanje mora obaviti prije prvoga ukrštanja, odnosno spajanja na kome je zabranjeno skretati u označenim smjerovima;
- smjer kretanja u garažama;
- skretanje saobraćaja;
- najava završetka pretjecanja.



Slika 8.



Slika 9.



Slika 10.

Polja za usmjeravanje saobraćaja označavaju površinu na kojoj je zabranjen saobraćaj i na kojoj nije dopušteno zaustavljanje i parkiranje vozila:

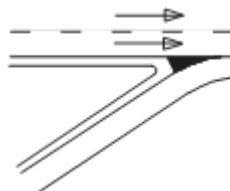
- između dvije trake sa suprotnim smjerovima (slika 11.);
- između dvije trake sa istim smjerovima (slika 12.);
- na mjestu otvaranja posebne trake za skretanje;
- ispred ostrva za razdvajanje saobraćajnih tokova;
- na ulaznom kraku na autocestu (slika 13.);
- na izlaznom kraku sa autoceste (slika 14.).



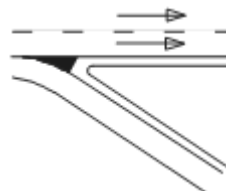
Slika 11.



Slika 12.



Slika 13.



Slika 14.

Linija usmjeravanja označava mjesto promjene slobodne površine kolovoza ispred čvrstih prepreka koje se nalaze na cesti ili na ivicama ceste.

Linije usmjeravanja mogu biti ispred ostrva za prestrojavanje vozila javnog prijevoza putnika, za oblikovanje prepreke na ivici ceste, te za označavanje promjene korisne površine kolovoza (slika 14.).



Slika 14.

Natpisi na kolovozu daju učesnicima u saobraćaju potrebne obavijesti, kao što su, na primjer riječi »STOP«, ali i nazivi mjesta »SARAJEVO« , »ENC« , ograničenja brzine itd.,

Nazivi mjesta se ispisuju na latiničnom pismu u Federaciji Bosne i Hercegovine a na ćirilčnom pismu u Republici Srpskoj.

Međunarodne oznake se ispisuju samo na latiničnom pismu.

Natpisi na kolovozu mogu biti izvedeni i kao umetnuti saobraćajni znakovi.

Obilježavanje mjesta za parkiranje vozila služi za označavanje prostora za parkiranje. Parkiranje u odnosu na ivicu kolovoza može biti uzdužno (slika 15.), pod uglom (slika 16.) i normalno (slika 17.).



Slika 15.

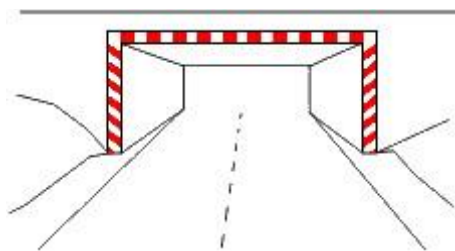


Slika 16.



Slika 17.

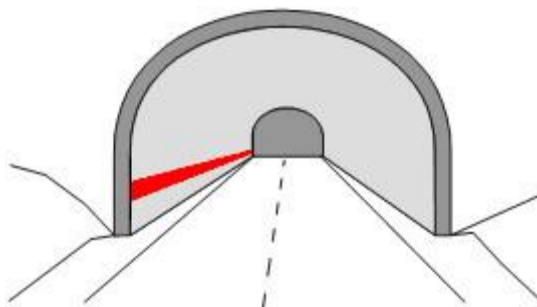
Elementi konstrukcije i opreme javnih cesta i drugih predmeta koji označavaju stalne prepreke unutar mjera saobraćajnog profila obilježavaju se crveno – bijelom, a slobodnog profila crno – bijelom oznakom (slika 18.).



Slika 18.

Evakuaciona linija na oblozi tunela obilježava se cijelom dužinom tunela sa strane na kojoj se nalaze ulazi u pješačke prolaze i prolaze za vozila, linijom širine 50 cm u crvenoj boji (RAL 2002) (slika 19).

Evakuaciona linija na oblozi tunela izvodi se tako da je donja ivica linije na visini od 90 cm od nivoa pješačkog hodnika.



Slika 19.

## 1.2. Boje dozvoljene za korištenje

Materijali za izvođenje radova na izradi horizontalne saobraćajne signalizacije na javnim cestama potrebno je da zadovoljavaju sljedeće norme:

- EN 1436:2007+A1:2008 – Osobine nužne za korisnike ceste
- EN 13197:2001 – Simulator istrošenosti
- EN 1871:2000 – Fizička svojstva

-

Prema navedenim normama definisana su dva sistema (tipa) oznaka na kolovozu i to:

- **Tip I** za dionice južno od čvorišta Mostar Sjever sa sljedećim karakteristikama:
  - Boja u debljini filma od 400 mic
  - Reflektirajuće perle 100 do 850 mic
  - Dobra dnevna vidljivost
  - Dobra noćna vidljivost u suhom
  - Slabija noćna vidljivost u vlazi i na kiši
- **Tip II** za dionice sjeverno od čvorišta Mostar Sjever sa sljedećim karakteristikama:
  - Boja u debljini filma od 600 mic
  - Reflektirajuće perle 200 do 1400 mic
  - Dobra dnevna vidljivost

- Dobra noćna vidljivost u suhom
- Dobra noćna vidljivost u vlazi i na kiši

### 1.2.1. Minimalni zahtjevi

Minimalni zahtjevi za bijelu boju koja se koristi za horizontalnu signalizaciju su prikazani u tabeli kako slijedi:

|               |
|---------------|
| Tip I, Tip II |
| Q2            |
| B2            |
| R2            |
| RW 1          |
| RR 1          |
| S1            |

### 1.3. Obrazloženje Sistema oznaka

#### 1.3.1. Osobine nužne za korisnike ceste - EN1436:2007+A1:2008

Osobine nužne za korisnike ceste su:

##### - Dnevna vidljivost

Referentni parametri (klase) za dnevnu vidljivost za suhe uslove su dati u sljedećoj tabeli

Tabela 1. – Referentni parametri (klase) dnevne vidljivosti za suhe uslove

| Boja cestovne oznake | Tip površine ceste      | Klasa | Minimalni koeficijent luminacije pod difuznom luminacijom $Q_d$ u mcd/m <sup>2</sup> lx |
|----------------------|-------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Bijela               | Asfaltni kolovoz        | Q0    | -                                                                                       |
|                      |                         | Q2    | $Q_d \geq 100$                                                                          |
|                      |                         | Q3    | $Q_d \geq 130$                                                                          |
|                      |                         | Q4    | $Q_d \geq 160$                                                                          |
|                      | Cement betonski kolovoz | Q0    | -                                                                                       |
|                      |                         | Q3    | $Q_d \geq 130$                                                                          |
|                      |                         | Q4    | $Q_d \geq 160$                                                                          |
|                      |                         | Q5    | $Q_d \geq 200$                                                                          |
| Žuta                 |                         | Q0    | -                                                                                       |
|                      |                         | Q1    | $Q_d \geq 80$                                                                           |
|                      |                         | Q2    | $Q_d \geq 100$                                                                          |
|                      |                         | Q3    | $Q_d \geq 130$                                                                          |

##### - Noćna vidljivost

Referentni parametri (klase) za noćnu vidljivost za suhe uslove su dati u sljedećoj tabeli

Tabela 2. – Referentni parametri (klase) noćne vidljivosti za suhe uslove

| Tip cestovne oznake | Boja cestovne oznake | Klasa | Minimalni koeficijent retroreflektirane luminacije RL u mcd/m <sup>2</sup> lx |
|---------------------|----------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Stalna              | Bijela               | R0    | -                                                                             |
|                     |                      | R2    | $R_L \geq 100$                                                                |
|                     |                      | R3    | $R_L \geq 150$                                                                |
|                     |                      | R4    | $R_L \geq 200$                                                                |
|                     |                      | R5    | $R_L \geq 300$                                                                |
|                     | Žuta                 | R0    | -                                                                             |
|                     |                      | R1    | $R_L \geq 80$                                                                 |
|                     |                      | R3    | $R_L \geq 150$                                                                |
|                     |                      | R4    | $R_L \geq 200$                                                                |
| Privremena          |                      | R0    | -                                                                             |
|                     |                      | R3    | $R_L \geq 150$                                                                |
|                     |                      | R5    | $R_L \geq 300$                                                                |

#### - Vidljivost u vlažnim uslovima

Referentni parametri (klase) vidljivosti za vlažne uslove su dati u sljedećoj tabeli.

Tabela 3. – Referentni parametri (klase) vidljivosti za vlažne uslove

| Uslovi vlažnosti                                        | Klasa | Minimalni koeficijent retroreflektirane luminacije RL u mcd/m <sup>2</sup> lx |
|---------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Vrijednosti dobivene 1 minutu nakon plavljenja površine | RW0   | -                                                                             |
|                                                         | RW1   | $R_L \geq 25$                                                                 |
|                                                         | RW2   | $R_L \geq 35$                                                                 |
|                                                         | RW3   | $R_L \geq 50$                                                                 |
|                                                         | RW4   | $R_L \geq 75$                                                                 |
|                                                         | RW5   | $R_L \geq 100$                                                                |
|                                                         | RW6   | $R_L \geq 150$                                                                |

#### - Vidljivost u uslovima kiše

Referentni parametri (klase) vidljivosti u uslovima kiše su dati u sljedećoj tabeli.

Tabela 4. – Referentni parametri (klase) vidljivosti u uslovima kiše

| Uslovi kiše                                                                                                                      | Klasa | Minimalni koeficijent retroreflektirane luminacije RL u mcd/m <sup>2</sup> lx |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Vrijednosti dobivene nakon najmanje 5 minuta izlaganja u skladu sa B.7 za vrijeme konstantne kiše u količini padanja od 20 mm/hh | RR0   | -                                                                             |
|                                                                                                                                  | RR1   | RL ≥ 25                                                                       |
|                                                                                                                                  | RR2   | RL ≥ 35                                                                       |
|                                                                                                                                  | RR3   | RL ≥ 50                                                                       |
|                                                                                                                                  | RR4   | RL ≥ 75                                                                       |
|                                                                                                                                  | RR5   | RL ≥ 100                                                                      |
|                                                                                                                                  | RR6   | RL ≥ 150                                                                      |

#### - Otpornost na klizanje

Referentni parametri (klase) otpornosti na klizanje su dati u sljedećoj tabeli

Tabela 5. – Referentni parametri (klase) otpornosti na klizanje

| Klasa | Minimalna vrijednost otpornosti na klizanje |
|-------|---------------------------------------------|
| S0    | -                                           |
| S1    | SRT ≥ 45                                    |
| S2    | SRT ≥ 50                                    |
| S3    | SRT ≥ 55                                    |
| S4    | SRT ≥ 60                                    |
| S5    | SRT ≥ 65                                    |

#### 1.3.2. Simulatori istrošenosti - EN 13197:2001

Simulatori istrošenosti predstavljaju vrijednost (količinu) broja prelaza (P) za vrijednosti: Q, B, R, RW, RR, SRT. Broj prelaza za pojedine klase saobraćaja je dat u sljedećoj tabeli.

Tabela 6. – Klase saobraćaja

| Klasa saobraćaja | Broj prelaza            |
|------------------|-------------------------|
| P0               | -                       |
| P1               | 0,5 x 10 <sup>5</sup>   |
| P2               | 1,0 x 10 <sup>5</sup>   |
| P3               | 2,0 x 10 <sup>5</sup>   |
| P4               | 5,0 x 10 <sup>5</sup>   |
| P5               | 1,0 x 10 <sup>6</sup>   |
| P6               | 2,0 x 10 <sup>6</sup>   |
| P7               | > 2,0 x 10 <sup>6</sup> |

### **1.3.3. Fizička svojstva - EN 1871:200**

Od fizičkih svojstava materijala ispituju se sljedeće vrijednosti:

- Dnevna vidljivost – faktor luminencije;
- x,y kromatske koordinate
- Pokrivenost (u skladu s ISO 2814)- min 95% za bijelu boju
- UV starenje
- Otpornost na propuštanje
- Alkalna otpornost
- Stabilnost pri skladištenju- min 4

Pored navedenih osobina, laboratorijskim testovima je potrebno analizirati i sljedeće:

- Gustoća (prema EN 12802)
- Viskoznost ili konzistencija (prema EN 12802)
- Vrijeme sušenja (prema EN 13197)
- Trajnost (prema EN 13197)

### **1.4. Kontrola prometa tokom izvođenja radova na kolovozu**

Prije početka radova na označavanju kolovoza izvođač treba izraditi projekat regulacije saobraćaja tokom izvođenja oznaka na kolovozu i za taj projekat dobiti saglasnost od naručitelja radova. Postupak postavljanja oznaka mora biti takav da se može izvoditi pod saobraćajem, bez narušavanja bezbjednosti za sudionike u saobraćaju i za ekipu koja radi na izradi oznaka na kolovozu. U tu svrhu se ne smije libiti od angažovanja saobraćajne patrola policije te se ne smije štedjeti na čunjevima koji se uklanjaju tek kada je boja potpuno suha.

Izvođač je odgovoran za ispunjavanje svih gore navedenih uslova, kao i za sve štetne posljedice koje su rezultat izvođenja predmetnih radova. Izvođač radova je odgovoran i za sve eventualne štete nastale špricanjem boje za oznake po vozilima u saobraćaju kao rezultat izvođenja predmetnih radova.

Naručilac radova se neće ni u kojem slučaju smatrati odgovornim za takve štete.

### **1.5. Uslovi za izvođenje oznaka na kolovozu**

#### **1.5.1. Vremenski uslovi**

Radovi na označavanju kolovoza izvode se pri temperaturi zraka od najmanje +10 stepeni C i najviše +30 C, te pri relativnoj vlažnosti zraka do najviše 85%. Optimalna vrijednost temperature zraka/vazduha je 20-25 stepeni C, a relativna vlažnost zraka manja od 75%. Podloga mora biti potpuno suha. Temperatura podloge se kreće od 5-45 stepeni C (BAS Z.S2.240).

### **1.5.2. Priprema površine kolovoza**

Prije nanošenja boje površina kolovoza mora biti potpuno suha, čista, bez prašine i ostataka soli. Uljne i druge masne mrlje moraju se ukloniti.

Izvođač radova izvršit će generalno čišćenje kolovoza na javnim cestama nakon završetka zimske službe, što se u pravilu obavlja u prvoj polovini mjeseca aprila (za dolinske trase), odnosno u drugoj polovini mjeseca aprila (za brdsko planinska područja), i to nije uključeno u jediničnu cijenu izrade oznaka na kolovozu. U jediničnu cijenu izrade oznaka na kolovozu uključeno je uklanjanje svih onečišćenja kolovoza neposredno prije izrade oznaka.

### **1.5.3. Strojevi i oprema za izvođenje oznaka na kolovozu**

Strojevi za izvođenje uzdužnih oznaka na kolovozu moraju biti automatizovani. Potrebna količina boje i staklenih kuglica (perle) regulira se automatskom opremom. Strojevi moraju biti tako podešeni da osiguravaju propisanu geometriju oznaka te jednolično nanošenje boje odnosno reflektirajućih staklenih kuglica. Ako se tokom rada uoče problemi u kvaliteti oznaka, nadzorni inženjer može zahtijevati od izvođača radova da osigura detaljne proizvođačke upute za rad sa opremom. Od izvođača radova će tada biti zahtijevano da koristi opremu prema navedenim uputama proizvođača opreme, s naglaskom na radnu brzinu opreme tokom izvođenja oznaka, ili izvede druga podešavanja sve dok se ne postigne po mišljenju nadzornog inženjera zadovoljavajuća kvaliteta izrade oznaka (mišljenje nadzornog organa mora biti potkrijepljeno mjerenjima i ispitivanjem shodno standardu Kvalitete).

## **1.6. Ocjenjivanje kvalitete oznaka na kolovozu**

### **1.6.1. Kontrola kvalitete izvođenja radova na obilježavanju kolovoza**

Radi utvrđivanja kvaliteta izvedenih oznaka, moraju se evidentirati sljedeći podaci o izvođenju radova na obilježavanju kolovoza:

- kategorija i dionica ceste,
- datum i vrijeme izvođenja radova,
- vrsta opreme,
- vrsta upotrijebljene boje i drugih materijala,
- debljina suhog i mokrog sloja oznake,
- potrošnja materijala po jedinici oznake,
- proračun debljine suhog sloja oznake/specifikacije proizvođača boje,
- vremenski uslovi u vrijeme izvođenja radova;

Kontrola debljine suhog i mokrog sloja (bez staklenih kuglica) oznake vrši se kontrolnim pločicama najmanje na svakih 2000-5000 m obilježenog kolovoza, odnosno najviše 4 uzorka na dan, posebno za središnje, rubne i druge vrste oznaka.

Izvođač radova odgovoran je za kontrolu kvalitete, te će sačiniti i provoditi efikasan plan kontrole kvalitete.

U sklopu kontrole kvalitete izvođač radova će mjeriti dnevnu i noćnu vidljivost portabl uređajem u periodu ne prije 30 dana i ne kasnije od 60 dana od datuma izvođenja oznaka. Mjerenja se

obavljaju na jednoj zoni dužine 500 m, na svakoj sekciji, pri čemu je sekcija dio oznake izveden s jednom ekipom tokom jednog dana. Početak zone za mjerenje je u prvoj trećini dužine sekcije. U svakoj zoni treba izvršiti 10 mjerenja dnevne i noćne vidljivosti na međusobnom rastojanju od 50 m. Početak i kraj zone treba označiti bojom u spreju na rubu kolovoza.

Ako je debljina suhog filma boje izvedene oznake jednaka ili veća od minimalno zahtijevane na tri od četiri uzorka koji se odnose na dnevnu izvedbu oznake, oznaka na toj sekciji će se prihvatiti. Ako više od jednog uzorka koji se odnosi na dnevnu izvedbu oznake nema minimalno zahtijevanu debljinu suhog filma boje, oznaka na toj sekciji se neće prihvatiti, a izvođač je mora obnoviti o svom trošku.

U slučaju da je dnevni uzorak iz bilo kojih razloga takav da iziskuje ispitivanje na manje od četiri uzorka, svi uzorci moraju zadovoljiti propisanu minimalnu debljinu suhog filma.

Ako 80% (8 ili više) očitavanja vidljivosti u jednoj zoni zadovoljava ili premašuje zahtijevanu minimalnu dnevnu i noćnu vidljivost, oznaka na toj sekciji će se prihvatiti. A ako manje od 80% (manje od 8) očitavanja vidljivosti u jednoj zoni zadovoljava zahtijevanu minimalnu dnevnu i noćnu vidljivost, oznaka na toj sekciji se neće prihvatiti, a izvođač je mora obnoviti o svom trošku.

#### **1.6.2. Osiguranje kvalitete izvedenih radova koje provodi naručilac**

U sklopu osiguranja kvalitete naručilac će provoditi mjerenja na dijelu izvedenih radova, svrha kojih je verifikacija i provjera podataka koje je dostavio izvođač radova u sklopu kontrole kvalitete. Ta mjerenja će se izvoditi tamo gdje izgled oznaka ukazuje na moguće greške u rezultatima mjerenja koje je proveo izvođač, te vizuelna zapažanja na moguće greške od strane naručioca.

Rezultati mjerenja koje je dostavio izvođač radova će se prihvatiti ako se odgovarajuće prosječne vrijednosti u sklopu kontrolnih ispitivanja koje je proveo izvođač ne razlikuju za više od 10% od prosječnih rezultata mjerenja koje je proveo naručilac za predmetnu sekciju.

Ukoliko se prosječni rezultati oba mjerenja na nekim sekcijama razlikuju za više od 10%, izvođač radova dužan je ponoviti mjerenja u prisustvu naručioca, i ti rezultati će se prihvatiti kao tačni. Za vrijeme trajanja garantnog roka od 6 mjeseci, naručilac će vizuelno kontrolisati stanje oznaka u pogledu njihove oštećenosti (pukotine, tečenje materija, ljuštenje, gubitak boje i sl). Ukoliko navedena oštećenja zahvate više od 90% površine pojedine izvedene oznake, izvođač će u slučaju da to vremenske prilike omogućavaju obnoviti istu na tom dijelu o svom trošku, a s obnovom započeti najkasnije u roku od 7 dana nakon pismene obavijesti od strane naručioca. Ako se takav nedostatak pojavi tokom garantnog roka, a nakon 15.10. tekuće godine, izvođač neće bez posebnog odobrenja od strane naručioca obnavljati oštećeni dio oznake već će se taj nedostatak naplatiti sa iznosa garancije za garantni rok u iznosu 30% ugovorene vrijednosti oznake na tom oštećenom dijelu.

Oštećenje oznake koje je posljedica oštećenja kolovoza neće se uzimati u obzir prilikom utvrđivanja oštećenja oznaka.

### **1.7. Obračun rada**

Rad se mjeri dužnim metrom neto izvedenih uzdužnih i poprečnih oznaka i kvadratnim metrom ostalih oznaka na kolovozu. Naplaćuje se ugovorenom jediničnom cijenom u kojoj je sadržan sav pisani rad, materijal, transport, obilježavanje, markiranje, opisana kontrola kvaliteta, kao i sve ostalo potrebno za izvedbu ovog rada.

## **2. UPUTA ZA POSTAVLJANJE VERTIKALNE SAOBRAĆAJNE (PROMETNE) SIGNALIZACIJE**

## **2.1. Opis rada**

Ovaj rad obuhvaća izradu, nabavku i postavljanje svih vrsta saobraćajnih znakova prema projektu saobraćajne opreme ceste. Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, Pravilnikom o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba („Službeni glasnik BiH“ broj 16/07), važećim normama i zahtjevima nadzornog inženjera.

## **2.2. Izrada**

Saobraćajni znakovi svojom vrstom, značenjem, oblikom, bojom, veličinom i načinom postavljanja trebaju biti u skladu s "Pravilnikom o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba", te važećim normama u Bosni i Hercegovini.

### **2.2.1. Boja – uslovi**

Boja poledine podloge znaka mora biti sive boje i bez sjaja, kako bi se spriječilo odvrćanje pažnje vozačima. Površina saobraćajnih znakova izrađuje se od materijala retroreflektirajućih svojstava za autoceste i ceste namijenjene isključivo prometu motornih vozila - brze ceste, najmanje klase II.

### **2.2.2. Dimenzioni zahtjevi**

Dimenzije znakova određene su "Pravilnikom o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba" i važećim normama.

Pri izradi vertikalne saobraćajne signalizacije treba primijeniti retroreflektivnu foliju minimalno klase retrorefleksije 2 - "High Intensity Grade", stabilnu na ultraljubičasto zračenje i koja je aplikacijom nanešena na aluminijskom limu debljine od 2 do 3 mm, sa pojačanim okvirom i vodoravnim ojačanjima, što garantuje kvalitetu i trajnost saobraćajnih znakova.

Saobraćajni znakovi većih dimenzija, čija površina iznosi više od 2 m<sup>2</sup>, izrađuju se od profiliranih segmenata visine 20 cm s utorima za pričvršćenje i spajaju se na mjestu postavljanja u jednu cjelinu.

### **2.2.3. Ugradnja i postavljanje**

Pričvršćivanje saobraćajnih znakova mora biti izvedeno na način da s prednje strane znaka nema vidljivog mjesta pričvršćivanja. Pri tome treba obratiti posebnu pažnju da se ne primjenjuju vijci i pločice od drugih tipova materijala (željezo i sl.) radi pojave elektrolize. Elementi za pričvršćenje moraju biti izvedeni tako da se onemogući okretanje saobraćajnog znaka oko osi stuba.

Saobraćajni znakovi pričvršćuju se na stubove nosače promjera  $\phi$  63,5 mm, koji su izrađeni od Al ili Fe čeličnih šavnih cijevi i zaštićeni protiv korozije postupkom vrućeg cinčanja.

Na trasi autoceste saobraćajni znakovi (ploče) koji imaju velike površine iz razloga statičke stabilnosti montiraju se sa desne strane kolnika na I profile ili konzolne stubove - nosače, ukoliko se ploče montiraju iznad kolnika na portale potrebno je dodatno osiguranje (sajle). Veliki znakovi pravougaonoga oblika postavljaju se na dva ili više stubova, a iznimno veliki na nosivu konstrukciju za koju je potreban posebni statički proračun. Proračun treba uzeti u obzir lokalne meteorološke uvjete (učestalost, jačina i smjer vjetrova, snijeg) i težinu i površinu prometnog znaka.

Pri postavljanju saobraćajni znak treba zakrenuti za 3° u odnosu na os saobraćajnice da se izbjegne intenzivna refleksija i smanji kontrast oznaka, znaka i pozadine koja je osvijetljena. Na isti se stub ne smije postaviti više od dva saobraćajna znaka.

Saobraćajni znak postavlja se na visini od 1,20 do 1,40 m od površine kolnika do donjeg ruba znaka ili dopunske ploče postavljene ispod znaka, sa desne strane kolnika. Izuzetak su saobraćajni znakovi za obavezno obilaženje i kružni tok saobraćaja, znakovi za cestovne objekte (tunel, vijadukt i sl.), te znakovi broja autoceste, brze ceste, magistralne ceste, kilometarske oznake autoceste ili brze ceste i oznake dionica magistralne ceste, koji se postavljaju na visini od 80 do 120 cm.

Saobraćajni znakovi koji su smješteni iznad kolnika postavljaju se na visini od min 4,8 m od donjeg ruba znaka do razine kolnika, u pravilu se prometni znakovi postavljaju na visini od 5,0 m iznad kolnika.

Najmanji vodoravni razmak saobraćajnog znaka od desnog ruba kolnika mora biti 0,5 m (za standardne dimenzije), a znak većih dimenzija min. 1,5 m (1,0 m). U središnjem pojasu vodoravni razmak saobraćajnog znaka od lijevog ruba kolnika mora biti min 0,75 m. Stub saobraćajnog znaka postavlja se u pravilu najviše 2,0 m od ruba kolnika.

Temelji stubova - nosača saobraćajnih znakova se rade na osnovu smjernica i standarda koji vrijede u Bosni i Hercegovini.

### **2.3. Kontrola kvaliteta**

Materijali od kojih se izrađuju znakovi i stubovi određeni su normama, a za sve materijale izvođač mora na svoj trošak prije ugradnje osigurati dokaze da imaju potrebni kvalitet. Originale dokaza treba predati nadzornom inženjeru.

### **2.4. Obračun rada**

Rad obuhvaća izradu i isporuku saobraćajne signalizacije, nabavku, prijevoz i postavljanje saobraćajnog znaka sa stubom i temeljem. Obračunava se prema broju postavljenih znakova određenih dimenzija, uključujući stubove i temelje, pri čemu se razlikuju lokacije prema broju znakova na jednom stubu (stub s jednim znakom - stub s dva znaka), te lokacije s nosivom konstrukcijom (portal ili konzolni stub).

### **3. UPUTE ZA NABAVKU I UGRADNJU GARAŽNIH VRATA NA OBJEKTIMA COKP-a**

## Uvod

Obzirom da se javila potreba za nabavkom garažnih vrata na COPK-u, a da ista nisu obrađena domaćim standardima, kao i činjenica da na tržištu postoji velika varijacija u kvalitetu cijeni i zahtjevima koja vrata trebaju da ispunjavaju, radi potrebe unificiranja zahtjeva koje vrata moraju ispunjavati, izvršili smo tehničku analizu, te definisali minimalne potrebe zahtjeve koja vrata trebaju ispunjavati.

U analizi, korišteni su dostupni standardi, odnosno evropske norme, kojima su regulisane pojedine oblasti u smislu tehničkih zahtjeva garažnih vrata, istraživanje lokalnog tržišta kako bi se izvršila procjena dostupnosti zahtijevanih artikala, kao i procjena stvarnih uslova funkcionisanja vrata i arhitektonsko građevinskih zahtjeva samog objekta u koji se ugrađuju.

Prilikom definisanja minimalnih uslova, napravili smo regionalnu podjelu, prema geografskoj lokaciji mjesta ugradnje vrata i specifičnim klimatsko temperaturnim uslovima na koje garažna vrata moraju odgovoriti. Takođe su sagledani mogući arhitektonsko-građevinski uslovi pojedinog projekta, gdje je ustanovljeno da može postojati varijacija u minimalnim zahtjevima, u smislu ispunjavanja predviđene funkcije, kako bi vrata u što boljoj mjeri odgovorila zahtjevima projekta.

Nakon sagledavanja realnih uslova funkcionisanja garažnih vrata, konsutovali smo evropske norme kako bi tačno definisali potrebne klase pojedinih zahtjeva.

Prilikom analize korišteni su sljedeće norme:

- 1) EN 12424 – Otpor na opterećenje vjetrom.
- 2) EN 12425 – Otpornost na upijanje vode.
- 3) EN 12426 – Propusnost na zrak.
- 4) EN 13241 prilog B EN 12428 – Toplinska izolacija.

Na osnovu sagledavanja svih činjenica i gore navedenih dokumenata, dajemo prijedlog minimalnih tehničkih uslova koje je potrebno da zadovolje garažna vrata na objektima COPK-a.

### 3.1. Minimalni tehnički zahtjevi

Tabela 1. - Minimalni tehnički zahtjevi

|                                                                                 | Praonica        |            | Garaža za teretna vozila       |            | Auto mehaničarska radnja       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
|                                                                                 | Regija 1*       | Regija 2** | Regija 1*                      | Regija 2** | Regija 1*                      | Regija 2** |
| Dimenzije                                                                       |                 |            |                                |            |                                |            |
| - Visina                                                                        | do 7,0 metara   |            | do 7,0 metara                  |            | do 7,0 metara                  |            |
| - Širina                                                                        | Prema projektu  |            | Prema projektu                 |            | Prema projektu                 |            |
| Otpor na opterećenje vjetrom EN 12424                                           | Klasa 2         | Klasa 3    | Klasa 2                        | Klasa 3    | Klasa 2                        | Klasa 3    |
| Nepropustnost za vodu EN 12425                                                  | Klasa 3         | Klasa 3    | Klasa 3                        | Klasa 3    | Klasa 3                        | Klasa 3    |
| Propustnost na zrak EN 12426                                                    | Klasa 2         |            | Klasa 2                        |            | Klasa 2                        |            |
| Zvučna izolacija                                                                | Bez zahtijeva   |            | Bez zahtijeva                  |            | Bez zahtijeva                  |            |
| Toplinska izolacija (prilog B EN 12428) (U=W/m2K)                               | od 1,5 do 4,3   |            | od 1,5 do 4,3                  |            | od 1,5 do 4,3                  |            |
| Način otvaranja - Električno podizanje vrata sa mogućnosti manuelnog otvarajna. | Da              |            | Da                             |            | Da                             |            |
| Mogućnost prirodnog osvjetljenja                                                | Bez mogućnosti  |            | Bez mogućnosti/ Nije neophodno |            | Bez mogućnosti/ Nije neophodno |            |
| Zaštita od korozije                                                             | Da              |            | Da                             |            | Da                             |            |
| Otpornost na agresivnu sredinu                                                  |                 |            |                                |            |                                |            |
| A) otpornost na soli                                                            | Da              | Ne         | Da                             | Ne         | Da                             | Ne         |
| B) otpornost na ulja                                                            | Da              |            | Da                             |            | Da                             |            |
| Sigurnosna zaštita - Osiguranje protiv propadanja                               | Da              |            | Da                             |            | Da                             |            |
| Broj ciklusa otvaranje zatvaraje                                                | min 25.000 puta |            | min 25.000 puta                |            | min 25.000 puta                |            |
| Garancija na 5 godina                                                           | Da              |            | Da                             |            | Da                             |            |

Regija 1\* – Područje Bosne, karakteristično učestalo pojavljivanje snijega, niske temperature u zimskom periodu, karakteristični zimski uslovi održavanja ceste.

Regija 2\*\* – Područje Hercegovine, karakteristična pojava jakog vjetra, rijetka pojava zimskih uslova održavanja ceste.

Kvalitet toplinske izolacije se bira na osnovu specifičnih potreba projektnog rješenja.

#### **4. UPUTA ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU KONSTRUKCIJE NADSTREŠNICA NA OBJEKTIMA CP-u**

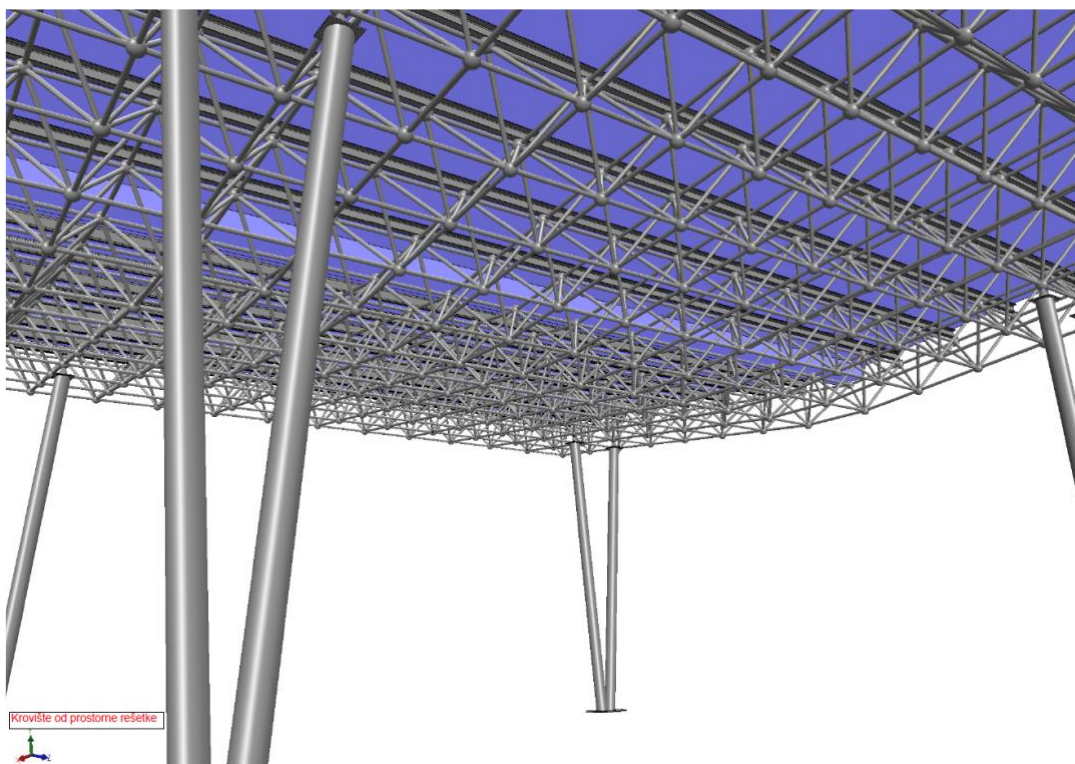
## Uvod

Sa ciljem unificiranja rješenja konstrukcije nadstrešnice na objektima CP-a, sačinjena je ova uputa za sve projektante, nadzorne timove i izvođače, tj za sve projekte koju su u fazi projektovanja, pripreme za građenje i onih koji su u izgradnji.

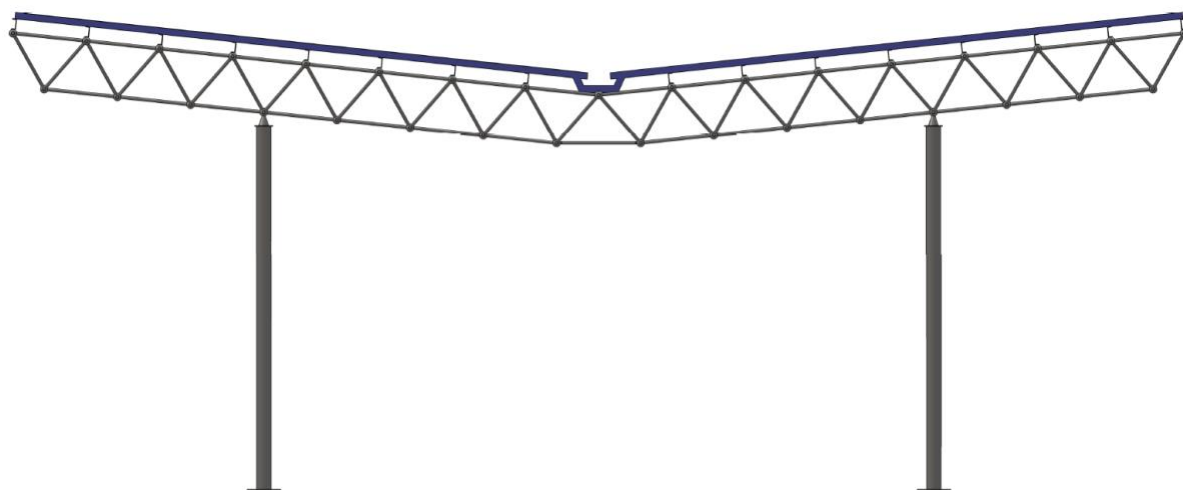
Na naplatnim mjestima autoceste A1, zastupljene su dvije varijante nadstrešnice, i to:

- Nadstrešnica od prostorne rešetke izgrađene od čeličnih cijevi (varijanta „A“)
- Nadstrešnica od valjanih čeličnih profila (varijanta „B“)

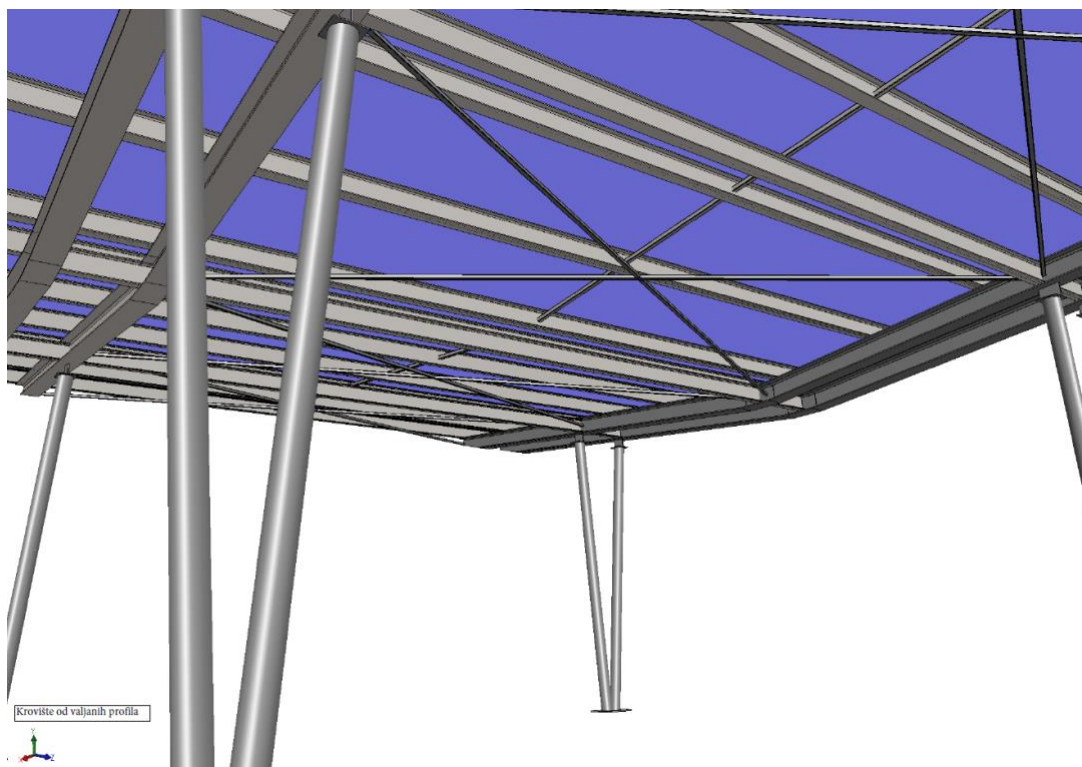
Navedeni tipovi nadstrešnica zastupljenih na naplatnim mjestima autoceste A1 predloženi su na slikama u nastavku.



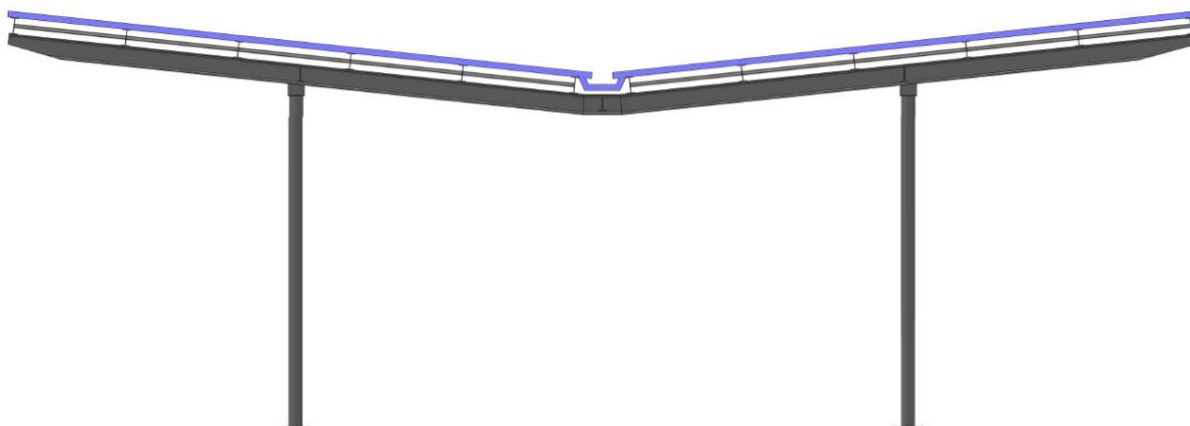
**Slika 1.** Nadstrešnica od prostorne rešetke izgrađene od čeličnih cijevi (varijanta „A“) – pogled odozdo



**Slika 2.** Nadstrešnica od prostorne rešetke izgrađene od čeličnih cijevi (varijanta „A“) – poprečni presjek



**Slika 3.** Nadstrešnica od valjanih čeličnih profila (varijanta „B“) – pogled odozdo



**Slika 4.** Nadstrešnica od valjanih čeličnih profila (varijanta „B“) – poprečni presjek

Moramo istaći da su oba tipa sa stanovišta arhitektonskog oblikovanja, kao i sa stanovišta konstrukcionog oblikovanja, prihvatljiva.

Parametri koji su razmatrani sa ciljem unificiranja su svedeni na ekonomsku analizu ukupne investicije. Ekonomska analiza ukupne investicije je izražena preko:

- Investicije izgradnje
- Investicije održavanja

Detaljna ekonomska analiza navedenih parametara, urađena od strane stručnjaka, neće biti prikazana u ovom dokumentu, ali zaključci su sljedeći:

- Ekonomskom analizom investicije izgradnje utvrđeno je da je konstrukcija od valjanih čeličnih profila (varijanta „B“) skuplja za oko 40% u odnosu na konstrukciju od prostorne rešetke (varijanta „A“)
- Ekonomskom analizom investicije održavanja, gdje su obuhvaćeni parametri čišćenja i nanošenja antikorozivne zaštite i to za period od 40 godina, utvrđeno je da je konstrukcija od valjanih čeličnih profila (varijanta „B“) i do 5 puta jeftinija u odnosu na konstrukciju od prostorne rešetke (varijanta „A“).

## **Zaključak**

Iz svega gore navedenog zaključujemo da JP Autoceste FBiH trebaju koristiti konstrukcije nadstrešnica od čeličnih valjanih profila, jer je ukupna investicija i pored većih početnih investicionih ulaganja, znatno jeftinija, te takvu uputu dostaviti svim projektantima, nadzornim timovima i izvođačima.

## **5. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU ELASTIČNO ODBOJNE OGRADE NA AUTOCESTI**

## Uvod

Zakonska regulativa za zaštitne odbojne ograde na cestama:

- Pravilnik o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlaštena osoba (Službeni glasnik BiH, broj 16/07)
- (JUS U.S4.110, 1984 )
- (EN 1317) – europski standard od 1993 godine. Europska norma 1317 je harmoniziovana 01.01.2008 sa prelaznim vremenom od 3 godine, tako da je od 01.01.2011 u zemljama EU dozvoljena samo upotreba zaštitnih ograda certificiranim po tom standardu, tj. sa CE sertifikatom.

U pravilniku o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlaštena osoba je propisano u odjeljku H, koji sljedi.

### 5.1. Odjeljak H . Zaštitna odbojna ograda

#### 5.1.1. Član 86.(Zaštitna ograda)

- 1) Zaštitna ograda je tehnička sigurnosna konstrukcija kojoj je osnovna svrha spriječiti klizanje vozila s (planuma) ceste, odnosno zadržati vozila skrenuta s kolovoza.
- 2) Zaštitna ograda se izrađuje od čelika, betona (tip New Jersey), ili kombinirana.
- 3) Zaštita ograda mora se postaviti:
  - u razdjelnom pojasu, zavisno od intenziteta saobraćaja
  - na cestovnom objektu,
  - kad je cesta na nasipu višem od 3.0 m
  - ispred opasnog mjesta (bočne opasnosti),
  - u blizini druge saobraćajne površine (željezničke pruge, vodene površine), izuzev površina namijenjenih pješačkom saobraćaju.

Klasa zaštitne ograde zavisi od kategorije ceste:

| Kategorija ceste                                                             | Ivica kolovoza | Razdjelni pojas | Objekat |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|---------|
| Autocesta<br>Brza cesta<br>Cesta rezerviran za saobraćaj motornih vozila     | H2–H1          | H2              | H3 – H2 |
| Magistralna cesta<br>Regionalna cesta<br>Gradske saobraćajnice visokog ranga | H1             | –               | H2      |
| Ostale ceste                                                                 | N2             | –               | H1 – H2 |

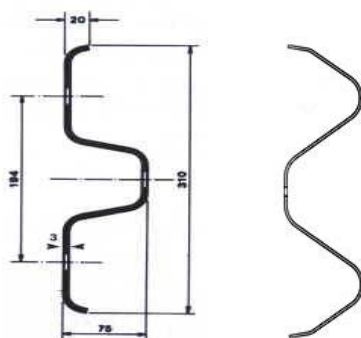
### 5.1.2. Član 87.(Izgled zaštitne ograde)

Zaštitna ograda mora biti opremljena retroreflektirajućim oznakama – katadiopterima (VIII-3), na desnoj strani u smjeru vožnje crvene boje, a s lijeve strane bijele boje. Na kolovozu sa jednosmjernim saobraćajem retroreflektirajuće oznake su, s obje strane, crvene boje.

Prema zakonskoj osnovi U BiH kako je propisano i navedeno u pravilniku o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlašćena osoba zaštitna ograda se ugrađuje i postavlja u skadu sa EN 1317, a poštujući zakonske regulative.

### 5.1.3. Definicija odbojnika

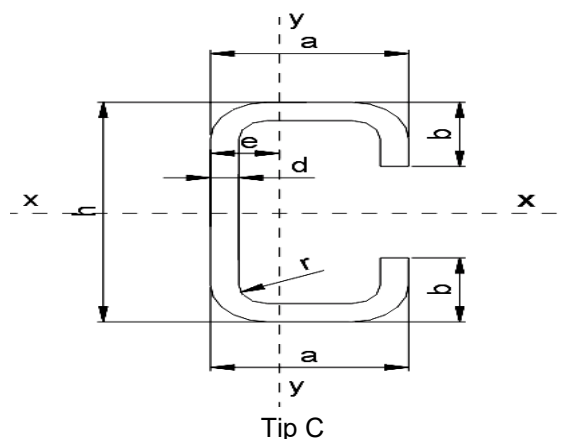
Plašt je jedan od osnovnih elemenata čelične zaštitne ograde, izrađen je od toplovaljane čelične trake Č.0361, debljine 3 mm hladno oblikovane u profil. Na krajevima plašta nalaze se otvori međusobno spajanje, vijčanim spojem. Prema potrebi isporučuje se zakrivljeni, tako da se slijedi zakrivljenost puta.



Tip A



Tip B



Visina sustava protiv zasljepljivanja ovisi o općenitim uvjetima, kao što su relativne razine glavnih svjetala vozila i visina očiju vozača koja dolaze iz suprotnog smjera. Prema Europskoj normi EN 12676-1, visina sustava od 1,18 m iznad površine kolnika zaštititi će vozače lakih motornih vozila od svih upadnih zraka koje mogu prouzročiti njihovo zasljepljivanje, dok sustav visine 1,67 m u potpunosti štiti vozače teških motornih vozila.

Visina zaštitnih odbojnih ograda u odnosu na kolovoz se razlikuje zavisno od klase ograde.

Odbojne ograde klase zaštite H2 (tip dvoredni) i H3 (tip troredni) zbog svoje visine mogu poslužiti (posebno u naseljenim mjestima) za spriječavanje prelaska „ljudi“ preko autoceste.

## Zaključak

Polazeći od europskih normi i standarda koji se koriste u našoj zemlji, uvidom u poglavlje E glavnih projekata dionica u pripremi i izgradnji, snimanja zaštitnih odbojnih ograda na izgrađenoj dionici autoceste A1, dionica Kakanj – Jošanica, te iskustva sa aspekta održavanja, zaštite i sigurnosti saobraćaja na autocesti uvidjeli smo sljedeće:

- Uvidom u glavne projekte izgradnje dionica (Počitelj – Bijača, Lopenica – Tarčin, Vlakovo – Lepenica, Drivuša – Bilješevo) zapaženo je da su projektanti, na otvorenoj trasi, predvidjeli zaštitnu odbojnu distantnu ogradu visoke klase H1 i H2 i to klasu H2 u razdjelnom pojasu, a klasu H1 ili H2 uz ivice kolovoza, što je u skladu sa europskom normom 1317 i našom zakonskom regulativom.
- Izlaskom na trasu izgrađene dionice autoceste A1 Kakanj – Jošanica utvrđeno je da je na poddionici Visoko – Jošanica postavljena jednostrana oграда bez distancera uz ivice kolovoza, a u razdjelnom pojasu dvostrana distantna odbojna oграда. Obje navedene ograde imaju plašt „B“. Ograde su projektovane prije stupanja na snagu Pravilnika o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlaštena osoba (Službeni glasnik BiH, broj 16/07) tako da o njima možemo govoriti samo sa vizuelnog aspekta.

Na poddionici Kakanj – Visoko je postavljena jednostrana distantna oграда kako na ivicama kolovoza tako i u razdjelnom pojasu zbog rigola koji prolazi kroz razdjelni pojas. Oграда posjeduje plašt „B“ te prema vizuelnom pregledu pripada visokoj klasi zaštite.

Zbog perioda izgradnje i izmjene standarda u ovoj oblasti ne možemo izgrađenu dionicu smatrati referentnom za osnovu unificiranja zaštitnih odbojnih ograda.

- Visina sistema protiv zasljepljivanja ovisi o općenitim uvjetima, kao što su relativne razine glavnih svjetala vozila i visina očiju vozača koja dolaze iz suprotnog smjera. Prema Europskoj normi EN 12676-1, visina sistema od 1,18 m iznad površine kolovoza zaštitit će vozače lakih motornih vozila od svih upadnih zraka koje mogu prouzročiti njihovo zasljepljivanje, dok sustav visine 1,67 m u potpunosti štiti vozače teških motornih vozila. Imajući u vidu navedeno, postavljanje odbojnih ograda klase H2 dvorednog tipa (zbog svoje visine koja iznosi cca. 1100 mm) u odnosu na ograde klase H1 i H2 (visina cca. 750 mm) u razdjelnom pojasu, ima svoju opravdanost i sa aspekta podizanja nivoa usluge autoceste, zaštite od zasljepljivanja te smanjenja potrebe za dodatnom zaštitom od zasljepljivanja korisnika autoceste.
- Imajući u vidu dosadašnje iskustvo stečeno tokom eksploatacije izgrađene dionice autoceste, vrijedi razmisliti i o postavljanju odbojne ograde klase H3 (visina cca. 1650 mm) u zonama trase gdje bi se mogla predvidjeti pojava prelaženja autoceste od strane pješaka (odmorišta, naselja ili slično). Ograda bi pored povećanja sigurnosti saobraćaja imala i funkciju fizičke prepreke te onemogućila namjeru prelaska preko autoceste.

Dakle, iz navedenog, zaključak bi bio sljedeći:

- **U razdjelnom pojasu potencirati na zaštitnoj odbojnoj ogradi minimalno klase H2 po mogućnosti dvorednog tipa, u posebnim uslovima i H3;**
- **Uz lijevu i desnu stranu autoceste imati odbojnu distantnu ogradu minimalno klase zaštite H1. Prema potrebi, kada to uslovi terena zahtjevaju projektant će projektom uključiti i odbojne distantne ograde veće zaštitne klase: H2, H3, i izuzetno H4a i H4b.**

## **6. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU ZAŠTITNIH ZIDOVA PROTIV BUKE (BUKOBRAŃI)**

## Uvod

Svrha postavljanja zaštitnih zidova od buke je ublažiti posljedice zagađenja bukom u urbanim sredinama i stvoriti pozitivno okruženje za život ljudi.

Odabir mjesta postavljanja zaštitnih zidova, visinu zidova i kvalitet apsorpcije buke, projektant bira na osnovu modela proračuna buke. Zaštitni zidovi se postavljaju uglavnom u urbanim područjima gdje nivo buke izazvan motornim saobraćajem prelazi dozvoljen zakonski propisan nivo buke.

Obzirom na relativno velike troškove izgradnje i održavanja zaštitnih zidova od buke, radi optimizacije troškova, javlja se potreba unifikacije zaštitnih zidova od buke.

Radi lakšeg odabira odgovarajuće konstrukcije, definisani su osnovni zahtjevi na koje zaštitni zidovi od buke moraju odgovoriti.

| Zahtjevi za zvučne barijere. |                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arhitektonski zahtjevi       | > Vizuelno uklapanje u sredinu.                                                                                                                                                                  |
|                              | > Izbjegavanje monotonog izgleda zida.                                                                                                                                                           |
|                              | > Stvaranje ekološki prihvatljivog okruženja.                                                                                                                                                    |
|                              | > Stvaranje pozitivnog psihološkog aspekta za vozače usljed promjene ritma ponavljanja istih segmenata, primjene raznolike teksture i boja, razbijenih formi i promjene visine zvučnih barijera. |
|                              | > Postavljanje izlaza u slučaju nužde.                                                                                                                                                           |
| Zahtjev funkcionalnosti      | > Ispunjavanje zahtjeva apsorpcije i refleksije buke na osnovu proračuna buke.                                                                                                                   |
| Konstruktivni zahtjevi       | > Priložen dokaz stabilnosti za svaki pojedini dio barijere kao i barijeru kao cjelinu.                                                                                                          |
|                              | > Primjena standardizovanih materijala.                                                                                                                                                          |
| Primjena montažnih sistema   | > Povećanja brzina izvođenja.                                                                                                                                                                    |
|                              | > Umanjenje troškova.                                                                                                                                                                            |
|                              | > Unificiranje sistema montaže.                                                                                                                                                                  |
|                              | > Unificiranje vrsta panela.                                                                                                                                                                     |
|                              | > Olakšano održavanje.                                                                                                                                                                           |
| Zahtjevi za materijale       | > Otpornost na hrđanje.                                                                                                                                                                          |
|                              | > Otpornost na mraz.                                                                                                                                                                             |
|                              | > Otpornost na soli.                                                                                                                                                                             |
|                              | > Otpornost na UV zračenje.                                                                                                                                                                      |
|                              | > Dobra apsorpcija zvuka.                                                                                                                                                                        |
|                              | > Propisane mehaničke karakteristike materijala u konstrukciji.                                                                                                                                  |
| Zahtjevi održavanja          | > Unificiran sistem proizvodnje elemenata zvučne barijere.                                                                                                                                       |
|                              | > Unificiran sistem montaže.                                                                                                                                                                     |
|                              | > Umanjenje troškova proizvodnje, transporta i montaže.                                                                                                                                          |
|                              | > Olakšano čišćenje površina.                                                                                                                                                                    |
|                              | > Olakšan transport i montaža oštećenih ili dotrajalih elemenata.                                                                                                                                |
| Zahtjevi trajnosti           | > Trajnost sistema je 20 godina.                                                                                                                                                                 |

Na osnovu iskustava susjednih zemalja i projektantske prakse u našoj državi, ustanovljeno je da se zidovi prema rentabilnosti i visini mogu podijeliti na 3 grupe, niski, srednji i visoki.

| Podjela prema visini zvučnih barijera. |               |              |                                                                |
|----------------------------------------|---------------|--------------|----------------------------------------------------------------|
|                                        | Visina        | Sistem       |                                                                |
| Niske                                  | od 0,0 do 3,0 | Proizvoljni: | Temelj.                                                        |
|                                        |               | Tipiziran:   | Stub.                                                          |
|                                        |               |              | Montažni paneli.                                               |
| Srednje                                | od 3,0 do 6,0 | Proizvoljni: | Temelj.                                                        |
|                                        |               | Tipiziran:   | Stub.                                                          |
|                                        |               |              | Montažni paneli.                                               |
| Visoke                                 | > od 6,0      | Proizvoljni: | Kompletna konstrukcija u zavisnosti od arhitekonskog rješenja. |

Visoki zidovi su dosta kompleksne konstrukcije, često sa zakrivljenim stijenkama, izuzetno skupe, koje se koriste u gradskim područjima ili u blizini visokih stanbenih objekata. Radi male vjerovatnoće pojavljivanja potrebe za visokim zaštitnim zidovima od buke, ovim smjericama se oni neće razmatrati.

Niski i srednje visoki zidovi su pogodni za zaštitu ruralnih područja kroz koje se koridor Vc u glavnom i pruža.

Radi mogućnosti povećanja nivoa buke u toku eksploatacije i relativno malog dodatnog ulaganja za povećanje visine zida, optimalno rješenje je dimenzionirati stubne ankere i temeljnu konstrukciju minimalno na visinu zida od 5,0 metara, bez obzira na stvarnu proračunsku visinu zida.

Iako postoji više vrsta stubova za zaštitne zidove, procjena je da čelični stubovi HEA(B) 120-280 najbolje ispunjavaju većinu postavljenih zahtjeva.

Prednost ovih stubova je:

- Dostupnost na tržištu;
- Mogućnost montaže svih vrsta panela;
- Jednostavna i laka montaža;
- Fleksibilnost usljed promjene oštećenih stubova, ili povećanja kapaciteta zaštite od buke;
- Mogućnost reciklaže stubova;
- Relativno jeftino održavanje;

Jedina ozbiljna zamjerka je inicijalna cijena čeličnih stubova koja je u odnosu na betonski 3-5 puta veća.

Betonski stubovi sa druge strane imaju dosta nisku cijenu proizvodnje. Pogodni su za montažu samo betonskih panela. Usljed relativno velike težine, transport i montaža su zahtjevniji. Radi monolitizacije zida nakon montaže, ne posjeduje fleksibilnost pilikom povećanja visine zida, niti mogućnost reciklaže istih stubova.

Zaključna preporuka projektantima je da se uglavnom koriste čelični stubovi, osim u slučajevima gdje je opravdana upotreba betonskih.

Paneli za zaštitu od buke se mogu izrađivati od raznih materijala, u zavisnosti od potreba okruženja u koje se montiraju. Jedan od osnovnih uslova je da zadovolje propisane uslove o apsorpciji i refleksiji buke. Druga važna stvar je standardizacija dimenzija panela i načina pričvršćavanja istih za stubove.

U prilogu je data tabela minimalnih zahtjeva za sve elemente zaštitnih zidova, kao i norme u kojima su definisani.

### 6.1. Minimalni tehnički zahtjevi

| Minimalni zahtjevi prema konstruktivnom elementu. |                   |                                                    |                |
|---------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------|----------------|
| Konstruktivni element                             | Vrsata materijala | Zahtjevi                                           | Norme          |
| Temelj                                            | Armirani beton    | Kvalitet materijala: C25/30 XC2                    | Eurocode 2     |
| Stub                                              | Armirani beton    | Kvalitet materijala: C30/37 XF2                    | Eurocode 2     |
|                                                   | Čelik             | Kvalitet materijala: Č 0361                        | JUS            |
|                                                   |                   | Površinska zaštita:<br>Toplo činčani 85 µm         |                |
| Paneli za buku                                    | Armirani beton    | Kvalitet materijala: C30/37 XF2                    | Eurocode 2     |
|                                                   |                   | Apsorpcija zvuka: $DL\alpha > 5 \text{ dB}$        | EN 1793-1      |
|                                                   |                   | Izolacija zvuka: $DLR > 24 \text{ dB}$             | EN 1793-2      |
|                                                   | Aluminij          | Standard dimenzija i kvalitete.                    | DIN 52210      |
|                                                   |                   |                                                    | DIN 52212      |
|                                                   |                   |                                                    | Din 1725/1     |
|                                                   |                   |                                                    | ZTV-LSW 88     |
|                                                   |                   | Apsorpcija zvuka: $DL\alpha > 5 \text{ dB}$        | EN 1793-1      |
|                                                   |                   | Izolacija zvuka: $DLR > 24 \text{ dB}$             | EN 1793-2      |
|                                                   | Drvo              | Vakumska impregnacija drveta                       | DIN 68 800, T3 |
|                                                   |                   | Zaštita od gljivica i insekata                     | DIN 68 800, T4 |
|                                                   |                   | Apsorpcija zvuka: $DL\alpha > 5 \text{ dB}$        | EN 1793-1      |
|                                                   |                   | Izolacija zvuka: $DLR > 24 \text{ dB}$             | EN 1793-2      |
|                                                   |                   | Koišćenje građevinskog drveta za izradu elemenata. | DIN 4074       |
|                                                   |                   | Standard dimenzija i kvalitete.                    | DIN 52210      |
|                                                   |                   |                                                    | DIN 52212      |
|                                                   |                   |                                                    | Din 1725/1     |
|                                                   |                   |                                                    | ZTV-LSW 88     |
|                                                   | Pleksiglas        | Standard dimenzija i kvalitete.                    | DIN 52210      |
|                                                   |                   |                                                    | DIN 52212      |
|                                                   |                   |                                                    | Din 1725/1     |
|                                                   |                   |                                                    | ZTV-LSW 88     |
|                                                   |                   | Apsorpcija zvuka: $DL\alpha > 5 \text{ dB}$        | EN 1793-1      |
|                                                   |                   | Izolacija zvuka: $DLR > 24 \text{ dB}$             | EN 1793-2      |

## **7. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU ZAŠTITNE ŽIČANE OGRADE**

## Uvod

Svrha postavljanja zaštitnih žičanih ograda na autocestama je da se poveća sigurnost saobraćaja na način da se spriječi prijelaz ljudi i divljači preko autoceste kao i ilegalno uključivanje vozila sa okolnih puteva na samu autocestu.

Zaštitna žičana ograda postavlja se cijelom dužinom trase autoceste, izuzev na mjestima gdje već postoje prirodne ili umjetne prepreke koje funkcionalno zamjenjuju zaštitnu žičanu ogradu.

Obzirom da se javila potreba za unifikacijom projektantskih rješenja zaštitnih žičanih ograda izvršili smo tehničku analizu te definisali potrebne zahtjeve koje projektantska rješenja trebaju ispunjavati.

Prilikom analize korišteni su sljedeće norme:

- 1) BAS EN 10240; Unutrašnja i/ili vanjska površinska zaštita za čelične cijevi - Specifikacija za galvanizaciju potapanjem u vruću kupku u automatskim postrojenjima (stubovi i kosnici)
- 2) BAS EN 10244-2; Čelična žica i žičani proizvodi - Prevlake od neželjeznih metala na čeličnoj žici - Dio 2: Prevlake cinka ili legura cinka - (zatezne žice, pletivo, spajalice)
- 3) BAS EN 10204; Metalni proizvodi - Tipovi inspekcijskih dokumenata (španeri)
- 4) BAS EN 10219-1; Hladno oblikovani zavareni konstrukcioni šuplji profili od nelegiranih i finoiznatih čelika - Dio 1: Tehnički uslovi isporuke
- 5) BAS EN 10016-1; Nelegirana čelična šipka za vučenje i/ili hladno valjanje - Dio 1: Opći zahtjevi
- 6) BAS EN 10016-2; Nelegirana čelična šipka za vučenje i/ili hladno valjanje - Dio 2: Specifični zahtjevi za šipku za opću upotrebu
- 7) ISO 1461 - šelne

Ovom uputom se propisuje tip i osnovni zahtjevi za zaštitne žičane ograde, a svi ostali zahtjevi koji svojim obimom prelaze formu ovog dokumenta trebaju biti u skladu sa gore pomenutim normama i uredbama.

Na osnovu sagledavanja svih činjenica uključujući važeće norme, dajemo prijedlog minimalnih tehničkih uslova koje je potrebno da zadovolje zaštitne žičane ograde.

## 7.1. Minimalni tehnički zahtjevi

Tabela 1. – Minimalni tehnički zahtjevi

|                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Svi elementi ograde moraju biti toplo pocinčani, a sve u skladu sa Evropskim Normama |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Cink od kojeg se rade prevlake prema BAS EN 10244-2 normi treba imati 99,95% čistoću |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Opis elemenata ograde                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Srednji stubovi                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Srednji stubić je promjera <math>\varnothing 60,3</math> mm, visine 2450 mm. Od toga je 750 mm u temelju a 1700 mm vidljivo iznad tla.</li> <li>- Stubić se temelji na temeljnoj stopi dubine 80cm u betonu klase čvrstoće C16/20</li> <li>- Razmak između stubića je 350-400cm.</li> <li>- Debljina stijenke stubića je 2mm prema BAS EN 10219-1</li> <li>- Pocinčanje stubića je prema BAS EN 10240-klasa A.1, 55<math>\mu</math>m</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Zatezni stub i kosnik                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zatezni stub i kosnik trebaju biti izrađeni od istog materijala kao i srednji stubovi, te za njih vrijede isti uvjeti u pogledu temeljenja, pocinčanja i debljine stijenke</li> <li>- Razmak između zateznih stubića je 25m i spajaju se međusobno pocinčanim šelnama koje se pričvršćuju pocinčanim vijcima M8.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Pletivo                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Žičano pletivo je otvora oka 60x60 mm, promjera žice 2,7 mm i visine 1400 mm.</li> <li>- Spajanje pletiva za zatezne žice vrši se spajalicama promjera 2 mm i pocinčanja u skladu EN10244-2. Spajanje se vrši na 3 zatezne žice na svakih 30-50cm.</li> <li>- Pletivo može dodatno biti učvršćeno klinovima u tlo kako bi se životinjama spriječilo provlačenje ispod ograde. Udaljenost pletiva od tla ne smije prelaziti 5cm. Klinovi su pocinčani sa kukom na vrhu a dimenzije istih su 50-80 cm te se postavljaju na razmaku od 1,0 m. „Uklinjavanjem“ ograde postiže se ujedno i uzemljenje zaštitne žičane ograde.</li> <li>- Pocinčanje pletiva je prema EN 10244-2 – klasa A, 245g/m<sup>2</sup></li> </ul> |
| Zatezne žice                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Za pričvršćenje pletiva koriste se tri zatezne žice promjera 3,0 mm. Dvije žice su raspoređene na krajevima pletiva, a jedna se nalazi na sredini.</li> <li>- Dodatne dvije zatezne žice se nalaze iznad pletiva, a međusobno su udaljene 150 mm</li> <li>- Zatezne žice za stubove se pričvršćuju pocinčanim samourezujućim vijcima sa podloškama a natezanje istih se vrši pocinčanim španerima</li> <li>- Zatezne čvrstoće žice trebaju biti u skladu sa BAS EN 10016-1 i BAS EN10016-2 što znači 350-500 N/mm<sup>2</sup></li> <li>- Pocinčanje zateznih žica je prema EN 10244-2 – klasa A, 245g/m<sup>2</sup></li> </ul>                                                                                      |

## **8. UPUTA ZA IZGRADNJU BETONSKOG KOLOVOZA NA CP-u**

## Uvod

Detaljnom analizom izgrađenih naplatnih mjesta na AC, i to : Jošanica, Podlugovi i Visko, utvrđeni su oštećeni nedostaci kod izgradnje betonskih kolovoza na naplatnim mjestima. Najveći evidentirani problem je bio smještaj opreme koja služi za kontrolu i upravljanje (instalacione cijevi, induktivne petlje, itd...). Zbog svega navedenog, izvedeni betonski kolovoz na pomenutim naplatnim mjestima morao se rekonstruirati, što je uzrokovalo dodatne troškove, zastoje i gužve na naplatnim mjestima. Kako bismo ubuduće izbjegli pomenute probleme izradili smo ove upute za sve projektante, nadzorne timove i izvođače, odnosno za sve dionice koje su u fazi projektovanja, u fazi pripreme za izgradnju ili u fazi izgradnje.

## 8.1. Minimalni tehnički zahtjevi

### 8.1.1. Geometrija

Ne ulazeći u unificiranje arhitektonskog rješenja, što će biti predmet neke sljedeće upute ili smjernice, ovim uputama daje se minimalna udaljenost početka betonskog kolovoza na naplatnim mjestima u odnosu na vrh ostrva. Prema tome, ukoliko je dužina od vrha do vrha ostrva  $L=30$  m, početak betonskog ostrva se produžava za 3 m u odnosu na vrh ostrva i time je bezbjeđen dovoljan prostor za smještanje opreme, kao i prostor za kvalitetan prelaz sa asfaltnog na betonski kolovoz.

Uporedo sa navedenim zahtjevom potrebno je voditi računa o dilatiranjima betonske kolovozne ploče na svakih 6m, sa izvedbom dilatacionih spojnica.

### 8.1.2. Kvalitet betonskog kolovoza

Obzirom da domaćom regulativom, normama, propisima i standardima nije uređena ova oblast, ovim uputama daje se smjernica projektantima, nadzornim timovima i izvođačima da se za projektvanje i izgradnju betonskih kolnika koriste, ali ne ograničavajući se na, Opšte tehničke uslove OTU iz Republike Hrvatske i to Knjiga IV, dio 7-02 Betonski kolnik, gdje je jasno opisano sljedeće:

- 7-02.1.Kvalitet beton betonskog kolnika
- 7-02.1.1 Sastavni materijali
- 7-02.1.2 Beton
- 7-02.2 Dimenzioniranje betonskog kolnika
- 7-02.3 Razdjelnice
- 7-02.4 Moždanici i sidra
- 7-02.5 Armiranje
- 7-02.6 Izrada
- 7-02.7 Kontrola i potvrđivanje sukladnosti izvedenih radova
- 7-02.8 Obračun radova.

### **8.1.3. Posebni zahtjevi**

Posebni zahtjevi koji su vezani za projektvanje i izvedbu betonskih kolnika sastoje se u sljedećem:

- armiranje betonskog kolnika projektovati na način da se bavezno naznači zaštitni sloj u odnosu na gornju ivicu kolovoza u debljini od  $d=7$  cm.
- Površinskom obradom gornje ivice kolovoza obezbijediti dovoljnu otpornost protiv proklizavanja.

## **9. UPUTE ZA ENERGETSKO CERTIFICIRANJE OBJEKATA JP AUTOCESTA FBIH**

## Uvod

Stav JP Autoceste FBiH je da gradi energetske efikasne objekte razreda A+ ili A. Ovim uputama se daje nalog projektantima, nadzornim timovima i izvođačima da se ispune zahtjevi važećih propisa koji se odnose na fiziku zgrade i time omogućiti tehnički prijem objekata, te da se izgrade objekti koji će imati energetski razred A+ ili A.

### 9.1. Uputa

Za sve objekte koji su u fazi projektovanja neophodno je da projektanti kod projektovanja vode računa o gore datim uslovima.

Za objekte koji su u fazi pripreme izgradnje ili je izgradnja u toku, neophodno je da se putem postupka javne nabavke angažuje konsultant koji će izvršiti analizu objekata, te ponuditi rješenje kako bi se ispunili gore navedeni uslovi, te da bi objekti bili izgrađeni u skladu sa „Pravilnika o tehničkim zahtjevima za toplotnu zaštitu objekata i racionalnu upotrebu energije“. Zadatak konsultanta je organizovan u četiri faze.

U prvoj fazi, zadatak konsultanta je da :

- izvrši analizu postojeće dokumentacije objekata koji se griju na temperaturu iznad 12°C,
- utvrdi eventualne nedostatke projekta u odnosu na zahtjeve iz Pravilnika o tehničkim zahtjevima za toplotnu zaštitu objekata i racionalnu upotrebu energije (u daljem tekstu Pravilnik),
- izvrši proračun i provjeru termičkih karakteristika u skladu sa članom 7.

U slučaju da postojeće rješenje ne zadovoljava zahtjeve propisane Pravilnikom za tu vrstu objekata, konsultant će pristupiti drugoj fazi zadatka.

U drugoj fazi, zadatak konsultanta je da :

- ponudi alternativno rješenje zgrada koje ne zadovoljavaju zahtjeve u pogledu racionalne upotrebe energije. Alternativno rješenje će se zasnivati na upotrebi materijala različitih termičkih svojstava u odnosu na postojeći projekt (npr. upotreba cigle odnosno blokova umjesto betona gdje je to moguće), različite debljine izolacionih materijala i sl.
- nakon što Investitor prihvati ponuđeno rješenje, izradi odgovarajući arhitektonski projekt sa tehničkim opisom, svim potrebnim nacrtima i predmjerom radova.

U trećoj fazi, zadatak konsultanta je da izradi tehničko rješenje koje zadovoljava zahtjeve Pravilnika, a sve u skladu sa odredbama člana 49. Pravilnika :

- Tehnički opis
- Proračun i provjeru termičkih karakteristika u skladu sa članom 7.
- Proračun godišnje toplotne energije za grijanje i hlađenje za stvarne klimatske podatke
- Program kontrole i osiguranja kvaliteta tokom građenja
- Potrebne nacрте
- Metodologiju monitoringa objekta tokom korištenja
- Iskaznicu potrebne toplotne energije u skladu sa članom 55. i prilogom D.

U četvrtoj fazi, zadatak konsultanta je da :

- izvrši energetska certificiranje zgrade u skladu s odredbama Pravilnika o energetska certificiranju objekata
- ispuni sve druge obaveze koje proizilaze iz Pravilnika o energetska certificiranju objekata.

Konsultant treba da posjeduje ovlaštenje nadležnog organa za energetska certificiranje objekata. Pored toga, konsultant je dužan obezbijediti u svom stručnom timu koji će raditi na ovom zadatku :

- najmanje jednog dipl.ing.maš. koji posjeduje ovlaštenje za provođenje energetskih pregleda,
- najmanje jednog dipl.ing.arh. koji posjeduje ovlaštenje za provođenje energetskih pregleda.

U slučaju da se izrađuje druga faza zadatka, konsultant je dužan uključiti podizvođača sa ovlaštenjem za izradu arhitektonskih projekata.

## **10. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I UGRADNJU LED RASVJETE**

## Uvod i područje primjene

JP Autoceste FBiH kao preduzeće koje želi društveno odgovorno djelovati u skladu sa misijom o izgradnji, upravljanju i održavanju savremene cestovne infrastrukture poštujući najviše zahtjeve životne sredine i zadovoljenja potreba korisnika naših usluga nastoji svoje aktivnosti uskladiti sa najsavremenijim tehnološkim dostignućima te iste primjeniti u svome svakodnevnom djelovanju.

Generalni stav JP Autocesta FBiH je da trošimo što je manje moguće energije na rasvjetu, te je stoga ova uputa sačinjena za sve projektante, nadzorne timove i izvođače, tj. za sve dionice koje su u fazi projektovanja, u fazi pripreme za građenje i u fazi izgradnje.

Predmet ovih uputa je projektovanje i preprojektovanje vanjske rasvjete na naplatnim cestarskim prolazima, vanjske rasvjete petlji, odmorišta i COKP-a, kao i projektovanje rasvjete u tunelima dužim od 1000 m.

Novoprojektovano rješenje rasvjetnih tijela treba biti bazirano na LED tehnologiji.

Prednosti LED tehnologije su mnogobrojne, a neke osnovne su:

- smanjena potrošnja el.energije
- velika efikasnost kromatskog spektra
- dug životni vijek (cca. 50.000 radnih sati, pri optimalnim uvjetima)
- zanemariva početna neispravnost
- reducirane dimenzije svjetiljaka
- visoka otpornost na mehanička oštećenja i vibracije
- direktna emisija svjetla
- bez IR i UV zračenja
- reducirana absorpcija snage
- minimalna disipacija topline
- smanjena emisija CO<sub>2</sub>

Kako je kritičan element LED rasvjete predspojna sprava (Driver) posebno obratiti pažnju na odabir ovog elementa, kao i voditi računa o porijeklu LED čipova, odnosno odabiru proizvođača LED svjetiljki (npr. LED moduli Philips, Osram ...) te zahtijevati kroz projektnu dokumentaciju odgovarajuće garancije koje proizvođač daje isključivo u deklaraciji.

Ukoliko se predlaže LED osvjetljenje tunela kraćih od 1000m, projektom je potrebno izraditi analizu ekonomske opravdanosti zamjene klasičnog sistema rasvjete sa visokotlačnim natrijevim žaruljama i metalhalogenim žaruljama sa rasvjetom izrađenoj u LED tehnologiji.

Projektom je potrebno izraditi analizu ekonomske i tehničke opravdanosti zamjene projektovanog sistema rasvjete sa visokotlačnim natrijevim žaruljama i metalhalogenim žaruljama sa novoprojektovanom rasvjetom izrađenoj u LED tehnologiji.

Projektno rješenje koje se odnosi na naplatne stanice i COKP treba da zadrži projektovani raspored rasvjetnih tijela kao i broj rasvjetnih tijela (ukoliko je to moguće), ukoliko se ne mogu zadovoljiti parametri svjetlotehničkog proračuna dopuštene su određene izmjene u smislu rasporeda i broja novoprojektovanih svjetiljki.

## 10.1. Osnove za izradu projekta

Projekat treba izraditi u skladu sa projektnim zadatkom, primjenjivim važećim tehničkim propisima, pravilnicima, normama, smjernicama i preporukama.

Cilj visoko efikasnog tunelskog osvjetljenja jeste omogućavanje da vizuelna percepcija vozača bude zadržana u noćnim i dnevnim uvjetima vožnje, uz izbjegavanje iznenadnih promjena stepena osvjetljenja na ulazu i izlazu iz tunela.

Predmet ovih uputa je projektovanje i preprojektovanje vanjske rasvjete na naplatnim cestarinskim prolazima, kao i vanjske rasvjete petlji, odmorišta i COKP-a.

### 10.1.1. Svjetlotehnički parametri vanjske rasvjete

|                                                                  | Kolnik<br>(glavni pravac)     | Kolnik<br>(ulazno – izlazni<br>kraci) | Plato<br>cestarinskog<br>prolaza |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Klasa cestovne rasvjete                                          | M1                            | M2                                    | C1                               |
| Minimalna pogonska vrijednost<br>srednje sjajnosti               | $L_{av} = 2,0 \text{ Cd/m}^2$ | $L_{av} = 1,5 \text{ Cd/m}^2$         |                                  |
| Minimalna opća ravnomjernost<br>sjajnosti                        | $U_0 = 0,4 \text{ (40\%)}$    | $U_0 = 0,4 \text{ (40\%)}$            |                                  |
| Minimalna podužna<br>ravnomjernost sjajnosti                     | $UI = 0,7 \text{ (70\%)}$     | $UI = 0,7 \text{ (70\%)}$             |                                  |
| Minimalna vrijednost<br>koeficijenta okruženja                   | $SR = 0,5$                    | $SR = 0,5$                            |                                  |
| Maksimalna dozvoljena<br>vrijednost porasta praga,<br>blještanje | $TI = 10\%$                   | $TI = 10\%$                           |                                  |
| Razina srednje osvjetljenosti<br>parkirališta                    |                               |                                       | $E_m = 30 \text{ lx}$            |
| Opća jednakost osvjetljenosti<br>parkirališta                    |                               |                                       | $J_r = 40\%$                     |

Navedena mjerila kvalitete cestovne rasvjete su minimalna. Projektom se može dati i kvalitetnije rješenje, ali treba zadovoljiti kriterije ekonomičnosti i utjecaja na okoliš.

### 10.1.2. Osvjetljenje prema dužini tunela

Zahtjevi za osvjetljenje tunela su različiti za kratke i duge tunele. Vidljivost kroz tunel zavisi primarno od dužine tunela, ali također i od ostalih geometrijskih parametara tunela (širina, visina, horizontalna i vertikalnakrivina, itd.). Uobičajeno, tuneli su podjeljeni na: "duge tunele" i "kratke tunele".

Podjela na duge i kratke tunele ne pravi se samo na osnovu dužine tunela, nego i na osnovu mogućnosti vozača da vidi kraj tunela sa ulazne pozicije. Prema tome, u duge tunele spadaju i tuneli koji su kraći ali kod kojih vozač ne vidi kraj tunela sa ulazne pozicije. Osvjetljenje takvih tunela treba biti tretirano kao kod dugih tunela.

Na osnovu podjele prema osvjetljenju tuneli su podijeljeni u tri klase:

- Geometrijski dugi tuneli
- Optički dugi tuneli
- Kratki tuneli

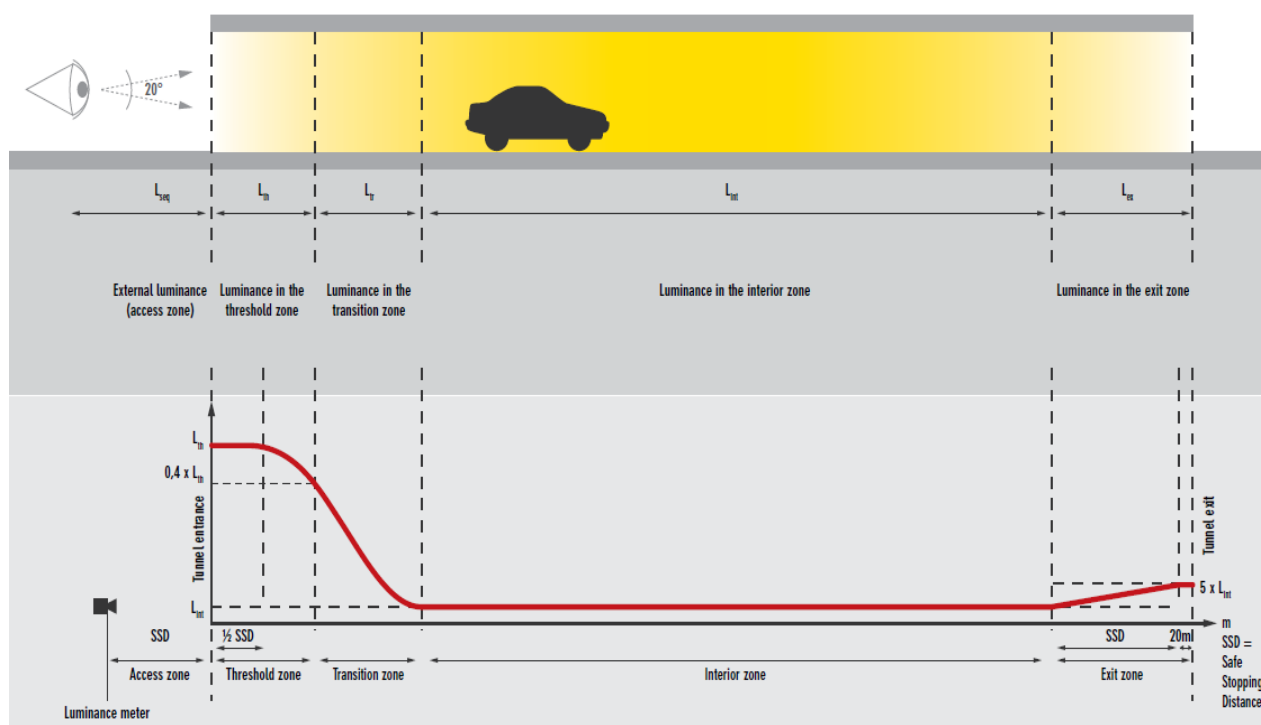
Za detaljno dimenzioniranje osvjetljenja mogućnost vidljivosti tunela treba biti određena grafički.

### 10.1.3. Osvjetljenje tunela prema dopuštenoj brzini vozila

Dopuštena brzina kretanja treba biti uzeta u obzir za dimenzioniranje sistema osvjetljenja tunela. Generalno, to je brzina na osnovu koje je tunel i dimenzioniran.

### 10.1.4. Podjela tunela na zone prema stepenu osvjetljenja

Ispod je prikazana shema podjele tunela na karakteristične tranzicijske zone. Prilikom dimenzioniranja potrebne LED rasvjete treba voditi računa o pravilnom definisanju ovih zona, te kompletan proračun bazirati prema njima.



**Prilazna zona (access zone- L20)** – je dio saobraćajnice neposredno ispred ulaza u tunel sa čijeg je početka potrebno uočiti eventualne prepreke u tunelu. Početak prilazne zone je udaljen za dužinu jednaku zaustavnom putu vozila. Prilazna zona treba da omogući što bolju i bržu adaptaciju vida u samom tunelu.

**Zona praga (threshold zone - L<sub>th</sub>)** – je ulazni dio tunela u kome je neophodno obezbjediti dovoljno visok nivo sjajnosti koji će vozaču, još pod utjecajem sjajnosti izvan tunela, omogućiti da prije nego što uđe u tunel, prepozna eventualne prepreke u njemu. Dužina zone praga je najmanje jednaka dužini zaustavnog puta vozila, definisana brzinom vozila i kvalitetom putnog pokrivača.

**Tranzitna zona (transition zone - Ltr)** – nadovezuje se na zonu praga duž koje se sjajnost u tunelu postepeno i pravilno smanjuje, bezopasnosti da vidni uvjeti postanu nestabilni.

**Unutarnja zona (interior zone- Lin)** – je dio tunela u kome je vid vozača adaptiran na najmanji nivo sjajnosti u tunelu, koji je konstantan do samog izlaza iz tunela.

**Izlazna zona (exit zone - Lex)** – ima zadatak da izvrši adaptaciju očiju vozača pri izlasku iz tunela.

#### 10.1.5. Treperenje uočljivo prilikom kretanja kroz tunel

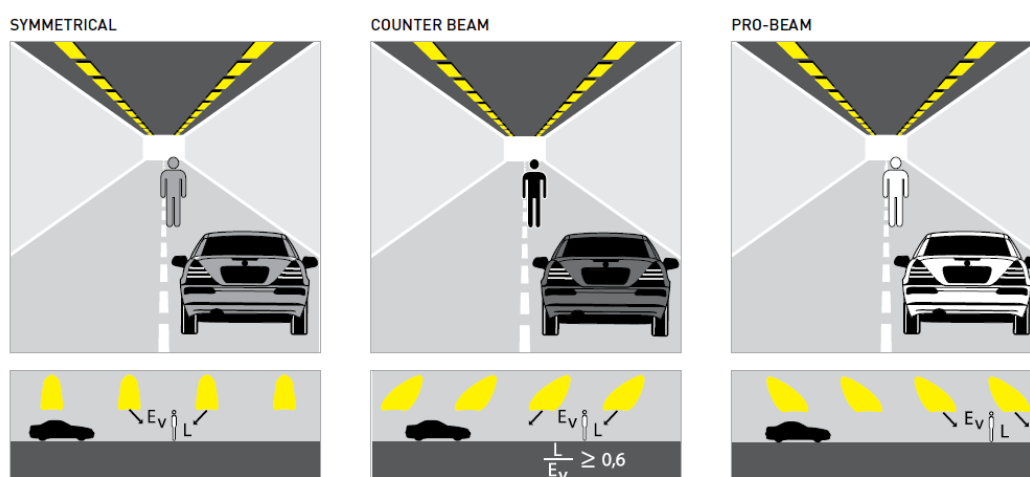
Prilikom vožnje tunelom vozač ne smije biti ometan treperenjem svjetala. Zavisno od ograničenja brzine i razmaka između svjetiljki, treperenje se javlja pri određenim frekvencijama percepcije osvjetljenja. Osvjetljenje treba biti tako dimenzionirano i raspoređeno da se ovaj efekat izbjegne.

#### 10.1.6. Kontrasti prema načinu osvjetljenja tunela

Vozači moraju biti u mogućnosti da detektiraju bilo kakvu prepreku, bez obzira na njihovu poziciju ili lokaciju u različitim dijelovima tunela. Za ove svrhe kontrast mora biti kreiran između prepreke i njene pozadine. Isticanje prepreke može biti na način da bude više osvjetljena nego okolina ili da bude više zatamljena, što se postiže usmjeravanjem svjetala unutar tunela. Razvijena su tri modela unutrašnjeg osvjetljenja, kako je ispod prikazano:

- Simetrično osvjetljenje (i vozilo i prepreka su identično osvijetljeni)
- Asimetrično osvjetljenje sa negativnim kontrastom (prepreka je tamnije osvijetljena)
- Asimetrično osvjetljenje sa pozitivnim kontrastom (prepreka je svjetlije osvijetljena)

Ispod je prikazana shema osvjetljenja vozila i prepreke



#### 10.1.7. Tehnički normativi

Kao osnovni dokument za izradu fotometrijskog projekta koristiti tehnički normative Evropske Komisije za osvjetljenje EN/CR 14380 - Anex A2. Navedena mjerila kvalitete cestovne rasvjete su minimalna. Projektom se može dati i kvalitetnije rješenje, ali treba zadovoljiti kriterije ekonomičnosti i utjecaja na okoliš.

## 10.2. Tehnički uvjeti

### 10.2.1. Tehničko rješenje

Osim osnovne funkcije (rasvjeta) tehničko rješenje mora obuhvatiti regulaciju cestovne i tunelske rasvjete, mjerenje, nadzor i upravljanje.

### 10.2.2. Napajanje cestovne rasvjete

Napajanje cestovne rasvjete predvidjeti iz najbliže trafostanice u sklopu Autoceste, odnosno iz najbližeg NN ormara. Razdioba treba biti rješen tako da se iz trafostanice jednim NN priključkom napaja glavni ormar cestovne rasvjete, a iz njega radijalno svi ostali razdjelnici rasvjete. Napajanje cestovne rasvjete na cestrinskim prolazima i platoima izvesti iz glavnog razvodnog ormara u sklopu objekta cestarinskog prolaza.

Napajanje tunelske rasvjete, odnosno odgovarajućeg razvodnog ormara predvidjeti iz najbliže trafostanice u sklopu tunela. Pri likom projektovanja NN ormara potrebno je obezbjediti redundanciju napajanja istih, na taj način da svi ormari vanjske rasvjete imaju mogućnost napajanja iz oba transformatora pripadajuće transformatorske stanice (portalne ili tunelske).

### 10.2.3. Nadzor i upravljanje

Upravljanje cestovnom i tunelskom rasvjetom podrazumjeva uključivanje i isključivanje rasvjete, te upravljanje režimom rada. Pod nadzorom se podrazumjeva prenos signala stanja sistema cestovne i tunelske rasvjete i signala mjerenih veličina cestovne i tunelske rasvjete u Centar za nadzor i upravljanje prometom (COKP). Nadzor (samo potrebna kablovska infrastruktura) cestovne rasvjete predvidjeti za rasvjetu petlji. Radna stanica sa Sistemom za nadzor i upravljanje cestovne rasvjete nije predmet ovog projekta.

Projektnom dokumentacijom predvidjeti mogućnost daljinskog i lokalnog upravljanja. Za mogućnost daljinskog upravljanja predvidjeti samo kablovsku infrastrukturu. Daljinsko upravljanje odnosi se samo na cestovnu rasvjetu petlje.

Lokalno upravljanje na lokaciji glavnog razdjelnika cestovne rasvjete petlje i na lokaciji tunelskih razdjelnika treba omogućiti sljedeće:

- Odabir režima upravljanja daljinsko iz COKP-a ili lokalno iz razvodnog ormara
- Ručno uključivanje i isključivanje rasvjete za odabrano lokalno upravljanje.
- Automatsko uključivanje i isključivanje rasvjete te regulacija svjetlosnog toka pomoću predefiniраних (programiranih) dnevnih – mjesečnih programa.
- Upravljanje pomoću mjernog uređaja za mjerenje osvijetljenosti (luksomata) – fotometra.

Lokalno upravljanje na lokaciji glavnog razdjelnika objekta cestarinskog prolaza rasvjete cestarinskog prolaza i uslužnih objekata treba omogućiti sljedeće:

- Ručno uključivanje i isključivanje rasvjete za lokalno upravljanje.
- Automatsko uključivanje i isključivanje rasvjete te regulacija svjetlosnog toka pomoću predefiniраних (programiranih) dnevnih – mjesečnih programa.
- Upravljanje pomoću mjernog uređaja za mjerenje osvijetljenosti (luksomata)

#### 10.2.4. Mjerenje

Mjerenje potrošnje električne energije cestovne rasvjete ne razmatrati zasebno, niti predviđati brojila za cestovnu rasvjetu. Mjerenje potrošnje električne energije bit će predviđeno na srednjem naponu pripadajuće trafostanice odnosno u konačnici na jednom mjestu za kompletnu dionicu Autoceste.

U razvodnim ormarima namjenjenim za napajanje i upravljanje tunelske rasvjete, projektom predvidjeti digitalne multimetre ( mjerenje struje, napona, frekvencije, radne, reaktivne i prividne snage, mjerenje kvaliteta električne energije, brojač sati rada, snimanje podataka, komunikacija RS485, Modbus protokol, Ethernet). U slučaju da se iz istog razvodnog ormara napaja rasvjeta i ventilacija, potrebno je odvojiti sabirnice kako bi se obezbjedilo zasebno praćenje električnih veličina rasvjete i ventilacije.

### 10.3. Dijelovi instalacija cestovne i tunelske rasvjete

Osnovni dijelovi instalacije su: Svetiljke, driveri za svjetiljke, stubovi, kablovi, uređaji za napajanje i razvod, regulaciju i upravljanje

#### 10.3.1. Stubovi

Stubovi cestovne rasvjete trebaju biti čelični, zaštićeni od korozije postupkom vrućeg cinčanja. U konstruktivnim detaljima stuba treba predvidjeti nasadnik za svjetiljke, adapter za montažu svjetiljki, otvor razdjelnika stuba, temeljnu ploču stuba te temelj stuba sa ugrađenim pocinčanim anker vijcima i instalacijskim cijevima za uvod kablova.

#### 10.3.2. Svjetiljke

Svjetiljke po svjetlotehničkim karakteristikama trebaju biti izrađene u LED tehnologiji, a po konstruktivnim osobinama moraju biti otporne na uvjete okoline, mehanička opterećenja usljed djelovanja vjetra, otpornost na koroziju, prašinu, vlagu, vibraciju, temperaturu, te moraju imati dobra termička svojstva radi dobrog hlađenja driver-a i svih njenih sastavnih dijelova. Stupanj mehaničke zaštite mora biti najmanje IP55 za cestovnu rasvjetu, a IP65 za tunelsku rasvjetu. U smislu održavanja treba predvidjeti svjetiljke jednostavne za montažu uz minimalnu upotrebu alata.

Driver – upravljački uređaji moraju biti pristupačni, kvalitetni i dugog vijeka trajanja.

Mogu biti integrirani u svjetiljci ili odvojeni u zasebnom kućištu.

Podesiva izlazna struja u opsegu od 200 mA do 700 mA

Raspon temperature -40 °C do 80°C

Nominalni ulazni napon 120V – 277V

Faktor snage > 0,9

Vijek trajanja minimalno 50000 hr

Ukupna harmonična distorzija < 20%

Prenaponska zaštita u skladu s direktivom IEEE / ANSI C62.41.2 Transient Surge Requirements

## **Svjetlosni fluks dioda**

Održanje 90% nominalnog svjetlosnog fluksa nakon 5 godina (45.000 sati) i 80% nakon 10 godina (90.000 sati) pri temperaturi ambijenta od -5°C do +28°C

### **10.3.3. Kablovi**

Kablovi za napajanje i signalizaciju mogu biti bakreni ili aluminijski s izolacijom od PVC-a za cestovnu rasvjetu, dok za tunelsku rasvjetu mora biti bezhalogena izolacija. Kod odabira kabla treba posebno razmotriti tržišne cijene i odabrati ekonomski najpovoljnije rješenje. Kablovi za besprekidno napajanje moraju imati teškogorivu beshalogenu izolaciju sa održavanjem funkcionalnosti minimalno 90 minuta. Za potrebe nadzora i upravljanja predvidjeti polaganje signalnih kablova koji trebaju biti oklopljeni radi smanjenja utjecaja okoliša.

### **10.3.4. Razdjelnici**

Uređaji za napajanje i razvod cestovne rasvjete trebaju biti izvedeni kao samostojeći ormari za vanjsku montažu sa stupnjem mehaničke zaštite najmanje IP55, te moraju imati odgovarajuća konstruktivna svojstva u skladu sa uvjetima okoline i uvjetima pogona.

### **10.3.5. Razvodnici**

Razvodni ormari za napajanje i upravljanje tunelske rasvjete trebaju biti predviđeni u tunelskim elektro-nišama, izrađeni sa visokim stepenom mehaničke zaštite, najmanje IP54, te moraju imati odgovarajuća konstruktivna svojstva u skladu sa uvjetima okoline i uvjetima pogona. Pored sabirnica napajanih preko mreže, razvodni ormari trebaju da imaju i sabirnice napajane preko uređaja za kontinuirano bezprekidno napajanje (UPS), putem kojih bi se jedan dio rasvjetnih tijela napajao u slučaju nestanka mrežnog napona.

## **10.4. Vizualno vođenje**

Rješenjem se treba voditi računa i o problemu vizualnog vođenja kojim se vozaču pruža slika toka ceste i njezinog smjera. Postiže se odgovarajućim nizom stubova i izvora svjetlosti, temeljem iskustvenih preporuka.

## **10.5. Utjecaj na okoliš**

Rješenje treba razmatriti u smislu smanjenja zagađenja umjetnom rasvjetom koja uzrokuje poremećaj prirodnih biološki ciklusa i zagađenja okoliša umjetnom rasvjetom. U racionalnoj mjeri optimizirati rješenja prema principima: nivo osvijetljenosti treba biti dovoljna za funkciju ali ne iznad stvarnih potreba, osvijetljivati samo površine gdje je rasvjeta stvarno potrebna. Ove smjernice ne smiju smanjiti nivo sigurnosti. Osim toga, uporaba rasvjetnih tijela koja nepotrebno rasipaju svjetlost je najčešće energetski izrazito neučinkovita – potrošnja električne energije je nepotrebno velika, a samim tim se povećavaju novčani izdaci kao i negativni učinci po okoliš.

## **10.6. Projektna dokumentacija**

Projekat treba izraditi na razini Glavnog projekta i mora sadržavati građevinski, elektrotehnički i eventualno mašinski projekat. Građevinski projekat mora sadržavati osim crteža-tlocrta građevine i crteže poprečnih presjeka prometnih površina sa ucrtanim temeljima i stubovima rasvjete. Elektrotehnički projekat treba da sadrži: tehnički opis, program kontrole i osiguranja kvaliteta, proračune, troškovnik materijala i radova, crteže: situaciju prometnih površina sa ucrtanim kablovskim trasama, presjecima rovova za polaganje kablova, rasvjetnim stubovima i uređajima, preglednu šemu, strujnu šemu glavnih i pomoćnih strujnih krugova, dijagram ili tablicu vremenskog slijeda operacija (npr. za automatski rad regulacije), algoritam programa rada automata.

## **10.7. Odstupanje od projektnog zadatka**

Projektant može Investitoru predložiti izmjene u odnosu na Projektni zadatak, te odstupiti od zadanih vrijednosti samo uz odobrenje Investitora. Prijedlog izmjene treba da sadrži stručno obrazloženje opravdanosti izmjene.

## **11. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE SISTEMA SLABE STRUJE**

## **11.1. Upute za projektovanje sistema slabe struje**

### **11.1.1. Smjernice za projektovanje sistema slabe struje**

U sklopu zgrade potrebno je predvidjeti prostor za smještaj informatičke i komunikacijske infrastrukture:

Predvidjeti prostoriju (sistemska sobu) za smještaj računarsko-komunikacijske opreme. Prostorija treba biti projektovana prema preporukama i standardima za smještaj računarsko-komunikacijske opreme sa spuštenim stropom i podignutim podom, ventilacijom i klimatizacijom, protupožarnom zaštitom primjenjivom za gašenje rad.-kom. sistema, sistemom videonadzora i kontrole ulaska i izlaska te zasebnim sistemom neprekidnog napajanja u zasebnoj klimatiziranoj prostoriji. Potrebno je predvidjeti redundantni sistem klime i neprekinutog napajanja, te spoj na diesel agregat.

Sistemska soba treba imati ostvarenu komunikaciju prema postojećoj informatičko-komunikacijskoj infrastrukturi autocesta te prema javnoj telekomunikacijskoj mreži pružatelja usluga u telekomunikacijama.

Iz sigurnosnih i praktičnih razloga nije preporučljivo prostoriju smjestiti u podrum (dužina kabela do krajnjih korisnika, poplave i sl.) ni u prizemlje (duljina kabela, sigurnosni uvjeti, i sl.) već se preporučuje u prizemlju u središnjem djelu objekta.

Instalacije pojedinih sistema treba kreirati uz sljedeće preporuke:

### **11.1.2. Strukturno kabliranje**

Instalacije računalno komunikacijske mreže izvode se strukturnim kabliranjem FTP ili SFTP kategorije min. 7. FTP kablovi postavljaju u prodore za instalacije ili posebno pripremljene kablovske kanale. FTP kablovi završavaju u prostorijama na priključku RJ45 i na panelu stackabilnog računsko-komunikacijskog ormara minimalnih dimenzija 2000x1000x600 i standardne visine EIA 42U sa perforiranim prednjim i zadnjim vratima. Preporučeno je da ormari ne bivaju naslonjeni na zid, već da stoje na centralnom prostoru prostorije, te da se oko njih može kružiti. Kablovka kanalizacija koja vodi do komunikacionih ormara treba ulaziti s donje strane iz izdignutog poda.

Broj priključnih mjesta je 6xRJ 45 po radnom mjestu.

U svakom logički odvojenom krilu objekta, te fizički odvojenim objektima koji trebaju ostvarivati komunikaciju sa sistemskom salom, nužno je predvidjeti zidni komunikacioni ormar najmanje visine 12U, sa izvodima četiri multimodna optička vlakna, te četiri izvoda FTP kabla (gdje je to dozvoljeno uslovima na terenu prema TIA/EIA-568 standardu). Svaki ormar mora biti opskrbljen izvorom električne energije sa centralnog UPS-a. Ovi ormari se trebaju koristiti za eventualno postavljanje dodatne komunikacione opreme u vidu DECT antena, WiFi AP-ova i sl.

Sva multimodna vlakna za poprečne veze ormara trebaju drugom stranom terminirati u glavnom FO komunikacionom ormaru server sale, zajedno sa svim SM vlaknima sa glavne FO magistrale, te svim ostalim FO vlaknima za bilo koji drugi podsistem koji se nadgleda COKP-om.

#### **11.1.3. Mrežna infrastruktura**

Sva mrežna infrastruktura treba biti realizirana uz korištenje napredne switching tehnologije, kako bi se pojedinim servisima dozvolilo korištenje pojedinih VLAN-ova (poseban VLAN za telefoniju, videonadzor, Internet...)

Korištenjem FO lokalne i MAN infrastrukture trebaju biti realizirani VLAN Trunkovi.

#### **11.1.4. Telefonija**

Sva telefonija treba biti bazirana na VoIP-u. Za strukturno kabliranje potrebno je koristiti strukturno kabliranje telefonske mreže, s tim što je preporučeno da VoIP bude realiziran po zasebnom VLAN-u. Telefonska centrala treba da se nalazi u komunikacionom ormaru u vidu rack uređaja. Ukoliko prilike dozvoljavaju izbjegavati instalaciju lokalnih centrala, a forsirati korištenje remote centrala isključivo VoIP-om (npr. IP Centrex i sl.)

#### **11.1.5. Videonadzor**

Videonadzorni sistem potrebno je realizirati korištenjem savremenih digitalnih sistema. Forsirati korištenje PoE IP kamera, a ukoliko iz realnih razloga izvedba IP kamera nije moguća, obavezno predvidjeti odgovarajuću rezervu FTP kabla za eventualnu kasniju nadogradnju. Svi FTP i eventualno Coax kablovi videonadzora trebaju terminirati na panelu unutar systemske sale. U istom komunikacionom ormaru potrebno je predvidjeti smještanje rackabilnog DVR-a, te svu dalju komunikaciju i monitoring nad njim obavezno vršiti po mrežnoj infrastrukturi, odnosno zasebnom VLAN-u namijenjenom za videonadzor, kao i komunikaciju svih IP kamera u sistemu.

#### **11.1.6. Serveri i serverska platforma**

Sve serverske sisteme potrebno je projektovati u cilju maksimiziranja njihove pouzdanosti i dostupnosti. Potrebno je posebno paziti na potrošnju i konsolidaciju resursa. Gdje je moguće, savjetuje se upotreba Blade šasija za servere, kao i odvojeni serveri za podatke u vidu Storage NAS i SAN servera. Predvidjeti virtualizaciju serverskih resursa u cilju smanjenja troškova i lakšeg održavanja.

Sva komunikacija serverske platforme treba biti redundantna sa komunikacionom infrastrukturom.

#### **11.1.7. Ostala komunikaciona i senzorska oprema**

Svi ostali sistemi, kao što su radio sistemi, različiti senzorski i telemetrijski sistemi trebaju također biti složeni u ormare systemske sale, logično po funkciji i interfejsima koje trebaju koristiti.

## **12. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA U TUNELIMA**

## Uvod

Zahtjevi kojima trebaju odgovoriti tunelske kolovozne konstrukcije su u suštini su isti kao i za kolničke konstrukcije. One bi trebale biti:

- Sigurne
- Udobne
- Trajne
- Isplative

U daljnjem dijelu teksta vršiti ćemo uporednu analizu osnovnih zahtjeva kolovozne konstrukcije za betonski kolovoz i asfaltni kolovoz.

### 12.1. Otpornost na klizanje kolničke konstrukcije

Koeficijent trenja za materijale Guma-Asfalt iznosi 0,6-0,85, a za Guma-Beton 0,5-0,80. Iz ovih odnosa se može ustanoviti da je prijanjanje gume na podlogu relativno ujednačeno kako za betonske podloge, tako i za asfaltna. Značajnija razlika se ne javlja čak ni u slučaju mokrog kolovoza.

U slučaju dugačkih tunela, radi zadržavanja velike količine prašine i masti na kolovoznoj konstrukciji, koja bi na otvorenoj cesti bila isprana kišom ili oduvana vjetrovima, dolazi do ubrzanog procesa gubitka hrapavosti kolovozne površine, pa i umanjenja otpornosti na klizanje. Prednost asfaltna konstrukcije u odnosu na betonsku je što se vrlo lako i jeftino može ukloniti tanki gornji sloj kolovozne konstrukcije i zamijeniti novim habajućim slojem. U slučaju betonske konstrukcije, morala bi se izvršiti rekonstrukcija kompletne kolovozne konstrukcije zato što ne postoji mogućnost uklanjanja i naknadnog betoniranja uklonjenog dijela gornje dijela kolovozne ploče. U ovom slučaju troškovi uklanjanja i izgradnje potpuno nove kolovozne konstrukcije bi bili daleko veći nego zamjena habajućeg sloja.

### 12.2. Vizuelnost, boja i kontrast

U slučaju boje, za tunelske kolovoze se može dati blaga prednost betonskom kolovozu radi svijetlije boje. Refleksija svijetlosti od površinu kolovoza utiče na nivo osvijetljenosti kompletnog tunela. Radi svijetlije boje betonskog kolovoza moguće je uz manju količinu osvijetljenja postići jednak stepen osvijetljenja cijelog tunela nego u slučaju podloge koja slabo reflektuje svjetlo, te samim time ostvariti stanovita ušteda u potrošnji električne energije. Posebna napomena da se danas uz dodavanja svijetlog agregata i određenih aditiva može postići svijetlija boja asfaltna konstrukcije.

Sa aspekta sigurnosti, pregled i vizuelnost u tunelu, bolji rezultati se postižu u slučaju jačeg kontrasta između podloge, zida tunela i horizontalne signalizacije. Horizontalna signalizacija se izvodi od fluorescentnih ili drečavih boja, upravo kako bi se naglasio kontrast i povećala uočljivost susjednih obekata u pokretu. U ovom slučaju tamnija podloga daje bolje performanse u odnosu na svjetliju.

### 12.3. Podužna i poprečna ravnost kolovozne konstrukcije

Ravnost završnog sloja predstavlja razliku između projektovanog i izvedenog stanja. Ravnost završnog sloja kolovoza se mjeri letvom dužine 4 m. Prema važećim Smjernicama, dopušteno odstupanje je 4 mm na 4 m u podužnom i poprečnom pravcu.

Uvidom u predloženu tehnologiju izvođača radova, ustanovljeno je da je moguće odgovoriti strogim zahtijevima Smjernica u smislu podužne i poprečne ravnosti kolovoza za obje vrste materijala.

Osnovna razlika između betona i asfalta je u krutosti konstrukcije i prilikom izvedbe, potrebom za radnim spojnica. Oba elementa značajno doprinose odnosno odmažu zahtjevanim uslovima kolovozne konstrukcije.

U slučaju učestalog pojavljivanja radnih spojnica (kod betonske konstrukcije na svakih 5,5 m), prilikom greške u izvođenju ili prijevremenog nekontrolisanog pucanja betonske konstrukcije, usljed konstantnog dinamičkog udara automobila na radnu spojnicu, može doći do mjestimičnog slijeganja jedne ploče u odnosu na drugu, čime se povećava šansa da strogi uslovi zadani Smjernicama ne budu ispunjeni. Sve ovo dovodi do umanjjenja udobnosti vožnje i može povećati mogućnost izazivanja saobraćajne nesreće.

S druge strane, vrlo dobro je poznato da radi kontinuiranog ugrađivanja u vrelom stanju, nema radnih spojnica kao u slučaju betonske kolovozne konstrukcije.

### 12.4. Uticaj umanjjenja buke

Današnja tehnologija proizvodnje cestovnih vozila toliko je napredovala da se zapravo dominantnim izvorom buke smatra dodir auto-guma i površine ceste. Iskustva su pokazala da su površine kolovoza sa visokim udjelom šupljina i sitnozrnih materijala akustični povoljnije u odnosu na tradicionalne asfalt i beton.

Osnovna razlika između betonskog i asfaltnog kolovoza je u krutosti konstrukcije. Karakteristika betona je izuzetna tvrdoća i ne fleksibilnost, dok se asfaltni kolovoz može smatrati fleksibilnom konstrukcijom. Druga vrlo važna razlika je pojava radnih spojnica. Također uticaj umanjjenja ili povećanja buke u velikoj mjeri zavisi od kvaliteta vrste i kavaliteta izvedbe završne podloge.

U slučaju betonskog kolovoza, radi velike krutosti kolovoza dolazi do povećanja vibracija, te samim tim i povećanja buke. Ako na ovo dodamo pojavu radnih spojnica gdje se svakih 0,3 s (za brzinu od 100km/h) javlja dinamički udar, jasno je da količina buke, koja se stvara prilikom vožnje, izuzetno značajna.

S druge strane, za habajući sloj asfaltnog kolovoza predviđen je SMA koji je u suštini bituminizirani materijal kojeg karakteriše veliki udio drobljenog grubog agregata koji se prepliće i čini nosivi kostur kamen na kamen. Uloga kamenog skeleta je da nosi opterećenje i da stvori veliku otpornost na trajne deformacije. Prostor između krupnih zrna agregata je ispunjen bitumenskom matricom sa polimernim vlaknima koji obezbjeđuju trajnost i dug životni vijek asfaltnog kolovoza.

Principijelna razlika između SMA i ostalih tradicionalnih asfalta je u nedostatku srednje frakcije agregata, što u konačnici doprinosi tome da postoji više šupljina u akregatnoj strukturi, te samim time stvara hrapaviju strukturu.

Prednost SMA asfalta je što pruža odlične uslove za vožnju (ravnomjernost, otpornost proklizavanju), veliku otpornost na trajne deformacije i pucanje, kao i uticaj smanjenja buke. Ako se poredi sa uobičajenim asfaltima, može se očekivati umanjeње buke do 3dB.

Postoje tehnologije koje mogu izvesti grublju površinu betonskog kolovoza, kako bi se dobio efekat umanjeња buke, međutim karakteristično za ove tehnologije da se gubi otpornost na proklizavanje i da nije preporučljiva za ceste sa velikim brzinama.

## 12.5. Otpornost na požar i posljedice po konstrukciju

Prema tehničkom opisu projekta tunela, osnovni razlog za odabir betonske kolovozne konstrukcije je zaštita od požara. Značajni požari u tunelima koji su se desili između 1999. i 2005. godine su pokrenuli niz rasprava o zaštiti od požara u tunelima iz čega su proistekle brojne studije o uticaju kolovozne konstrukcije na intezitet požara.

Zvaničan stav PIARC-a, objavljen u izvještaju „Fire and Smoke Control in Road Tunnels“, proistekao iz značajnog obima istraživačkih radova i studija o uticaju kolovozne konstrukcije na intezitet požara je: **„Standardni asfaltni kolovozi nemaju značajan negativan uticaj na na sigurnost prilikom požara i mogu se koristiti u tunelima.“** Iz svih studija se jasno vidi da asfalt, kao odabrani materijal za kolovoznu konstrukciju, ne doprinosi značajno veličini požara (količini oslobađanja toplote, kao ni ukupnom požarnom opterećenju) u slučaju požara u tunelima. Ovo se posebno odnosi na prvu fazu požara, kada nastupa evakuacija tunela.

Svaka od studija je takođe donijela i neke individualne poglede na ovaj problem. U produžetku se navode studije i njihovi zaključci.

- „Performance of pavements in asphalt and concrete in tunnels, particularly in case of fire“ Njemačka – Ne postoji razlog zbog kojeg bi Njemačka usvojila Austrijsku odluku da ne koriste asfaltnu kolovozu u novim tunelima dužim od 1000 m.
- „Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure: Review on Reaction to Fire of Pavements Materials “ Samaris - Preispitivanje i istraživanje incidenata ne ukazuje na povećanje dodatnog rizika usljed odabira materijala za kolovoznu konstrukciju, čak ni u slučajevima katastrofalnih požara, kao što je prikazano u slučaju požara u tunelu St. Gotthard .
- „Fire behaviour of asphalt pavement in case of road tunnel fire“ Francuska - prilikom požara u tunelu Mont Blanc i prema temperaturama procijenjenim na osnovu istrage, asfaltni kolovoz nije bio uzrok širenju požara.
- „Fire performance of road tunnels“ Francuska – Opšte pravilo preporuka je da se koriste nesagorivi materijali za plafon, a za bočne obloge slabo sagorivi materijali i ne daju nikakve preporuke za korištenje materijala za kolovoz. Takođe se preporučuje da se posebna pažnja obrati na mogućnost postojanja galerija ispod kolovoza.

- „Brief Introduction to Tunnel Pavements Technologies“ Kina – Postoji mogućnost presvlačenja betonskog ili asfaltnog kolovoza epoksidnim slojem, kako bi se između ostalog postigle karakteristike nesagorivosti materijala.
- „Fire performance of asphalt concrete“ Francuska – Kolovoz na bazi bitumena nije lako zapaljiv i potrebna je značajna količina termalne izloženosti kako bi došlo do samoupaljivanja. Vjerovatno je da taj nivo izloženosti se može pojaviti samo u neposrednoj blizini vozila koje je već gori. Rezultati istraživanja pokazuju da u slučaju upaljivanja bitumenskog sloja, samo površinski sloj saučestvuje u požaru, zato što se stvara „unutrašnji kolač“ na površini kolovoza od ostataka izgorjenog bitumena. Količina izmjerenog pirolitičkog toka je vrlo niska u poređenju sa onim koji se dobije u slučaju zapaljenog vozila. Količina proizvedenih gasova i temperature usljed sagorijevanja asfalta čini se da nije takva da bi mogla značajnije pogoršati situaciju za korisnike usljed evakuacije.

## 12.6. Održavanje kolovozne konstrukcije i cijena izgradnje

Cijena održavanja postojećih kolovoznih konstrukcija svakodnevno opterećuje budžet i stavlja nove zahtjeve pred njega. Iz tog razloga od esencijalne važnosti je da se pravilnim odabirom tehnologija, tehničkih rješenja i materijala stvore preduslovi za što ekonomičnije održavanje kolovozne konstrukcije.

U zavisnosti od vrste oštećenja betonskog kolovoza (pukotina, dotrajalost spoja, istrošenost, oštećenja kolovoza, istrošenost kolovoza), potrebno je primijeniti odgovarajuću metodu popravke, iako metode popravka ne povećavaju kvalitet kolovoza, mogu produžiti životni vijek kolovozne konstrukcije.

Problem kod mjestimičnog popravke ploče do cijele dubine, kod nearmiranih kolovoza (kao što je predviđeno u našem slučaju), je stvaranje radnih spojnica na mjestima na kojim nisu predviđena te postoji mogućnost da dođe do slijeganja jednog dijela ploče, što može ugroziti saobraćajnu sigurnost.

Parcijalne popravke do jedne trećine dubine ploče se vrše u područjima radnih spojnica ili popravljanja rubova betonskog kolovoza. U slučaju da je oštećenje dublje od 1/3 debljine ploče, mora se koristiti popravak do cijele dubine ploče.

Materijali koji se koriste za izvršenje ovakvih popravki u glavnom karakteriše velika gustina, izrazito velika čvrstoća, i vrlo malo skupljanje ili su na bazi epoksidnih smola i specijalnih cementa. Radi posebnih zahtjeva na koje moraju odgovoriti, kvalitet materijala za popravku je izuzetno visok, a samim time i cijena.

Poseban problem predstavlja glačanje gornje površine kolovozne konstrukcije usljed velikog saobraćajnog opterećenja i habanja, što dovodi do umanjevanja otpornosti na klizanje. Trenutno ne postoji isplativ način prevazilaženja ovog problema, radi nemogućnosti ostvarivanja kvalitetne veze između tankog sloja novog betona i već postojeće betonske konstrukcije. Drugi problem je krutost samog betona, koji ako je u tankim slojevima, vrlo lako može doći do pucanja. Tako da je opšta preporuka da poslije 15 – 20 godina se izvrši kompletna rekonstrukcija kompletne kolovozne konstrukcije.

Vrlo važno je napomenuti, da u regionu ne postoje firme sa relevantnim iskustvom u gradnji i održavanju betonskih kolovoza, što uveliko poskupljuje troškove održavanja kolovozne konstrukcije.

S druge strane, prednost popravke asfaltnog kolovoza je njegova fleksibilnost prilikom održavanja i popravki. Kod lokalnih opravki, može se ostvariti vrlo dobar spoj između novog i starog asfalta uz primjenu uobičajenih tehnologija i materijala, što znatno pojeftinjuje sam postupak održavanja. Procenjen vijek trajanja asfaltnog kolovoza je od 7 – 10 godina, nako čega je preporučljivo ukloniti habajući sloj asfalta i postaviti novi.

Dodatna prednost asfalta je prilikom zimskog održavanja gdje će, iako je većina kolovozne konstrukcije zaštićena od sijega, na ulaznom dijelu tunela doći do posipanja solima, kao preventiva smrzavanju kolovoza. Za razliku od asfalta beton je osjetljiv na soli i može doći do ubrzanog propadanja gornje površine kolovoza i na taj način površinu kolovoza izloži negativnom djelovanju mraza i umanju samu trajnost kolovozne konstrukcije.

Procenjena vrijednost radova za betonske radove, kao i za asfaltne je urađena na osnovu zvanične dostavljene ponude dostavljene od strane izvođača radova. Jedinичna cijena za betonske kolovoze iznosi 28,32 eura, dok za asfaltne iznosi 21,40 eura. Razlika u cijeni je 32% u korist asfaltne konstrukcije. Kada se uzme ukupna količina asfalta za cijeli tunel, procjenjuje se da bi ušteda iznosila oko 400,000.0 eura.

Od izuzetne važnosti je naglasiti, da u BiH kao ni u regionu ne postoji firma koja ima iskustva sa održavanjem, popravkom i izgradnjom betonske kolovozne konstrukcije, jer se ta tehnologija nije implementirala na ovim prostorima u posljednjih nekoliko decenija. Iz tog razloga nemoguće je procijeniti tačnu vrijednost radova održavanja na godišnjem nivou, ali prema dostupnim studijama iz Evrope i Amerike ekonomičnost cijene održavanja je na strani asfaltne konstrukcije.

## 12.7. Ocjena uporednih kriterija

U slučajevima kada pri donošenju odluka imamo više različitih kriterija koji su često u kontradiktornosti, uputno je primijeniti metodu donošenja odluka na osnovu multi-kriterijske analize. Radi lakšeg sagledavanja problema i pružanja pomoći prilikom odlučivanja prezentovana je tabela sa imenom kriterija i uporednom odgovarajućom bojom za svaki tip kolovozne konstrukcije, koja bi trebala dati vizuelnu sliku podobnosti određenog tipa konstrukcije za primjenu u tunnelima, kao i odgovaranje određenim zahtijevima kolovozne konstrukcije. Zelena boja predstavlja pozitivan aspekt, a crvena negativan. Na ovaj način pokušano je izvršiti prezentaciju problema, kao i prednosti i mana svakog od pojedinih tipova kolovozne konstrukcije.

| Asfaltni kolovoz |  |  |  |  |                             | Betonski kolovoz |  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|--|-----------------------------|------------------|--|--|--|--|
|                  |  |  |  |  | Kriteriji                   |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  |                             |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 1. Otpornost na klizanje    |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 2. Ekonomično osvjjetljenje |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 3. Kontrast                 |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 4. Udobnost vožnje          |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 5. Umanjenje buke           |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 6. Otpornost na požar       |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 7. Cijena izgradnje         |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 8. Iskustva u održavanju    |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 9. Cijena održavanja        |                  |  |  |  |  |
|                  |  |  |  |  | 10. Trajnost                |                  |  |  |  |  |

## Zaključak

Iz svega navedenog jasno je i vidljivo da je upotreba asfaltnih kolovoza u tunnelima bolja od upotrebe betonskih kolovoza, te se stoga daje uputa svim projektantima, nadzornim timovima i izvođačima da primjene asfaltna kolovoza u tunnelima u skladu sa važećim normama, standardima i pravilnicima, za sve dionice koje su u fazi projektovanja, u fazi pripreme za izgradnju ili u fazi izgradnje.

Kolovozna konstrukcija u tunnelima će pratiti sastav i dimenzije kolovozne konstrukcije na otvorenoj trasi, van tunela, u skladu sa principima datim u Uputi br.14 za projektovanje i izvođenje kolovoznih konstrukcija na trasi autoceste.

- SMA 11s (SBM11s), + PmB 45/80-65 + Er,
- AGNS 22s, + PmB 45/80-65 + Kr,
- AGNS 32s ili AGNS 22s, + B 35/50 + Kr,
- Cementom stabilizovani sloj, d = 20 cm u skladu sa zahtjevima važećih TU
- NNS 0/45 mm,  $f_5$ ,  $E_{v2} \geq 120$  MPa,

Minimalna debljina tamponskog (nosivog nevezanog) sloja kolovozne konstrukcije iznosi 25 cm. Kada tunnelska konstrukcija sadrži podnožni svod onda je prostor između kolovozne konstrukcije i podnožnog svoda ispunjen filtarskom ispunom debljine 25cm a potom ispunom od kamene mješavine 0/63 mm čija granulometrijska kompozicija odgovara mješavini tampona sa  $d_{max}$  63 mm ( $U=d_{60}/d_{10}$  između 15 i 80) i sadržajem finih čestica do 12 % m/m (kategorija  $f_{12}$ ); čija fizičko mehanička svojstva zadovoljavaju kriterije propisane za tamponske mješavine. Filtarska ispuna se nakon navoženja i profilisanja zbija laganom mehanizacijom kako se ne bi oštetila drenažna cijev. Preko filtarske ispune se ugradi geotekstil sa preklopima u smjeru navoženja prvog sloja ispune u debljini do 35 cm. Navoženje i planiranje ispunskog materijala se mora raditi sa čela kako se ne bi poremetila filtarska ispuna, geotekstil drenažna cijev. Na prvom sloju ispune bi trebalo obezbijediti cca 75% nosivosti na posteljici, odnosno  $_{min}E_{v2} = 60$  MPa. Na drugom sloju ispune bi trebalo osigurati konačnu nosivost na posteljici sa  $_{min}E_{v2} = 80$  MPa.

Kvalitet tamponske mješavine, kao i izvedenog nosivog sloja mora u potpunosti zadovoljavati kriterije važećih tehničkih uslova a posebno se naglašava aspekt nosivosti ( $E_{v2} \geq 120$  MPa) kao i aspekt mrazootpornosti, odnosno ograničenog učešća sitnih čestica u tamponskoj mješavini (kategorija  $f_5$ ).

Tehnički zahtjevi za pojedine slojeve kolovozne konstrukcije preciznije su definisani u Uputi br.14 za projektovanje i izvođenje kolovoznih konstrukcija na trasi autoceste.

### **Odvodnjavanje donjeg stroja**

Da bi se spriječio dotok podzemne vode iz stijenske mase u i na površinu kolovozne konstrukcije, (dotok je moguć preko hladnih dilatacija nearmiranog betonskog podnožnog svoda odnosno direktno iz stijenske mase u slučaju da je tunel izveden bez podnožnog svoda), filtarska ispuna mora osigurati dobru propusnost i mogućnost odvođenja procjedne ili podzemne vode drenažnom cijevi. Geotekstilna membrana ima dvojaku funkciju i to da spriječi zamuljenje filtarske ispune sitnim česticama iz ispune i da poveća nosivost te spriječi mješanje materijala ispune i filtarskog materijala.

Podužna drenažna cijev tunela je unutrašnjeg prečnika D150mm, sa perforacijom u gornjih  $120^\circ$  ( $200\text{cm}^2/\text{m}'$ ), koja omogućava prijem i transport vode u uzdužnom smjeru tunela.

Ukoliko se prilikom izvođenja tunela uoče izvori vode u zoni podnožnog svoda, oni se po potrebi kaptiraju i sa poprečnim cijevima D150 (ili većeg po potrebi u skladu sa količinom dotoka) direktno povezuju u centralni sabirni kolektor, bilo da se za to koristi glavna sabirna cijev odnosno centralni drenažni šaht (ukoliko je to lokacijski povoljno). U tom slučaju obavezno predvidjeti zaštitu od pojave povratnog toka postavljanjem nepovratnih ventila.

Karakteristični poprečni presjeci za tunele sa i bez podnožnog svoda su prikazani na slikama 1 i 2.





### **13. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA NA TRASI AC**

## Uvod

Na ovom stepenu organizovanosti JP Autoceste FBiH ukazala se potreba za harmonizacijom projektnih rješenja za pojedine elemente autoceste. Tendencija je da se u skoroj u budućnosti svi bitni elementi autoceste: geometrijski elementi, geotehnički objekti, mostovi, nadvozi, prolazi, kolovozna konstrukcija, odvodnja, tuneli, oprema i svi ostali elementi biti predmetom harmonizacije projektnih rješenja kako bi izbjegli nepotrebna lutanja i šarenilo na autocesti.

Predmet prve harmonizacije projektnih rješenja je kolovozna konstrukcija autoceste. Sa željom da se iskoriste dosadašnja iskustva, znanja, poteškoće i prednosti od svih učesnika u realizaciji gradnje autoceste od projektovanja, revizije, izgradnje i kontrole kvaliteta izvedenih radova JP Autoceste FBiH su 13.06.2012 uputile dopis na sve poznate i relevantne adrese za dostavu prijedloga sugestija i primjedbi na do sada projektovana, izvedena i rješenja kolovoznih konstrukcija u izvođenju.

Na osnovu prikupljenih informacija, raspoloživih saznanja i iskustava slijedi okvir za rješenja kolovoznih konstrukcija na autocestama u FBiH od kojeg se ne može odstupati bez posebne saglasnosti JP Autoceste.

### 13.1. Okvir unificirane kolovozne konstrukcije glavne trase autoceste

#### 13.1.1. Sastav i vrste slojeva na glavnoj trasi (vozna i preticajna traka) autoceste

- A. SMA 11s (SBM11s)  $d = 3,5$  do  $4,5$  cm, + PmB 45/80-65 + Er,
- B. AGNS 22s,  $d =$  prema proračunu ali ne ispod 7 cm, + PmB 45/80-65 + Kr,
- C. AGNS 32s,  $d =$  prema proračunu ali ne ispod 9 cm + B 35/50 + Kr ili AGNS 22s  $d =$  prema proračunu ali ne ispod 7 cm + B 35/50 + Kr<sup>1</sup>
- D. Cementom stabilizovani sloj,  $d = 20$  cm u skladu sa zahtjevima važećih TU
- E. NNS 0/45 mm,  $d = 20$  do 30cm,  $f_s$ ,  $M_s \geq 100$  MPa, ili  $E_{v2} \geq 120$  MPa,
- F. Planum posteljice  $M_s \geq 60$  MPa, ili  $E_{v2} \geq 80$  MPa,

### Obrazloženja

- A. SMA (SBM) diskontinualna mješavina spravljena na bazi eruptivnih agregata odgovarajućih, fizičko mehaničkih i volumenskih svojstava u skladu sa zahtjevima važećih TU. Pripremu uzoraka, ispitivanje, vrijednovanje rezultata i ocjenu kvaliteta izvedenog sloja vršiti u skladu sa zahtjevima važećih TU<sup>2</sup>. U slučaju da su projektovane mješavine koje ne sadrže važeći TU zahtjevi za kvalitet mješavine: granulometrija, fizičko-mehanička i volumenska svojstva će se projektovati i izvoditi u skladu sa izvornim dokumentima (OTU ili drugi) iz koje su preuzeti ali će se vrijednovanje i mehanizmi obračuna primjenjivati u skladu sa važećim TU – Smjernicama. Obavezana je primjena stabilizatora veziva i polimer modificiranog veziva u skladu sa aktuelnim klimatskim prilikama. Tehnološke debljine za mješavinu sa  $d_{max}$  11mm, prema našim TU, za ovaj sloj su 3 do 5 cm, ali shodno

<sup>1</sup> Kada proračunom ukupno dobivena debljina bituminiziranih nosivih slojeva ne prelazi 16cm, tada će se u oba nosiva sloja primijeniti mješavina sa  $d_{max} = 22$ mm

<sup>2</sup> Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima

iskustvima preporučuju se debljine u rasponu 3,5 do 4,5 cm bez ulaska u ekstremne vrijednosti.

- B. Gornji nosivi ili vezni sloj sa  $d_{\max}$  22 mm, debljine ne manje od 7 cm, a po potrebi u skladu sa saobraćajnim opterećenjem i veće. Projektovan i izveden na bazi karbonatnih – krečnjačkih agregata i polimer modificiranog veziva u skladu sa klimatskim prilikama. Pripremu uzoraka, ispitivanje, vrijednovanje rezultata i ocjenu kvaliteta izvedenog sloja vršiti u skladu sa zahtjevima važećih TU i to za klasu izuzetno teškog saobraćajnog opterećenja. U slučaju da su projektovane mješavine koje ne sadrže važeći TU zahtjevi za kvalitet mješavine: granulometrija, fizičko-mehanička i volumenska svojstva će se projektovati i izvoditi u skladu sa izvornim dokumentima (OTU ili JUS standard) iz koje su preuzeti ali će se vrijednovanje i mehanizmi obračuna primjenjivati u skladu sa važećim TU – Smjernicama.
- C. Gornji nosivi sloj sa  $d_{\max}$  32 mm (ili  $d_{\max} = 22\text{mm}$ ), debljine prema proračunu u skladu sa saobraćajnim opterećenjem, ali ne ispod 9 cm (ne ispod 7cm ako je u pitanju  $d_{\max} = 22\text{mm}$ ). Kada se asfaltni slojevi ugrađuju na cementom stabiliziovani sloj ili se radi o dionici koja gravitira južnom dijelu koridora, obavezna je primjena tvrdog bitumenskog veziva B 35-50. Pripremu uzoraka, ispitivanje, vrijednovanje rezultata i ocjenu kvaliteta izvedenog sloja vršiti u skladu sa zahtjevima važećih TU i to za klasu izuzetno teškog saobraćajnog opterećenja. U slučaju da su projektovane mješavine koje ne sadrže važeći TU zahtjevi za kvalitet mješavine: granulometrija, fizičko-mehanička i volumenska svojstva će se projektovati i izvoditi u skladu sa izvornim dokumentima (OTU ili JUS standard) iz koje su preuzeti ali će se vrijednovanje i mehanizmi obračuna primjenjivati u skladu sa važećim TU – Smjernicama.
- D. Cementom stabilizovani sloj se preporučuje kao sastavni dio kolovozne konstrukcije, osim ako se posebnim uslovima ne dokaže da nije potreban u sastavu kolovozne konstrukcije i uz odobrenje JP Autoceste može se izostaviti. Debljina ovog sloja iz razloga dobre ugradljivosti i kompaktilnosti ne bi trebala prelaziti 20 cm, ali ne manje od 15 cm. Za potrebe prethodnih ispitivanja, pri uspostavljanju odnosa mješanja kompozita cementne stabilizacije, kao i za potrebe kontrole proizvodnje i ugradnje sloja koristiti enegriju zbijanja u skladu sa zahtjevima BAS EN 13286-2 od  $2,70 \text{ MJ/m}^3$ . Kvalitet i osobine mješavine agregata za projektovanje, proizvodnju i ugradnju sloja cementne stabilizacije trebaju u potpunosti odgovarati zahtjevima za mješavine NNS granulometrije 0/45 mm, važećih TU. Ugradnja sloja cementne stabilizacije se mora vršiti prikladnim uređajima, ovisno o primjenjnom tehnološkom postupku, koji obezbjeđuju homogen sloj propisanih geometrijskih i nosivih svojstava. Pri proizvodnji mješavine u centralnom postrojenju ugradnja se mora vršiti odgovarajućim razastiračima koji obezbjeđuju homogenost razastrtom sloju. Moraju se ispoštovati svi zahtjevi u pogledu fizičko mehaničkih, nosivih i geometrijskih svojstava kao i poduzeti sve propisane mjere u cilju njegovanja svježeg izvedenog sloja.
- E. Nevezani nosivi sloj kolovozne konstrukcije izvesti u skladu sa specifikacijama u važećim TU od mješavine deklarisanе kao 0/45mm, proračunom i tehnološkim debljinama. Izrada NNS u sloju debljine veće od 30 cm nije preporučena, a ako je projektovana debljina veća raditi dvoslojno ili primjenjenom tehnologijom dokazati zbijenost sloja po cijeloj debljini izvedenog sloja. Pri ugradnji sloja moraju se ispoštovati zahtjevi za optimalnu vlažnost

mješavine agregata u propisanim granicama  $\pm 2\%$ . Fizičko mehanička svojstva mješavine agregata namjenjene za izradu NNS moraju biti u skladu sa zahtjevima važećih TU uz posebno ograničenje na sadržaj sitnih čestica (čestice ispod 0,063mm) max kategoriju  $f_5$  bez mogućnosti da ta vrijednost pri ugradnji doseže kategoriju  $f_8$ . Dopušta se da 10% rezultata ima prekoračenje 10% odnosno max 6% m/m. Sadržaj prašinaste komponente (čestice manje od 0,02mm) do max 3% m/m. Vrijede svi ostali zahtjevi za fiziko-mehanička i nosiva i volumenska svojstva propisana važećim TU.

- F. Kad god je to moguće, kada dopuštaju kvalitet upotrijebljnih materijala na nivou posteljice obezbjediti što veću nosivost primjenjujući standardne tehnološke postupke i definisane materijale za izradu posteljice. Najmanja vrijednost nosivosti na posteljici se ograničava na  $E_{v2} = 80 \text{ MPa}$ ,  $E_{dyn} = 40 \text{ MPa}$  ili  $M_s = 50 \text{ MPa}$ . Do 10% ukupnog broja mjerenja se dopušta da donja granična vrijednost bude 85% propisane vrijednosti. U pogledu sadržaja sitnih čestica vrijede zahtjevi važećih TU, definisani u ovisnosti o Hazenovom koeficijentu neranomjernosti i hidrološkim prilikama.

### **13.1.2. Sastav i vrste slojeva na glavnoj trasi autoceste – zaustavna traka**

- A. BB11 k (AB 11),  $d$  = kao debljina HS vozne glavne trase, B 50/70, sa parametrima sa srednje saobraćajno opterećenje,
- B. AGNS 22A, (BNS 22),  $d$  = kao debljina VS ili gornjeg BNS vozne glavne trase, B 50/70, sa parametrima sa srednje saobraćajno opterećenje,
- C. NNS 0/45 mm,  $d$  = u skladu sa ukupnom debljinom KK na glavnoj trasi,  $f_5$ ,  $M_s \geq 100 \text{ MPa}$ , ili  $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ ,
- D. Planum posteljice  $M_s \geq 60 \text{ MPa}$ , ili  $E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$ ,

### **Obrazloženje**

Vrijede sve upute date za pojedine slojeve i materijale na voznoj i preticajnoj traci glavne trase, osim po pitanju parametara projektovanih, proizvedenih i izvedenih slojeva koji trebaju biti u skladu sa saobraćajnim opterećenjem – srednje saobraćajno opterećenje. Tehnološke debljine habajućeg i nosivog asfaltnog sloja moraju biti saglasne projektovanim debljinama odgovarajućih slojeva vozne trake s kojom su u dodiru.

## **14. UPUTA ZA PLANIRANJE I IZVOĐENJE ASFALTERSKIH RADOVA**

## Uvod

Asfalt je proizvod kojemu osnovnu karakteristiku ugradljivosti daje vezivo bitumen. Obradivost bitumena ovisno tipu bitumena, direktno je ovisno o temperaturi, pa su tako u zavisnosti od tipa primjenjelog bitumenskog veziva propisane i minimalne kao i optimalne temperature za ugradnju bitumenskih mješavina. Tabela 3.39 važećih TU u nastavku teksta daje preporučene temperaturne raspone za bitumenske mješavine ovisno o tipu primjenjelog bitumenskog veziva:

**Tabela 3.39: Preporučena i najveća temperatura proizvedene smjese bitumenskog betona**

| Tip bitumena | Priporučeno područje temperature<br>°C | Najviša temperatura<br>°C |
|--------------|----------------------------------------|---------------------------|
| B 160/200    | 130 do 150                             | 165                       |
| B 100/150    | 135 do 155                             | 170                       |
| B 70/100     | 140 do 160                             | 175                       |
| B 50/70      | 150 do 170                             | 180                       |
| B 35/50      | 160 do 180                             | 190                       |
| B 20/30      | 170 do 190                             | 195                       |

Osim toga veoma je važno obezbjediti dobru prionjivost između asfaltnog sloja i podloge, kao i dobru prionjivost između dva asfaltna sloja. Samo kolovozna konstrukcija u kojoj slojevi imaju dobru međusobnu vezu u eksploataciji funkcionira kao konstrukcija i sposobna je preuzeti planirano saobraćajno opterećenje bez neželjenih defekata. U tom smislu izvodi se obavezna tehnološka faza „izrada sloja za slijepljivanje bituminiziranih slojeva“ – tzv. špricanje bitumenske emulzije.

Vlažno, hladno i vjetrovito vrijeme snižavaju temperaturu proizvedene mješavine, nepovoljno utiče na prionjivost slojeva i značajno otežava ili onemogućava korektnu ugradnju proizvedene asfaltne mješavine. S tim u vezi svi, pa i važeći TU, propisuju minimalne temperature zraka i podloge, isključuju rad po vlažnom vremenu, propisuju uslove za transport proizvedene asfaltne mješavine kako bi se obezbjedili optimalni uslovi za ugradnju bituminiziranih smjesa.

Obzirom da veći dio naše zemlje ima kontinentalnu klimu, a samo južni dijelovi nešto između kontinentalne i mediteranske to su i do sada postojala i kalendarska ograničenja za planiranje izvođenja asfaltnih radova. S tim u vezi JP Autoceste FBiH propisuju:

### 14.1. Kalendarski okvir za planiranje i izvođenje asfaltnih radova na autocestama

Za planiranje izvođenja i izvođenje asfaltnih radova na autocestama Izvođači asfaltnih radova se upućuju na period od 15. Aprila do 15. Oktobra.

Radovi pripremljeni za izvođenje prije 15. Aprila, a u slučaju da su ispoštovani uslovi u pogledu temperature zraka i podloge; kao i radovi koji su u fazi izvođenja a prelaze planirani okvir 15. Oktobra pri čemu su još uvijek zadovoljeni uslovi temperature zraka i podloge mogu se izvoditi uz posebno odobrenje Inženjera.

Svi Izvođači, i njihovi dobavljači materijla ili podizvođači se upućuju da period od 15. Oktobra do 15. Aprila iskoriste za adekvatne pripreme. Uređenja kamenoloma, remont i popravke opreme i postrojenja, pribavljanje saglasnosti, ispitivanja i izradu prethodnih laboratorijskih saastava i izradu prateće dokumentacije kao što su tehnološki elaborati i sl. kako bi spremno dočekali početak asfaltnih radova.

Za već ugovorene radove ova instrukcija se primjenjuje na način da se ispoštuju zahtjevi propisani važećim tehničkim uslovima kao što su: temperatura zraka, temperatura podloge, vjetrovito vrijeme, vlažno vrijeme i sl. te ostale nadležnosti za koje saglasnost daje Inženjer.

## **15. UPUTA ZA ODOBRAVANJE MATERIJALA – FRAKCIONISANI AGREGAT**

## Uvod

Zakonom o građevinskim proizvodima, i Pravilnicima koji su proistekli iz ovog Zakona ili drugih Zakonskih osnova a tiču se postupaka izdavanja certifikata i ostale dokumentacije kojom se definiše kvalitet su propisani uslovi i postupci za kontrolu proizvodnje i izdavanje certifikata za građevinske proizvode (pa i za frakcionisane agregate i druge kamenolomske proizvode).

Uslijed brojnih nedostataka systemske prirode (postojanje regulative a nepostojanje mehanizama za njeno dosljedno sprovođenje, nedovoljan broj ovlaštenih pravnih lica i dr.) proizvođači kamenolomskih proizvoda sa različitim nivoom dosljednosti i ozbiljnosti izvršavaju svoje obaveze u smislu obezbjeđenja adekvatne kontrole proizvodnje i osiguranja dokaza kvaliteta. U cilju izbjegavanja primjene različitih mjerila pri donošenju odluka kod odobravanja izvorišta i kamenolomskih proizvoda: frakcionisanih agregata za asfalt i beton, mješavina za NNS, VDNS i ostalih, JP Autoceste FBiH ovim dokumentom definišu minimalne zahtjeve za proizvođače kamenolomskih proizvoda.

### 15.1. Minimalni zahtjevi za proizvođače frakcionisanih agregata

Svi proizvođači kamenolomskih materijala koji za svoje proizvode nisu obezbjedili **certifikat o usklađenosti proizvoda**, prema Zakonu o građevinskim proizvodima i pripadajućim Pravilnicima, za predviđenu namjenu (asfalt, beton, mješavine za NNS, VDNS) do obezbjeđenja certifikata moraju obezbjediti najmanje:

- Opšti dokumenti: Registracija društva, djelatnost, koncesioni ugovori, okolinske dozvole i drugi dokumenti kojima dokazuju svoj legalitet za vršenje djelatnosti,
- Podobnost osnovne sirovine (stijene) za proizvodnju kamenolomskih proizvoda dokazanu adekvatnim ispitivanjima (prihvatljivo je da su ispitivanja urađena po preuzetim JUS standardima), u skladu sa namjenom, izdate od ovlaštenih, ili osposobljenih i odgovarajuće opremljenih domaćih subjekata<sup>3</sup>.
- Ispitivanja osnovne sirovine i ocjena podobnosti mora biti bazirana na najmanje tri aspekta: fizičko – mehanička svojstva materijala u skladu sa namjenom, minierološko petrografski sastav sa ocjenom podobnosti u odnosu na namjenu materijala i hemijsku analizu sa naglaskom na sadržaj štetnih i nedozvoljenih materija u odnosu na namjenu materijala,
- Podobnost proizvoda: farkcionisanog agregata ili mješavine agregata dokazanu adekvatnim ispitivanjima (za NNS i VDNS po BAS EN 13242; za beton BAS EN 12620 i za asfalt po BAS EN 13043), u skladu sa namjenom, izdate od ovlaštenih, ili osposobljenih i odgovarajuće opremljenih domaćih subjekata. Ocjena, mišljenje o upotrebljivosti ili podobnosti proizvoda mora biti bazirano, u skladu sa namjenom materijala, na parametrima fizičko mehaničkih svojstava materijala, minerološko petrografskom analizom i hemijskom analizom proizvoda.

### 15.2. Ocjena prihvatljivosti frakcionisanog agregata proizvedenih iz dolomitnih stijena

---

<sup>3</sup> Pod „osposobljeni i odgovarajuće opremljeni domaći subjekti“ se podrazumijevaju pravna lica koja u pogledu opremljenosti, osposobljenosti i kadrovske ekipiranosti posjeduju kapacitete propisane Pravilnikom o uvjetima za lica koja provode radnje ocjenjivanja usklađenosti građevinskih proizvoda, ali iz objektivnih ili drugih razloga još uvijek ne posjeduju ovlaštenje nadležnog Ministarstva za provođenje postupaka ocjenjivanja usklađenosti, provođenju pojedinih radnji u postupku ocjenjivanja usklađenosti, izdavanja certifikata o fabričkoj kontroli proizvodnje ili izdavanja certifikata o usklađenosti građevinskog proizvoda.

Važeći TU, osim u nekim specijalnim slučajevima<sup>4</sup>, ne isključuju upotrebu frakcionisanih agregata dobivenih iz čvrstih dolomitnih stijena koje se eksploatišu miniranjem. Neke od osobina zbog kojih frakcionisani agregati dolomitnog porijekla nisu u neselektivnoj upotrebi su:

- Sadržaj i porijeklo sitnih čestica,
- Sadržaj slabih i trošnih zrna,
- Upijanje vode,
- Nedovoljna mehanička otpornost na dodatno predrobljavanje pod djelovanjem mehanizacije za ugradnju (LA, MD ili drobljivost)
- Nezadovoljavajuće vrijednosti otpornosti na poliranje (PSV za habajuće slojeve),
- Minerološko petrografska i hemijska podobnost po pitanju primjene u betonskim mješavinama za betone izložene djelovanju vlažnih i agresivnih sredina.

Dakle, dolomitni materijali nisu eksplicitno zabranjeni za radove u cestogradnji ali je njihovu upotrebljivost potrebno dokazati adekvatnim ispitivanjima sa posebnim osvrtom na već ukazane osobine u skladu sa namjenom materijala.

Obezbjedena tekuća kontrola proizvodnje sa statističkim pokazateljima parametara kvaliteta za period najmanje 6 mjeseci prije podnošenja aplikacije za upotrebu u građevini autoceste. Prihvatljiv je nivo obezbjeđenja kontrole proizvodnje za sistem 1+ (osposobljeno osoblje i adekvatno opremljena laboratorija Proizvođača), u Ugovor sa Institucijom koja bi periodično vršila statističku obradu na bazi sopstvenih i rezultata ispitivanja proizvođača (sistem 2+) bez obzira ako Institucija nije okončala postupak dobivanja ovlaštenja ali je taj postupak u toku,

Kada se pregledom dokumentacije ustanovi da se radi o agregatima koji prema sastavu spadaju u agregate sa potencijalnom mogućnosti nastanka štetnih alkalnih reakcija u betonu, tj. silikatni agregati, dolomiti, dolomitizirani krečnjaci, krečnjački dolomiti i ostali agregati koji prema sastavu spadaju u agregate sa potencijalnom mogućnosti nastanka alkalno-silikatne ili alkalno-dolomitne reakcije u betonu potrebnoj je izvršiti dodatna ispitivanja prema DIN EN 12620 i njemačkoj smjernici za sprječavanje štetnih alkalnih reakcija u betonu - "Alkalna smjernica" Uslovi i sprovedene ispitivanja agregata sa aspekta alkalne reaktivnosti dati su u aneksu 1. ove upute.

Odobrenje za navedene agregate sa aspekta alkalne reaktivnosti će se dati za materijala koji su prema klasifikaciji navedene "Alkalne smjernice" (DAfStb-Richtlinie, Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton- Alkali Richtlinie) svrstani na slijedeći način:

E I - "X" - **bezopasan** sa aspekta alkalne reaktivnosti **"ODOBRAVA SE"**

E III - "X" - **opasan** sa aspekta alkalne reaktivnosti **"NE ODOBRAVA SE"**

"X" - označava minerološko-petrografsku pripadnost klasifikacija E II - "X" - **uslovno upotrebljiv** sa aspekta alkalne reaktivnosti **"ODOBRENJE POD POSEBNIM USLOVIMA"**

<sup>4</sup> Za habajuće slojeve saobraćajnica sa teškim i vrlo teškim saobraćajnim opterećenjem zahtjevana je isključiva primjena agregata sa visokom otpornosti na poliranje – što odgovara stijenama eruptivnog porijekla

E II- "X" klasifikacija se odnosi samo u slučaju ispitivanja na alkalno-silikatnu reaktivnost, tj. dolomiti, dolomitizirani krečnjaci, krečnjački dolomiti ne mogu biti "odobreni pod posebnim uslovima". "Odobrenje pod posebnim uslovima" podrazumjeva ograničenja data u certifikatu. Ukoliko se procjeni da se "posebni uslovi" prema certifikatu iz tehnoloških ili drugih razloga ne mogu doslijedno sprovesti neće se dati odobrenje za takav agregat.

### 15.3. Ocjena prihvatljivosti frakcionisanog agregata za habajući sloj autoceste

Za projektovanje, proizvodnju i ugradnju asfaltne mješavine namjenjene izradi habajućeg sloja teško i vrlo teško opterećenih saobraćajnica u skladu sa svim tehničkim uslovima koji se primjenjuju na našim prostorima:

- Ugovorna dokumenta za izgradnju, rekonstrukciju, i modernizaciju puteva u SR BiH, Knjiga II/74 i Knjiga II/77;
- preuzeti i u primjeni JUS standard koji propisuje tehničke uslove za habajuće slojeve U.E4.014;
- OTU R Hrvatske,
- Tehnički uvjeti za asfalterne radove održavanja kolničkih konstrukcija na autocestama, izdanje Hrvatske autoceste d.o.o.,
- Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima propisano je da se primjenjuje frakcionisani agregat sa izraženim protukliznim svojstvima, odnosno frakcionisani agregat koji posjeduje visoku otpornost protiv gubitka protukliznih svojstava.

Nabrojani TU definišu fizičko mehanička svojstva stijene za proizvodnju frakcionisanog agregata kao i fizičko mehanička svojstva frakcionisanih agregata. Uglavnom su svi pobrojani tehnički uslovi saglasni i približno definišu kriterije za ocjenu stijene kao i frakcionisanog agregata.

Potreba za peciziranjem kriterija proizašla je iz činjenice da važeći tehnički uslovi, Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, u odnosu na sve dosadašnje kriterije

- pomjeraju granicu prihvatljivosti kod ocjene otpornosti na štetno dejstvo mraza kao i činjenicu da ovim tehničkim uslovima
- nisu definisani kriteriji za stijenu iz koje se proizvodi frakcionisani agregat.

U poglavlju A) dat je pregled kriterija u pojedinim tehničkim uslovima za ocjenu otpornosti materijala na štetno djelovanje mraza a u cilju prevazilaženja mogućih nedoumica, primjene različitih mjerila te osiguranja da se u habajući sloj autoceste ugrade adekvatni materijali u poglavlju B) se propisuju kriteriji za ocjenu podobnosti stijene i frakcionisanog agregata namjenjenog izradi habajućeg sloja autoceste.

U poglavlju C) su date smjernice za postupak odobravanja frakcionisanog agregata prije početka i u toku rada na izradi habajućeg sloja.

### A) Pregled kriterija i propisane granice prihvatljivosti gubitka mase u postupku ispitivanja natrijevim sulfatom

U tabeli 1. su sadržani kriteriji – granica prihvatljivosti gubitka mase u postupku ispitivanja postojanosti na mraz u natrijevom sulfatu ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Iskazane vrijednosti predstavljaju maseni procenat dozvoljenog gubitka nakon ispitivanja po proceduri opisanoj u standardu B.B8.044 nakon 5 naizmjeničnih ciklusa izlaganja djelovanju hemikalije.

Tabela 1. Pregled različitih kriterija po pitanju otpornosti na štetno djelovanje mraza

| Tehnički Uslov                                                                                                          | Kriterij: max. dozvoljeni gubitak mase za teško saobraćajno opterećenje % m/m |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Ugovorna dokumenta za izgradnju, rekonstrukciju, i modernizaciju puteva u SR BiH, Knjiga II/77                          | 3                                                                             |
| Važeći JUS U.E4.014                                                                                                     | 3                                                                             |
| OTU R Hrvatske                                                                                                          | 3                                                                             |
| Tehnički uvjeti za asfalterse radove održavanja kolničkih konstrukcija na autocestama, izdanje Hrvatske autoceste d.o.o | 3                                                                             |
| Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, BiH 2005                                         | 5                                                                             |

### B) Posebni zahtjevi za ocjenu podobnosti stijene i frakcionisanog agregata za habajući sloj na autocesti

U tabelama 2. i 3. su propisani posebni zahtjevi u smislu kvaliteta za stijenu i frakcija kamenih materijala namjenjenih izradi habajućih slojeva na autocesti:

Tabela 2. Zahtjevi za tehnički kamen od kojeg se proizvodi frakcionisani agregat

| Osobina                                                    | Jedinica mjere                      | Zahtjevano |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| Pritisna čvrstoća u suhom stanju (min)                     | MPa                                 | 180        |
| Dozvoljeni pad pritiska čvrstoće nakon vodozasićenja (max) | %                                   | 20         |
| Upijanje vode (max)                                        | % m/m                               | 0,75       |
| Habanje brušenjem (max)                                    | cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> | 12         |
| Postojanost na smrzavanje 25 ciklusa                       |                                     | Postojan   |
| Postojanost na mraz 5 ciklusa (max)                        | % m/m                               | 3          |

Frakcionisani agregat namjenjen za proizvodnju i izradu habajućih slojeva na autocesti treba biti usklađen sa BAS EN 13043 i zahtjevima važećih tehničkih uslova Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima. Za pojedine parametre propisuju se posebni zahtjevi kvaliteta:

Tabela 3. Posebni zahtjevi za frakcionisani agregat

| Osobina                                                             | Jedinica mjere | Zahtjevano               |
|---------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|
| Sadržaj zrna ispod 0,09 mm u mđufrakciji 0/2 mm ili frakciji 0/4 mm | % m/m          | 5<br>(7,5) <sup>5</sup>  |
| Ekvivalent pijeska (min)                                            | %              | 70                       |
| Upijanje vode (max)                                                 | % m/m          | 1,2                      |
| Sadržaj zrna nepovoljnog oblika (3:1)                               | % m/m          | 10                       |
| Postojanost na mraz 5 ciklusa                                       | % m/m          | 3<br>(3,45) <sup>6</sup> |

### C) Smjernice za odobravanje materijala i asfaltnih radova na izradi habajućeg sloja na autocesti

Prije početka asfaltnih radova na izradi habajućeg sloja autoceste Izvođač rada je, u skladu sa zahtjevima tehničkih uslova, Inženjeru (Nadzornom timu) dostaviti potrebnu dokumentaciju na odobrenje (tehnički elaborat, dokumentaciju za kamen, frakcionisani agregat, filer, bitumen, dodatke, laboratorijske recepture, radne mješavine i sl.)

Osim, tehničkim uslovima, zahtjevanih sadržaja Izvođač za odobreni frakcionisani agregat koji će se koristiti za proizvodnju i ugradnju u habajući sloj autoceste, mora obezbijediti:

- **deponovane i na mraz ispitane količine frakcionisanog agregata dovoljne za 15-dnevnu ugradnju.** Provjera ispitivanja na smrzavanje u skladu sa standardom B.B8.044 će se obaviti, po nalogu Inženjera, angažovanjem interne i/ili eksterne kontrole.
- Novodopremljene količine po istom principu moraju biti blagovremeno kontrolisane u redovnoj proceduri po odobrenom Programu ispitivanja ali i češće ukoliko to bude zahtjevao Inženjer za kvalitet.

### Zaključak

Kandidovani materijali namjenjeni za projektovanje, proizvodnju i ugradnju betonskih mješavina, asfaltnih mješavina i slojeva kolovozne konstrukcije koji ne ispunjavaju zahtjeve iz ove upute, ne mogu biti predmetom odobrenja na gradilištima koja su u nadležnosti JP Autoceste F BiH.

<sup>5</sup> Kod više ispitanih uzoraka iste frakcije najviše 20% (1 od 5) ispitanih uzoraka može dostići vrijednost 7,5% m/m (prekoračenje 50%), uz uslov da je zadovoljen kriterij ekvivalenta pijeska.

<sup>6</sup> Kod više ispitanih uzoraka iste frakcije prosječna vrijednost može iznositi do max 3,45% m/m (prekoračenje 15%) pri čemu najviše 20% (1 od 5) ispitanih uzoraka može dostići vrijednost 3,75% m/m (prekoračenje 25%).

## **Aneks 1.**

### **1. Program ispitivanja i certifikacija agregata sa aspekta alkalne reaktivnosti**

- *Program ispitivanja*

Program ispitivanja je definiran prema DIN EN 12620 i njemačkoj "Alkalnoj smjernici" (DAfStb-Richtlinie, Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton- Alkali Richtlinie).

Za ispitivanja alkalne reaktivnosti dolomita, dolomitiziranih krečnjaka i krečnjačkih dolomita potrebno je pored ispitivanja prema "Alkalnoj smjernici" izvršiti i inicijalno ispitivanje prema ASTM C295 standardu.

- *Certifikacija agregata sa aspekta alkalne reaktivnosti*

Certifikacija podrazumjeva uzimanje uzoraka (samo od strane odobrenog predstavnika instituta) uz prisustvo predstavnika J.P.Autoceste FBiH, nadzornog tima i izvođača (proizvođač); obezbjeđenje transporta uzoraka na adresu instituta; ispitivanje i izrada certifikata; kontrola proizvodnje ( minimalno jednom u 6 mjeseci)

Sve troškove nastale u procesu certifikacije idu na teret izvođača (proizvođača).

### **2. Kriteriji za izbor instituta koji će vršiti certifikaciju agregata aspekta alkalne reaktivnosti**

Pravno lice koje može vršiti certifikaciju sa aspekta alkalne reaktivnosti treba da ispunjava slijedeće kriterije:

- Ispitni laboratoriji prem EN ISO/IEC 17025:
- Laboratoriji za kalibraciju EN ISO/IEC 17025:
- Inspekcijsko tijelo Tip A prema EN ISO/IEC 17020:
- Certifikacijsko tijelo prema EN 45011
- Akreditiran za ispitivanja prema Evropskim normama (EN) za ispitivanja cementa, agregata, betona i ispitivanja prema Alkalnoj smjernici njemačkog komiteta za beton i armirani beton (DAfStb)
- Kadrovski osposobljen za ispitivanja alkalne reaktivnosti agregata i betona prema "Alkalnoj smjernici " njemačkog komiteta za beton i armirani beton (DAfStb)

Pravno lice mora biti odobreno od strane J.P. Autoceste FBiH. Uz zahtjeva za odobrenje potrebno je dostaviti:

- Dokumente kojima dokazuje nevedene kompetencije
- Izjavu da će ispitivanja i kontrolu proizvodnje vršiti u skladu sa referentnim dokumentima i zastupati interese J.P.Autoceste FBiH.
- Imenovanje koordinatora za certifikaciju i kontrolu proizvodnje

## **16. UPUTA ZA PRIMJENU MIKRO – ARMIRANOG MLAZNOG BETONA**

Mikro-armirani mlazni beton (MMB) je "novi" materijal koji je u stalnom razvoju sa aspekta vrste vlakana, "moderne" tehnologije betona kao i novih tehnika aplikacije mlaznog betona. Mikro-armirani mlazni beton (MMB) je u posljednjih desetak godina prihvaćen kao sastavni dio podgradnog sistema u tunelogradnji od strane projektanata, inženjera, izvođača i investitora širom svijeta.

Ako analiziram svojstva beton vrlo brzo ćemo zaključiti da beton po svojoj prirodi spada u krte materijala i kao takav korišten u većini konstrukcija pokazuje razne vrste pukotina i naprslina. Ništa drugačije nije ni kod mlaznih betona. Razlog otvaranja pukotina ili naprslina u beton je konstruktivne ili "ekonomske" prirode, ali činjenica je, da je suštinski razlog naprslina u beton ne-postojanja (ili postojanje vrlo male) nosivosti betona na zatezanje. Preuzimanje sila zatezanja u betonu vrši se upravo "armiranjem", bez obzira da li se radi o armaturnim mrežama, šipkama ili vlaknima. Ako nadalje analiziramo "armiranje" uočićemo da postoji niz prednosti mikro-armiranih mlaznih betona u odnosu na konvencionalno armirane prskane betone (armaturna mreža ili šipka). Vlakana korištena u mlaznim betonima su svojom veličinom znatno manja od konvencionalne armature i kao takva su svojom veličinom bliža veličini naprslina i pukotina i "djelotvornija kod formiranja mehanizma prenosa sile zatezanja sa betona na armaturu". Druga prednost je zasigurno ravnomjerna raspoređenost u betonskim presjecima. Nabrojane dvije važne činjenice čine mikroarmirani beton viskoznim i duktilnim materijalom što ga svrstava u posve drugi materijal u odnosu na konvencionalni armirani beton.

### 16.1. Tehničke prednosti mikro-armiranog mlaznog betona

Mehaničke osobine mlaznog betona se definiraju kroz odnos vodocementnog faktora ( $v/c$ ) ili vodocementnog faktora uz dodatak mikrosilikatnih punila ( $v/c+s$ ), vrste aditiva-ubrzivača za prskane betone, uslova prskanja i njege mlaznog betona. Osnovni razlog primjene vlakana u mlaznim betonima jeste **povećanje duktilnosti (žilavosti)**.

Duktilnost mlaznog betona zavisi isključivo od količine i vrste vlakana koji se koriste. Kada govorimo o prednostima mikroarmiranog betona u smislu mehaničkih i tehničkih osobina možemo konstatovati slijedeće:

- povećana otpornost na udar (naglo ispadanje stijenske mase)
- povećana otpornost na abraziju i eroziju
- povećana vodonepropusnost
- povećana mrazo-otpornost
- povećana adhezija sa podlogom

U tehničkom smislu važno je naglasiti i slijedeće prednosti mikro-armiranog mlaznog betona u odnosu na klasično armirani mlazni beton u tunelogradnji. Naime poznato je da prilikom gradnje tunela dolazi do iznenadnih opterećenja i deformacija stijenskih masa. Najbolji mogući naći za obezbjeđenje dovoljnog nivoa sigurnosti prilikom rada u tunelu jeste obezbjeđenje što većeg nivo energije loma (duktilnosti/žilavosti) mlaznog betona.

Poređenja radi, korištenje "običnih" čeličnih vlakana u prskom betonu unaprijeđuje podgradni sistem sa dva puta većom energijom loma u odnosu na nearmirani mlazni beton, dok "moderna" vlakna unapređuju podgradu sa 50-200 puta većom energijom loma. Pojednostavljenim rječnikom rečeno, podgradni sistemi sa modernom tehnologijom mikro-

armiranog mlaznog betona mogu pretrpjeti velike naprsline i deformacije a da pri tome još uvijek zadrže visok nivo nosivosti (post-pukotinska nosivost/post-cracking performance(žilavost/toughness)).

Navedena činjenica omogućuje pravovremeno sagledavanja promjena i deformacija podgradnog sistema i ostavlja dovoljno vremena za adekvatnu reakciju bez ugrožavanja sigurnosti učesnika u građenu tunela.

## 16.2. Vrste vlakana

Ovim poglavljem je definisano:

- vrste vlakana koje se dopuštaju u podgradnom sistemu
- norme koje definišu karakteristike vlakana

### 16.2.1. Staklena vlakna (Glass fibers)

#### ***Nisu dopuštena.***

Staklena vlakna nisu dopuštena jer nakon izvjesnog period postaju krhka i bivaju uništena od strane cementnog kamena u samoj strukturi betona.

### 16.2.2. Plastična vlakna (plastic fibers = synthetic fibers)

Sintetička mikro vlakna (*micro-synthetic fibers*) **nisu dopuštena** kao nosiva vlakna (non-structural). Mogu se koristiti kao dodatak mlaznom betonu u smislu poboljšanja određenih mehaničkih osobina ali isključivo uz primjenu armature. Sintetička mikro vlakna doprinose poboljšanju vatro-otpornosti, smanjuju rastur (odbijanje/rebound) kod mokrog postupka prskanja, smanjenje mikronaprslina kod plastične faze očvršćavanja, smanjenje skupljanja mlaznog betona.

Makro sintetička vlakna (*macro-synthetic fibers*) **su dopuštena** kao nosiva uz dimenzioniranje i dokazivanje post-pukotinske nosivosti ( post-cracking performance) prema standardima koji će biti definirani u narednim poglavljima. Dodatni uslov korištenja Makro sintetičkih vlakana jeste posjedovanje potrebnih certifikata i atesta koja će biti definirana u narednim poglavljima.

### 16.2.3. Karbonska vlakna (Carbon fibers)

Sa tehničkog aspekta mehaničke karakteristike karbonskih vlakana su idealne za podgradne sisteme u tunelogradnji , ali se u praksi iz ekonomski razloga (visoka cijena) ne koriste.

### 16.2.4. Čelična vlakna (Steel fibers)

Čelična vlakna su ujedno i najčešće korištena vlakna u mlaznim betonima iako se u praksi često nisu pokazala kao najbolji izbor, zbog niza neželjenih efekata prilikom same primjene . U zadnje vrijeme se najčešće zamjenjuju makro-sintetičkim vlaknima. Iako na tržištu postoji

veliki broj različitih vrsta čeličnih vlakana treba naglasiti da samo nekoliko vrsta ima zadovoljavajuće karakteristike za primjenu čeličnih vlakana u mlaznom betonu.

Najčešće se traži da čelična vlakna budu tanka ( mali prečnik ) , duga i što veće kvalitete čelika.

Kritični i važni parametri kod izbora čeličnih vlakana su:

- Geometrija
- Dužina
- Dužina/ odnos debljine (L/D)
- Kvalitet čelika

#### **16.2.5. Važeće norme**

Obavezno je korištenje **EN 14889-1** i **EN 14889-2** norme.

### **16.3. Dimenzioniranje-definiranje karakteristika**

Dimenzioniranje-definiranje karakteristika (Structural design) mora biti sproveden od strane ovlaštene, kvalificirane i iskusne osobe (stručnjak -inženjer).

#### **16.3.1. Predpostavke pri dimenzioniranju-definiranju karakteristika**

Dimenzioniranje-definiranje karakteristika mikro-armiranog mlaznog (MMB) betona potrebno je sprovesti uzimajući u obzir post-pukotinsku nosivost (post-cracking residual strength) za različite nivoe deformacija. Nivo deformacije mora biti pretpostavljena za granično stanje nosivosti.

#### **16.3.2. Definiranje mikroarmiranog betona**

Potrebno je definirati karakteristike betona-sastav mješavine (Mix Design) tj. karakteristike svježeg betona, očvrslog betona, rane čvrstoće , post-pukotinske nosivosti ili energije apsorpcije, vrste vlakana, zahtjeva prema trajnosti, zahtjeva prema okolišu, uslova izvođenja, uslove njegovanja, i niz ostalih karakteristika propisanih prema smjernici za prskane betone austrijske udruge za beton i tehnologiju građenja **ÖVBB "Richtlinie Spritzbeton"**.

#### **16.3.3. Predhodna ispitivanja**

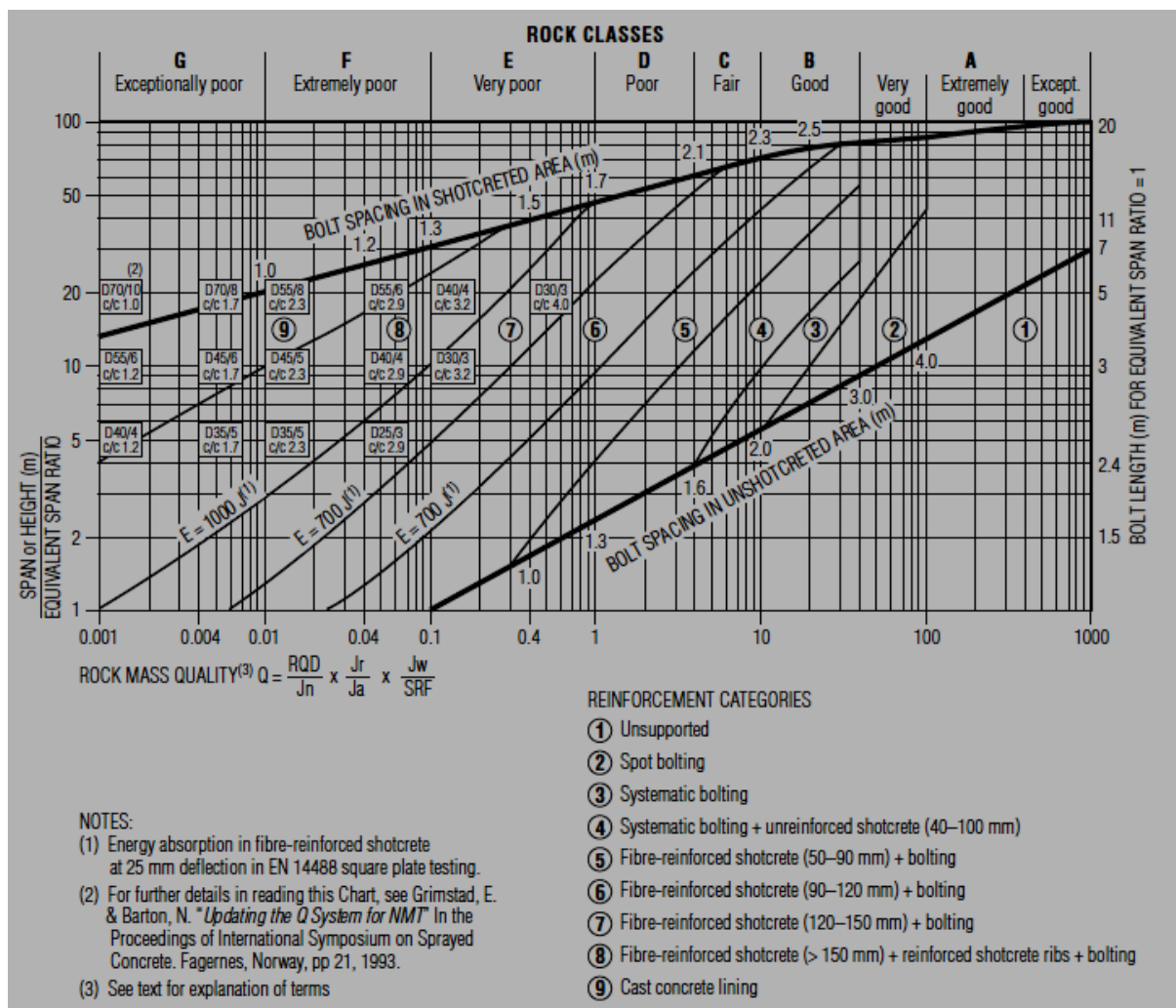
Postupak predhodnih ispitivanja potrebno sprovesti prema smjernici za prskane betone austrijske udruge za beton i tehnologiju građenja **ÖVBB "Richtlinie Spritzbeton"**. Predhodnim ispitivanjima potrebno je dokazati definirane karakteristike mikroarmiranog betona iz stavke 4.2.

#### **16.3.4. Podgradna kategorija**

Izbor podgradne kategorije potrebno je vršiti prema dijagramu baziranom na Q-klasifikaciji (Tunneling Quality Index) po Grimstad i Bartonu. Primjena Q-sistema je definirala diagram preko kojeg se određuje podgradna kategorija na osnovu Q-indeksa ( dijagram 1 ). U cilju uspostavljanja veze indeksa Q i potrebne podgrade tunela definirani su dodatni parametri koji

su nazvani ekvivalentnom dimenzijom iskopa,  $D_e$ . Ova dimenzija dobije se dijeljenjem raspona, promjera ili visine tunela sa veličinom koja je nazvana indeksom podgrade ESR (excavation support ratio). vrijednosti ESR dobivene su empirijski i date u tabeli 1.

$$D_e = \frac{\text{Raspon, promjer ili visina tunela (m)}}{ESR}$$



**dijagram 1-** Određivanje podgradnih kategorija na osnovu Q indeksa (Grimsted i barton, 1993)

Tabela 1 - vrijednosti indeksa podgrade

| Kategorija iskopa |                                                                                                                                                       | ESR        |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| A                 | Privremeni rudarski otvori                                                                                                                            | 3-5        |
| B                 | Vertikalna okna:<br>• kružni presjek<br>• pravokutni presjek                                                                                          | 2,5<br>2,0 |
| C                 | Stalne rudarske prostorije, hidrotehnički tuneli (nisu uključeni tuneli pod visokim tlakom) , pilot tuneli, tuneli kod razrade profila za veće iskope | 1,6        |
| D                 | Skladišta, postrojenja za tretman vode, manje značajni cestovni i željeznički tuneli, prilazni tuneli i slično.                                       | 1,3        |
| E                 | Skladišta nafte, strojarnice, glavni cestovni i željeznički tuneli, skloništa, portali, raskrižja                                                     | 1,0        |
| F                 | Podzemne nuklearne centrale, željezničke postaje, sportski i javni objekti, tvornice i slično.                                                        | 0,8        |

### 16.3.5. Korelacija RMR-a i Q-klasifikacije

Ukoliko se kategorizacija vrši prema RMR , moguće je uspostavi korelaciju RMR-a i Q indeksa (Tunneling Quality Index) preko slijedećeg obrasca:

$$RMR=9 \log_e Q +44$$

### 16.4. Kontrola kvalitete

Potrebno je izraditi interni i eksterni plan kontrole ( Quality Management System) prema smjernici za prskane betone austrijske udruge za beton i tehnologiju građenja **ÖVBB "Richtlinie Spritzbeton"**.

### SMJERNICE,STANDARDI I PRILOZI

#### Smjernice

- 1) Smjernica za prskane betone austrijske udruge za beton i tehnologiju građenja **ÖVBB "Richtlinie Spritzbeton"** (iz decembra 2009)-**OSNOVNI DOKUMENT**

#### Standardi

- 1) Obavezujuće su sve norme iz Smjernice za prskane betone austrijske udruge za beton i tehnologiju građenja **ÖVBB "Richtlinie Spritzbeton"** (iz decembra 2009)-**OSNOVNI DOKUMENT** date u poglavlju 15.1 , 15.2 , 15.3 navedenog dokumenta.

#### Prilozi

- 1) Smjernica za prskane betone austrijske udruge za beton i tehnologiju građenja **ÖVBB "Richtlinie Spritzbeton"** (iz decembra 2009)-**OSNOVNI DOKUMENT**

## **17. UPUTA O OPTIČKIM MJERENJIMA KONVERGENCIJE U TUNELIMA**

## Uvod

Prilikom izgradnje tunela, ovisno o stijenskoj masi, dolazi do manjih ili većih deformacija i pomaka stijenki tunela. Kako bi se moglo predvidjeti ponašanje materijala te primjena optimalnog sistema podgrade u kojoj se gradi tunel, u oblogu tunela se ugrađuju markeri ili reflektori koji su pogodni za optička mjerenja velike preciznosti. Nakon početnog mjerenja (tzv. nultog mjerenja) potrebno je da se prate pomaci markera u odnosu na početno (nulto) mjerenje. Izmjerom markera dobivaju se konvergencije tačaka u smjeru sve 3 osi te se prati slijeganje stijenki tunela do njenog smirivanja. Betoniranje sekundarne obloge u tunelu se izvodi tek nakon smirivanja stijenki tunela ( u toku 1 mjeseca prirast konvergencija manji od 4mm), te je zbog toga praćenje deformacija jedna od krucijalnih stvari prilikom izgradnje tunela.

### 17.1. Potrebna dokumentacija

Izvođač radova prije samog početka na radovima iskopa u tunelu mora dostaviti detaljan program monitoringa konvergencija koji minimalno mora sadržavati:

- Opis postavljanja, pričvršćivanja i zaštite klinova
- Cjelokupan prikaz faza rukovanja instrumentima: oprema za glavne i sporedne mjerene sekcije, lokacije sekcija, udaljenost, raspored monitoringa
- Spisak osoblja koje će vršiti radove na mjerenju konvergencija
- Specifikacije i kataloge instrumenata i opreme za očitavanje, koji su predviđeni za upotrebu
- Dokaz o redovnoj kalibraciji/umjeravanju instrumenata
- Osnovne karakteristike programskog paketa za procjenu geotehničkih mjerenja, kao i referentna datoteka originalnih i prikupljenih podataka u određenom formatu
- Reference izvođača za praćenje konvergencija,
- Forma Izvještaja mjerenja deformacija

Sva dokumentacija koja se dostavlja, predmet je saglasnosti Nadzornog inženjera.

### 17.2. Potrebna oprema

Geodetska oprema minimalno mora sačinjavati slijedeće:

- nosači (klinovi) za postavljanje markera ili prizme u dužini od min 50 cm
- refleksne markere za mjerenja u dužinama do 150 m
- ili prizme za mjerenja u dužinama od 150 – 500 m
- geodetski instrument, elektronski teodolit s integriranim koaksijalnim sistemom mjerenja udaljenosti
- programski paket za interpretaciju podataka (Eupalinos – Geodata ili sličan)

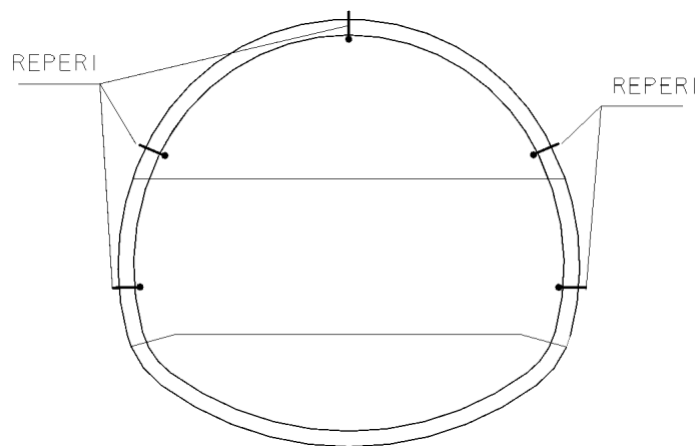
Potrebna točnost mjernog instrumenta za mjerenja udaljenosti treba biti  $\geq \pm 1$  mm. Mjerenja se obično obavljaju u okviru sustava integriranog praćenja tunela koji također uključuje mjerenja slijeganja i provjeru položaja poprečnih profila tunela.

### 17.3. Ugradnja kontrolnih mjernih profila

Ugradnja kontrolnih mjernih profila vrši se što bliže čelu iskopa tunela. Nosač markera se ugrađuje u nepodgrađenu stijenu ukoliko to uslovi dozvoljavaju ili nakon nanošenja prvog sloja mlaznog betona. Nakon ugradnje repere je potrebno vidno obilježiti i zaštititi kako bi se izbjegla oštećenja. Mjerni profili se moraju označiti stacionažom i brojem, a repere (markeri) u profilu brojevima uz zadržavanje istog broja za određeni položaj repere u svim profilima.

Kontrolni mjerni profil treba da sadrži minimalno 5 mjernih tačaka pozicioniranih na rubu podzemnog iskopa (slika 1). Mjerna tačka se sastoji od nosača mjerne tačke koji se ugrađuje u mlazni beton ili stijensku masu i na koji se postavlja birefleksni cilj ili prizmatski cilj.

Postavljanje kontrolnih mjernih profila vrši se u dvije faze, nakon iskopa kalote i nakon iskopa stepenice. Mjesta ugradnje kontrolnih mjernih profila odrediti će nadzorni inženjer tokom izvođenja.



**Slika 1.** Kontrolni mjerni profil

Kod tunela u stijenskim masama kontrolni mjerni profili ugrađivat će se u zonama IV i V kategorije stijenske mase. U stijenskoj masi I do III kategorije ugradit će se po jedan kontrolni mjerni profil na svakih 30-100 m duljine tunela. Kod tunela u tlu kontrolni mjerni profili ugrađivat će se na svakih 10-15 m ovisno o tehnologiji izvođenja.

Osim projektom definisanih mjernih profila, potrebno je ugraditi dodatne mjerne profile u skladu sa lokalnim promjenama geoloških uslova i iskustvima stečenim u toku iskopa tunela. Mjesta ugradnje dodatnih kontrolnih mjernih profila odrediti će Nadzorni inženjer.

### 17.4. Učestalost mjerenja

Nakon ugradnje kontrolnog mjernog profila potrebno je odmah izvršiti nulto mjerenje. Prvo mjerenje treba izvršiti najkasnije 24 h nakon iskopa. Mjerenja će se vršiti do potpunog prestanka pomaka. Učestalost mjerenja propisat će nadzorni inženjer s obzirom da pomaci ne ovise samo o vremenu nego i o procesu građenja, odnosno udaljenosti čela tunela od mjernog profila. Mjerenja će biti potrebno intenzivirati u slučajevima bržeg prirasta deformacija, odnosno pojava koje ukazuju na nestabilnost podzemnog iskopa.

Učestalost daljeg izvođenja mjerenja ili očitavanja podataka, u slučaju standardnog ponašanja okolne stijenske mase, moguće je predvidjeti za svaku mjernu sekciju, kako slijedi:

- do 40 m iza radne površine iskopa: svakodnevno
- 40 do 100 m iza radne površine iskopa: svaki drugi dan
- 200 m iza radne površine iskopa: jednom sedmično
- više od 200 m iza radne površine: mjesečno
- jasno stabiliziranje slijeganja mjesečno ili dvomjesečno

Na učestalost očitavanja podataka utiču faze izvođenja kalote/stepenice tunela. Ukoliko se izvođenje stepenice približava sekciji sa instrumentima koji su postavljeni za vrijeme izvođenja kalote, učestalost očitavanja podataka treba ponovo povećati. Ukoliko se paralelna tunelska cijev približava sekciji sa instrumentima, koja je postavljena za vrijeme izvođenja prve tunelske cijevi, očitavanje je potrebno ponovo aktivirati, te u skladu sa tim povećati učestalost očitavanja podataka.

Učestalost se povećava na bilo kojoj lokaciji u toku i nakon postavljanja elemenata podgrade ili izvođenja iskopa, u skladu sa odobrenjem Nadzora.

Na sekcijama na kojima se javljaju povećane stope deformacije, očitavanje treba izvoditi učestalo (najmanje jednom dnevno) sve dok se vremenom stopa deformacije ne smanji.

Mjerenja će biti potrebno intenzivirati u slučajevima bržeg prirasta deformacija, odnosno pojava koje ukazuju na nestabilnost podzemnog iskopa. Učestalost mjerenja će propisati projektant uz saglasnost Nadzornog inženjera za tunele.

## 17.5. Mjerenje

Opšti zahtjevi:

- Geotehnički instrumenti i program monitoringa uvijek su podložni izmjenama, ukoliko navedene izmjene zahtijevaju postojeći geološki ili geotehnički uslovi.
- Postavljanje instrumenata i uređaja se izvodi u blizini radnog čela u okviru izvođenja zadnjeg koraka iskopa.
- Postavljena mjerna oprema, kao i prostor neophodan za izvođenje mjerenja moraju uvijek biti slobodni i lako dostupni, sve do postavljanja hidroizolacione membrane.
- Svi instrumenti moraju biti zaštićeni od oštećenja koja može prouzrokovati miniranje ili odvijanje saobraćaja u tunelu. Ukoliko je potrebno, moguće je upotrebljavati zaštitne pokrivače ili kućišta u cilju sprečavanja oštećenja instrumenata.
- Instrumenti oštećeni u toku izvođenja građevinskih radnji moraju odmah biti zamijenjeni bez dodatnih troškova.
- Jedinice za očitavanje podataka na teodolitu velike preciznosti moraju biti dostupne u bilo koje doba u toku izgradnje tunela. Rezervne dijelove i rezervne jedinice treba držati na gradilištu
- Izvođač je obavezan da obezbijedi, postavi i održava opremu, koja je neophodna za utvrđivanje i monitoring mjernih sekcija, u toku perioda izgradnje.
- Izvođač je obavezan da obezbijedi i održava odgovarajuće osvjjetljenje, ventilaciju i platforme, uključujući lice zaduženo za pristup svim instrumentima.

Snimljeni rezultati mjerenja se odmah obrađuju na osobnom računalu pomoću posebnih programskih paketa za interpretaciju podataka i dostavljaju Nadzornom inženjeru na uvid, a ukoliko je potrebno i Projektantu elektronskim putem.

Za optički monitoring pomjeranja mora se upotrebljavati programski paket kao npr. Eupalinos od Geodate ili ekvivalentan koji omogućava direktan protok podataka. Potrebno je da navedeni program minimalno vrši slijedeće analize.

- Vremenski zavisna analiza za apsolutna pomjeranja
- Razlike pomjeranja i brzine pomjeranja
- Analize vezane za poprečni presjek
- Analize vezane za napredovanje iskopa tunela sam konstantnim intervalima mjerenja ili vremenska razlika u odnosu na nulto mjerenje (linije uticaja, omjeri pojedinih komponenata pomjeranja)
- Analiza sa stereografskom projekcijom
- Numerički i grafički izlaz ukupne deformacije uključujući i brzine deformacija
- Obračun težine mlaznog betona
- Određene koordinatne komponente ili bilo koja vrijednost koja se izvodi na osnovu komponenti (npr. tangens vertikalnog/horizontalnog pomjeranja) i sl.

Osim gore navedenih mogućnosti program treba da omogućuje unošenje slijedećih podataka:

- Datum i vrijeme iskopa profila
- Stacionaža profila
- Stacionaža čela iskopa
- Udaljenost čela iskopa
- Smjer osmatranja
- Prvo mjerenje
- Zadnje mjerenje
- Datum obrade
- Odrediti pravilno mjerilo prikaza deformacija,
- Ime Izvođača i Investitora
- Ime tunela sa naznakom u kojoj cijevi se vrše mjerenja i na kojem portalu.

## 17.6. Završne odredbe

Mjerenja deformacija mora vršiti svakodnevno, odnosno u skladu sa priloženom učestalosti mjerenja konvergencija, koja su data po geotehničkim misijama ili glavnim projektom. Rezultate mjerenja Izvođač je dužan unositi u obrazac MK 1 te isti dostaviti Nadzornom inženjeru na uvid.

Koordinate posmatranog mjernog profila moraju se čuvati u bazi podataka odmah nakon mjerenja.

Izvođač je dužan dostaviti Nadzornom inženjeru i ispis instrumenta u dxf formatu ili ASCII datoteku za potrebe provjere.

Ukoliko se dogodi neplanirani zastoj u radovima na iskopu tunela, Izvođač je dužan vršiti mjerenja konvergencija minimalno jednom mjesečno.

Izvođač je dužan imati na gradilištu tunela stručnu geodetsku ekipu cijelo vrijeme građenja

tunela. Ukoliko geodetska ekipa Izvođača ne obavlja radove na mjerenju konvergencija primarne podgrade u skladu s ovom Uputom i/ili u skladu s ugovornim obavezama, Nadzorni inženjer ima pravo da odstrani ili zamjeni istu. Sve posljedice prouzrokovane gore navedenim Izvođač snosi o svom trošku.

Prilog

- Obrazac MK 1

## **18. UPUTE ZA PROJEKTOVANJE SIGURNOSNIH SISTEMA U TUNELIMA NA KORIDORU V<sub>c</sub>**

## PREGLED IZDANJA IZVJEŠTAJA

Naziv projekta: **AUTOCESTA U KORIDORU VC, BIH, TUNNEL SAFETY GUIDELINES**

Broj projekta: **-**

Naziv izvještaja: **SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE SIGURNOSNIH SISTEMA U TUNELIMA**

Izdanje broj: **NACRT (1)**

| Revizija    | 1                             | 2                             | 3 | 4 |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|---|---|
| Datum       | 5.12.2013                     | 9.1.2014                      |   |   |
| Naziv       | 1st draft                     | 2nd draft                     |   |   |
| Pripremio   | Hamid Lihić;<br>Jasmin Burzić | Hamid Lihić;<br>Jasmin Burzić |   |   |
| Kontrolisao |                               |                               |   |   |
| Odobrio     |                               |                               |   |   |

## Uvod

Projekat autoceste u koridoru Vc započeo je izradom Idejnog projekta 2005. i 2006. godine. Tada je definisana osnovna trasa autoceste, kao i osnove za izradu svih elektroinstalacija. Nakon usvojenog Idejnog projekta, koji je ujedno služio kao projektni zadatak, pristupilo se izradi Glavnih projekata, koje su, u skladu sa javnim nabavkama, izrađivale različite firme. Iz tog razloga došlo je do različitih tehničkih rješenja, kako u građevinsko-saobraćajnom projektu, tako i u projektima instalacija.

JP Autoceste Federacije BiH Mostar, u cilju standardizacije tehničkih rješenja na autocesti u koridoru Vc, je pripremila „Set uputa za projektovanje, nabavku, ugradnju i održavanje elemenata, objekata ili dijelova objekata na autocesti“.

U ovom Setu uputa, od elektroinstalacija je obrađena vanjska LED rasvjeta na naplatnim mjestima, cestarinskim prolazima, petljama, odmorištima i COKP-ama, gdje su prilično precizno date smjernice za izradu projekata vanjske rasvjete. Od sistema slabe struje obrađena su sljedeća poglavlja: Strukturno kabliranje, mrežna infrastruktura, telefonija, videonadzor, serveri i serverska platforma, ostala komunikaciona i senzorska oprema.

Kako na autocesti u koridoru Vc ima značajan broj tunela JP Autoceste Federacije BiH Mostar žele posebnu pažnju posvetiti ovim objektima. Kako bi se postigli visoki sigurnosni standardi potrebno je osigurati da projektna rješenja različitih sistema budu usaglašena sa najboljim međunarodnim standardima i uputama koje tretiraju ovu oblast.

Ovim setom uputa se žele dati smjernice za projektovanje tunela kako bi se obezbijedila optimalna rješenja tunelskih sigurnosnih sistema.

### 18.1. Osnovni podaci o tunnelima na autocesti

Na koridoru Vc projektovano je više tunela različitih dužina. Ono što je bitno je da nisu projektovani tuneli duži od 3km, za koje vrijede posebna pravila građenja, kao i izrade sistema ventilacije i elektroinstalacija.

Nacionalni (BiH) propisi za izradu projekata tunela ne postoje. U tom slučaju se prema zakonu poštuju međunarodni propisi i standardi. Projektanti su do sada projektovali sisteme uglavnom prema austrijskim RVS smjernicama. U skladu sa tim smjernicama, tuneli se prema dužini dijele na tunele ispod 500m, tunele čija je dužina od 500-1000m, i tunele čija je dužina preko 1000m. Sljedeća tabela pokazuje koji projekti trebaju biti sadržani u glavnom projektu tunela obzirom na njegovu dužinu.

| Dužina tunela                           | 0-350m                           | 350-500m | 500-1000m | 1000-3000m |
|-----------------------------------------|----------------------------------|----------|-----------|------------|
| Projekat portalnih trafo stanica        | +                                | +        | +         | +          |
| Projekat tunelskih trafo stanica        | -                                | -        | -         | +          |
| Projekat UPS sistema                    | +                                | +        | +         | +          |
| SN napajanje trafo stanica              | +                                | +        | +         | +          |
| Tunelska rasvjeta i NN napajanje        | +                                | +        | +         | +          |
| Mašinski i elektro projekat ventilacije | -                                | -        | +         | +          |
| Dojava požara sa senzorskim kablom      | -                                | -        | +         | +          |
| Sistem automatske dojava požara         | +                                | +        | +         | +          |
| Projekat automatske detekcije incidenta | +                                | +        | +         | +          |
| Projekat radio veze u tunelu            | -                                | -        | +         | +          |
| Projekat ozvučenja u tunelu             | -                                | -        | -         | +          |
| Telefonski pozivni sistem               | +                                | +        | +         | +          |
| Daljinsko vođenje tunela                | +                                | +        | +         | +          |
| Prometno informacioni sistem            | +                                | +        | +         | +          |
| Grijanje cijevi hidrantske mreže        | ovisno o hidrotehničkom projektu |          |           |            |

U nastavku su date smjernice za izradu pojedinih projekata navedenih u tabeli.

### 18.2. Portalne transformatorske stanice

#### Uvod

Za potrebe napajanja tunelskih potrošača, na platoima koji se projektuju u građevinskom dijelu projekta, ispred ulazno/izlaznih portala tunela, potrebno je projektovati tzv portalne trafo stanice. Minimalna nosivost terena određenog za lokaciju iznosi 100 kN/m<sup>2</sup>. Izabranoj lokaciji transformatorske stanice kao slobodnostojećeg objekta mora biti osiguran direktan i neometan pristup. Neophodno je obezbijediti kolski prilaz sa strane za posluživanje energetskog transformatora. Portalne trafostanice potrebno je projektovati kao kablovske, u betonskom kućištu, sa unutrašnjim posluživanjem.

#### 18.2.1. Građevinski projekat

Objekat transformatorske stanice projektovati kao tipsku armirano-betonsku montažnu građevinu, koja je namijenjena za smještaj transformatorske stanice u jednom dijelu, i smještaj ostale opreme (UPS-ovi, RO UPS-a, komunikacioni ormar i ormar sistema daljinskog vođenja) u drugom dijelu. Vanjske dimenzije objekta su cca 7,70x5,00x2,60m. Korisna dubina temeljnog otvora ispod podne ploče iznosi 0,80m.

U dijelu za smještaj elemenata transformatorske stanice montiraju se energetski transformatori, VN i NN postrojenje, prema dispoziciji koja treba biti sastavni dio projektne dokumentacije. SN i NN postrojenju potrebno je obezbijediti neometan pristup i posluživanje iz unutrašnjosti objekta.

Objekat transformatorske stanice treba biti izrađen od prefabrikovanih betonskih elemenata betonom MB30, vodonepropusnosti veličine V4, sa čelikom za armiranje GA 240/360, RA 400/500 i MA 500/560. Armatura svih dijelova objekta treba biti međusobno povezana varenjem i uzemljena preko čahure za uzemljenje i sabirnice za izjednačenje potencijala, čime je izvedena galvanska povezanost elemenata.

U podnoj ploči projektovati otvore za montažu opreme. U dijelu temelja ispod energetskog transformatora predvidjeti pregradu, kojom se obezbjeđuje funkcija uljne jame, odnosno sakupljanje eventualno iscurjelog ulja. Stjenka i dno uljne jame se premazuje vodenodisperzijskim dvokomponentnim epoksidnim premazom. U temeljima objekta predvidjeti otvore u koje se postavljaju plastične cijevi za uvođenje VN/NN kablova. U zavisnosti od lokacije objekta, obavezno je predvidjeti odvođenje atmosferskih voda. Krov objekta izvesti sa minimalnim nagibom.

Na objektu je potrebno projektovati četiri dvokrilna i jedna jednokrilna vrata, koja su izrađena od eloksiranog aluminija, sa cilindar bravom i univerzalnim ključem. Sva vrata u gornjem i donjem dijelu trebaju imati žaluzine koje omogućavaju potrebno hlađenje i ventilaciju u transformatorkoj stanici. Sa unutrašnje strane žaluzina predvidjeti montažu sitne aluminijske mreže koja sprječava ulazak sitnih životinja.

Konstruktivna dubina temeljenja objekta izvodi se na koti -90 cm od kote definitivno uređenog okolnog terena, tako da visinska razlika između okolnog terena i gotovog poda objekta iznosi 20 cm.

Ispod temelja transformatorske stanice projektovati betonsku ploču minimalne debljine 10 cm, betonom MB20, koja omogućuje temeljenje objekta na tlu minimalne nosivosti 100 kN/m<sup>2</sup>. Za terene manje nosivosti, potrebno je do spomenute kote izvršiti zamjenu tla većom debljinom podložne betonske ploče ili šljunka.

### **18.2.2. Elektrotehnički projekat**

Transformatorske stanice koje služe za opskrbu potrošača koji se nalaze u tunnelima, potrebno je da ispunjavaju uslov redundantnog napajanja, koje se postiže tako da se projektuje ugradnja dva transformatora, sa pripadajućim niskonaponskim ormarima koji se spajaju spojnim poljem, tako da u slučaju ispada jednog od transformatora, drugi u potpunosti preuzima njegovo opterećenje. Transformatori su uljni, preklopivi 10-20/0,42 kV, instalisane snage određene uslovima primjene (250 do 1000 kVA ovisno o instalisanoj snazi potrošača).

Transformator treba da zadovoljava standarde za trofazne uljne distributivne transformatore DIN 42523 i IEC Publ. 726.

Osnovne tehničke karakteristike:

|                               |                                   |     |       |      |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----|-------|------|
| Nazivna snaga (kVA)           | 250                               | 400 | 630   | 1000 |
| Nazivni prijenosni omjer (kV) | 10-20/0,42 (preklopivi)           |     |       |      |
| Frekvencija                   | 50Hz                              |     |       |      |
| Spoj                          | Dyn 5                             |     |       |      |
| Napon kratkog spoja           | do 4%                             |     | do 6% |      |
| Regulacija napona             | ±2x2,5% nazivnog primarnog napona |     |       |      |
| Ispitni napon                 | 125/50 kV                         |     |       |      |
| Hlađenje                      | ONAN                              |     |       |      |
| Stepen zaštite                | IP00                              |     |       |      |

Transformator treba biti opremljen sa:

- džepom za termometar
- priključkom za uzemljenje
- ispustom za ulje
- kukama za dizanje
- natpisnom pločicom
- termičkim protektorom
- sigurnosnim ventilom
- točkovima
- otvorom za sipanje ulja

Transformatore smjestiti u bočni dio objekta, odgovarajućim priključcima okrenute prema VN/NN postrojenju. Iza vrata predvidjeti drvenu pregradu kao zaštitu od slučajnog dodira dijelova pod naponom. Hlađenje transformatora predvidjeti prirodnom cirkulacijom hladnog i toplog zraka kroz žaluzine na vratima transformatorske stanice.

Sklopni blok 20kV treba biti tipa RMU, koji se sastoji od dva vodna i jednog trafo polja. Zbog redundancije, potrebno je u svakoj TS ugraditi dva ovakva bloka.

Sklopni blok treba biti samostojeći ormar, izrađen od nehrđajućeg čelika, potpuno oklopljen i zaštićen od dodira opreme pod naponom. Izolacioni i prekidni medij je SF<sub>6</sub> gas.

Osnovni tehnički podaci sklopnog bloka:

|                                             |                     |
|---------------------------------------------|---------------------|
| - nazivni napon                             | 24kV                |
| - nazivna struja sabirnica                  | 630A                |
| - nazivna frekvencija                       | 50Hz                |
| - izolacija i medij za gašenje luka         | SF <sub>6</sub> gas |
| - podnosivi atmosferski udarni napon        | 125kV               |
| - jednominutni napon industrijske frekvence | 50kV                |
| - kratkotrajna podnosiva struja (1s)        | 20kA                |
| - podnosiva vršna vrijednost struje         | 40kA                |

Transformatorska polja trebaju biti opremljena sa:

- tropolnom rastavnom sklopkom 24kV, 200A, 20kA,
- osiguračima 24(12)kV, nazivne struje prema nazivnoj struji transformatora koji obezbjeđuju trofazno isključenje rastavne sklopke pri pregaranju jednog ili više osigurača,
- noževima za uzemljenje,
- pomoćnom opremom za daljinsko upravljanje.

Vodna polja trebaju biti opremljena sa:

- elektromotorno pogonjenom trolnom rastavnom sklopkom 24kV, 630A, 16kA,
- noževima za uzemljenje,
- pomoćnom opremom za daljinsko upravljanje.

Svako polje treba imati pristupačan kablovski odjeljak. Kablovi se priključuju sa prednje strane bloka, demontiranjem zaštitne limene ploče.

Na prednjoj strani sklopnog bloka predvidjeti montažu slijepe šeme sa signalizacijom stanja pojedinih sklopnih aparata. Na prednjoj strani trafo polja predvidjeti tipkalo za isklup.

Sklopni blok je opremljen radnim mehanizmom sa internim, objedinjenim mehaničkim blokiranjem.

Standardno, polja trebaju biti opremljena još sa:

- provodnim izolatorima za kablovsku vezu bloka
- unutrašnjim blokadama za sprečavanje nepravilnih operacija noževima za uzemljenje pod opterećenjem
- sistemom blokiranja za nemogućnost pristupa osiguračima i kablovskim priključcima, kada odgovarajuće polje nije uzemljeno i nemogućnost uključenja rastavnih sklopki kada kablovski poklopac nije postavljen
- kapacitivnim indikatorom napona.

U svrhu realizacije daljinskog upravljanja, postrojenje treba da ima mogućnost ugradnje motornog pogona na aparatima i opremi za daljinsko upravljanje. Vodne ćelije je potrebno dodatno opremiti indikatorom kratkog spoja sa minimalnom osjetljivošću 400A.

Spoj transformatora na 20kV sklopni blok treba biti izveden se kablovskim vodom, sa jednožilnim kablovima 12/20kV, XHE 49-A, 3x(1x50/16)mm<sup>2</sup>. Priključak kabla na provodne izolatore transformatora i 20kV postrojenje izvodi se kablovskim završetkom i Al-Cu stopicom, a na sklopni blok preko T-priključnog adaptera.

NN postrojenje treba se sastojati od dva NN ormara i jedne spojne ćelije. NN ormari su slobodnostojeći, izrađeni od čeličnih profila i dva puta dekapiranog lima debljine 2 mm, antikorozivno zaštićeno metodom elektrostatskog bojenja. Orjentacione dimenzije jednog ormara iznose (1.850x500x1.800)mm. Sa strane na kojoj se vrši posluživanje, postrojenje treba biti zatvoreno i zaštićeno od slučajnog dodira opreme pod naponom.

Osnovni tehnički podaci niskonaponskog postrojenja:

|                                          |       |
|------------------------------------------|-------|
| - nazivni napon (V)                      | 400   |
| - nazivna struja sabirnica (A)           | 1250  |
| - nazivna frekvencija (Hz)               | 50    |
| - kratkotrajna podnosiva struja (kA)     | 25    |
| - podnosiva vršna vrijednost struje (kA) | 50    |
| - stepen mehaničke zaštite               | IP 00 |

Jedan NN ormar se sastoji od dovodnog i distributivnog polja.

NN postrojenje se sastoji iz tri tehnološke cjeline: transformatorska I, spojno-podužna i transformatorska II. Postrojenje je koncipirano tako da može raditi u sljedećim režimima, pri čemu je obezbijedena mehanička blokada paralelnog rada transformatora:

- Normalni režim: transformatorska I i transformatorska II rade neovisno, prekidač u podužnom polju otvoren;
- U slučaju kvara ili remonta jednog transformatora, sa drugog transformatora se napaja kompletan konzum oba transformatora, prekidač u podužnom polju zatvoren;
- zbog eventualnih loših efekata na distributivnu mrežu, oprema nije dimenzionirana za paralelni rad transformatora.

Osnovna oprema NN postrojenja (NNSB1 I NNSB2):

- NN kompaktni prekidač sa elektromotornim pogonom, 500 V, 1250 A, sa mikroprocesorskom zaštitom LS/I prilagođenom za transformator predviđene snage i mehaničkom blokadom, (trafo I i II dovod) – 2 kom
- NN kompaktni prekidač sa elektromotornim pogonom, 500V, 1250A sa mehaničkom blokadom, (polje podužnog rastavljanja) – 1 kom
- rastavljačko osiguračke pruge 400A - broj komada prema broju odvoda
- kompaktna sklopka 160A, 3p - 2kom
- NN kompaktni prekidači sa ručnim pogonom, 500V, nominalne vrijednosti struje prema instaliranoj snazi potrošača, sa mikroprocesorskom zaštitom LS/I - broj komada prema broju odvoda
- Jednopolni minijaturni prekidači
- Rastavljač osigurači sa indikacijom pregaranja osigurača
- Strujni mjerni transformatori
- Analizator mreže za mjerenje električnih veličina - 6kom
- Odvodnik prenapona četveropolni 3p+N, 65 kA
- Ostala oprema: utičnica, osigurači za strujne krugove rasvjete i hlađenja, zaštite i mjerenja, ožičenje komplet.

Spojni vod između NN strane transformatora i NN razvoda treba izvesti jednožilnim vodovima izoliranim PVC masom otpornom na temperaturu do 378,15 K /105°C / nazivnog napona do 1 kV, za transformator nazivne snage.

U ovisnosti od snage instaliranog energetskog transformatora, kao i vrste potrošača, u transformatorskoj stanici treba predvidjeti ugradnju automatske kompenzacije. Automatsku kompenzaciju smjestiti u dva posebna ormara, pored SN postrojenja.

Zaštitu energetskog transformatora od struje kratkog spoja predvidjeti visokonaponskim visokoučinskim osiguračima nazivne struje prema nazivnoj struji transformatora i nazivnog napona prema nazivnom naponu mreže, u trafo poljima VN postrojenja. Pregaranje jednog ili više osigurača tropski isključuje rastavnu sklopku u trafo polju.

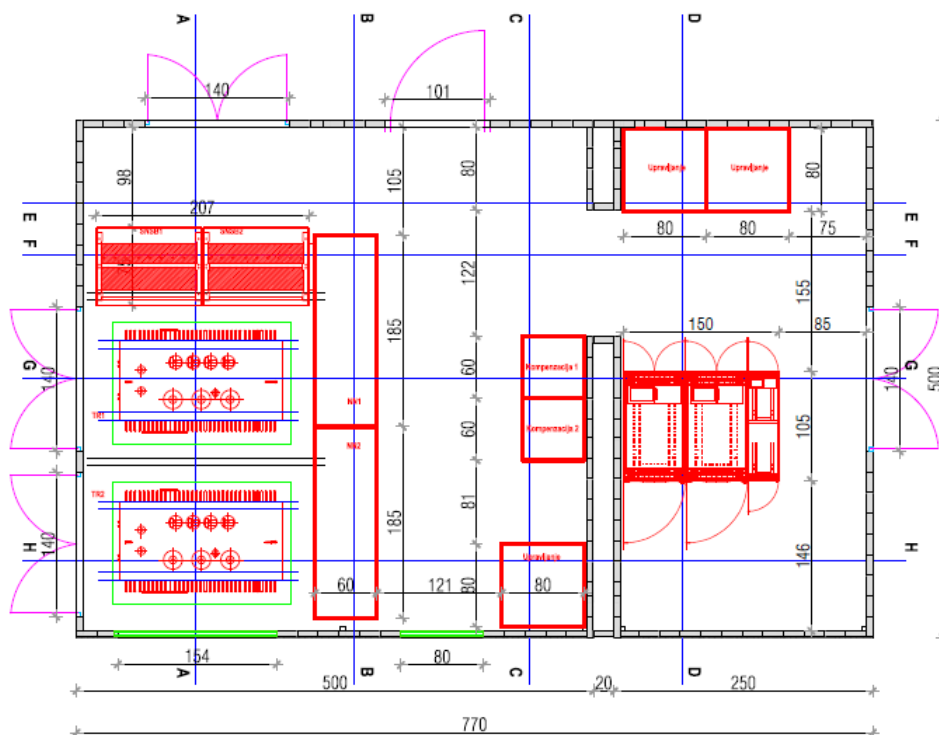
Zaštitu energetskog transformatora od preopterećenja i unutrašnjih kvarova ostvariti pomoću kontaktnog termometra, koji također tropski isključuje rastavnu sklopku u 20kV trafo polju. Predvidjeti dodatnu zaštitu od preopterećenja transformatora pomoću termičkog okidača na NN prekidaču u dovodnim poljima NN bloka.

Zaštitu NN izlaza od kratkog spoja ostvariti pomoću niskonaponskih visokoučinskih osigurača nazivne struje određene prema nazivnom opterećenju potrošača. Rezervnu zaštitu NN postrojenja i odlaza od preopterećenja i kratkog spoja, ostvariti preko NN prekidača. Zaštitu od atmosferskih i drugih prenapona izvesti pomoću odvodnika prenapona, koji se postavljaju na NN sabirnice. U NN bloku se relizira pokazno mjerenje električnih veličina na niskom naponu mjerenje struje, napona i drugih električnih veličina pomoću multifunkcijskog mjernog instrumenta.

Upravljanje aparatima SN postrojenja svodi se na to da se na slijepoj šemi provjeri stanje sklopnog aparata kojim se želi upravljati, te izvrši manipulacija okretanjem uklopnom ručicom. Na prednjoj ploči treba da je vidljivo stanje uklopljenosti aparata i da je označen i smjer okretanja ručice. Za isklup u nuždi, sklopno postrojenje je opremiti posebnim isklupnim tipkalom.

U transformatorskoj stanici projektovati združeno uzemljenje, odnosno međusobno povezivanje radnog i zaštitnog uzemljenja. Kao dio sistema uzemljenja, u transformatorskoj stanici predvidjeti instalaciju za izjednačavanje potencijala, spajanjem svih metalnih masa koji u normalnom radu nisu pod naponom, na sistem za izjednačavanje potencijala. Instalacija za izjednačavanje potencijala se izvodi pomoću FeZn trake dimenzija 25x4 mm. Prsten za izjednačavanje potencijala TS se galvanski veže na uzemljivač objekta, odnosno na uzemljivač lokaliteta. Uzemljivač transformatorske stanice se u pravilu izvodi pomoću dva prstena oko objekta, i povezuje sa FeZn trakom koja se polaže u cijeloj dužini kablovskog rova.

Pored ručnog, treba omogućiti i daljinsko upravljanje opremom SN i NN razvoda iz Centra za održavanje i kontrolu prometa (COKP). Pri tome ispuniti uslove sigurnosti manipulacije, kao i blokade koje onemogućavaju pogrešnu manipulaciju. Svi elementi koji su predmet bliskog i čestog dodira, trebaju biti izolovani i zaštićeni, tako da je postignuta maksimalna zaštita od previsokog napona dodira. Opremu za daljinski nadzor i upravljanje smjestiti u zaseban komunikacijski ormar odgovarajućih dimenzija.



Slika 1 - Portalna transformatorska stanica - raspored

### 18.3. Tunelske transformatorske stanice

U slučajevima kada je dužina tunela tolika da je nemoguće ostvariti napajanje potrošača tunelske opreme sa portalnih trafo stanica, ili to napajanje ekonomski nije isplativo, potrebno je pristupiti projektovanju tunelskih trafo stanica. Procijenjeno je da je tunelske trafo stanice potrebno projektovati za tunele duže od 1000 m, ali ako postoji tehno ekonomsko opravdanje, tunelske trafo stanice se mogu projektovati i na kraćim tunnelima, i obrnuto, portalne trafo stanice ponekad mogu zadovoljiti konzumente u tunnelima dužim od 1000 m.

Za projektovanje tunelskih trafo stanica vrijede iste smjernice kao za projektovanje portalnih trafo stanica. U nastavku teksta date su samo razlike među njima.

#### 18.3.1. Građevinski projekat

Tunelske transformatorske stanice portebno je locirati u poprečnim prolazima za vozila, između lijeve i desne tunelske cijevi. Trafostanica treba biti kablovske izvedbe sa unutrašnjim posluživanjem. S tim u vezi, projektant građevinskog dijela tunela, treba predvidjeti prostoriju koja će biti posebna požarna zona, a dimenzijama zadovoljiti sve zahtjeve za siguran i neometan rad ljudi i postrojenja.

Okvirne unutrašnje dimenzije prostorija za smještaj transformatora su cca 5,30x2,10x2,70 m (širina x dubina x visina), prostorija za smještaj SNSB, NNSB i UPS 5,80x4,30x2,70 m (širina x dubina x visina), prostorija za smještaj upravljačke opreme 3,40x2,10x2,70 m (širina x dubina x visina), dubina kablovskih kanala 0,6 mm. Izabranoj lokaciji transformatorske stanice mora biti osiguran direktan i neometan pristup. Vrata za posluživanje nalaze se sa jedne strane objekta, pa je dovoljan kolski prilaz samo sa strane za posluživanje energetskog transformatora. Budući da tunelski tip transformatorske stanice, prema propisima treba predstavljati jedinstvenu protivpožarnu cjelinu, na objektu TS je potrebno ugraditi troje dvokrilnih protupožarnih vrata, sa cilindar bravom i univerzalnim ključem.

Hlađenje i ventilaciju u transformatorskoj stanici obezbijediti prinudnom cirkulacijom zraka, ugradnjom odsisnih ventilatora i odgovarajućih otvora sa protivpožarnim zaklopkama. Unutrašnje zidove i strop transformatorske stanice obojiti bijelom disperzivnom bojom.

#### 18.3.2. Elektrotehnički projekat

U tunelskoj transformatorskoj stanici predvidjeti ugradnju dva **suha preklopiva energetska transformatora** 10-20/0,4 kV, snage prema snazi instalisane opreme, uz odgovarajuću rezervu.

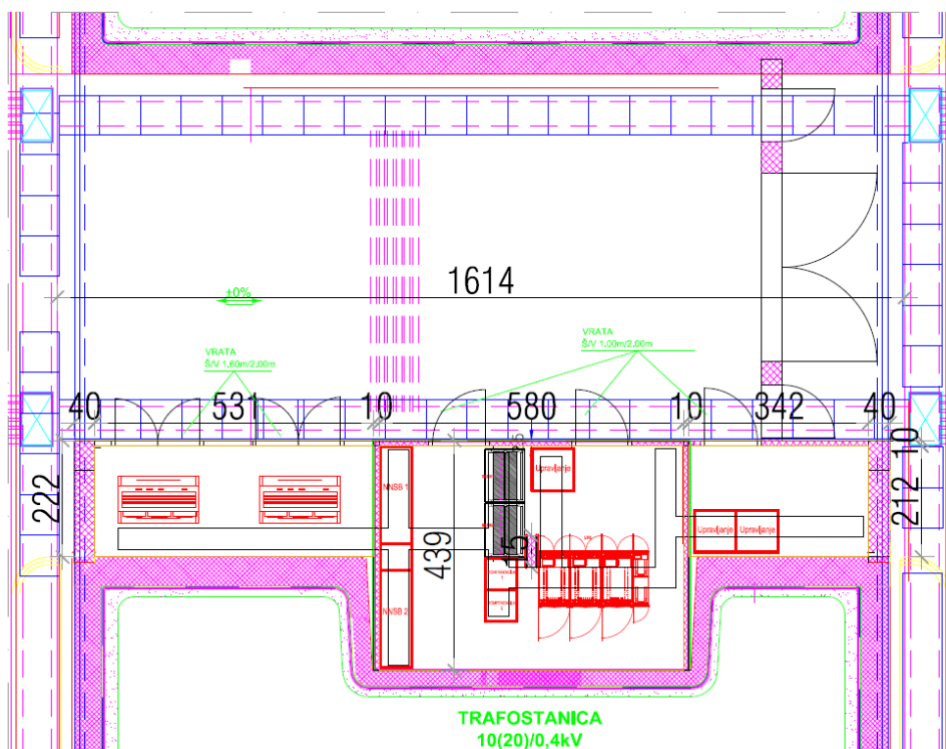
Transformator treba da zadovoljava standarde za trofazne suhe distributivne transformatore DIN 42523 i IEC Publ. 726.

Osnovne tehničke karakteristike:

|                               |                                   |     |       |      |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----|-------|------|
| Nazivna snaga (kVA)           | 250                               | 400 | 630   | 1000 |
| Nazivni prijenosni omjer (kV) | 10-20/0,4 (preklopivi)            |     |       |      |
| Frekvencija                   | 50Hz                              |     |       |      |
| Spoj                          | Dyn 5                             |     |       |      |
| Napon kratkog spoja           | do 4%                             |     | do 6% |      |
| Regulacija napona             | ±2x2,5% nazivnog primarnog napona |     |       |      |
| Ispitni napon                 | 125/50 kV                         |     |       |      |
| Hlađenje                      | ONAN                              |     |       |      |
| Stepen zaštite                | IP00                              |     |       |      |

Transformator treba biti opremljen sa:

- priključkom za uzemljenje
- kukama za dizanje
- natpisnom pločicom
- PTC sondama
- zaštitnim relejem
- točkovima



**Slika 2** - Tunelska transformatorska stanica - raspored opreme

Predvidjeti postavljanje transformatora sa točkovima na čeličnim nosačima **UNP160**.

Zbog lokacije transformatorske stanice, kao i dispozicije opreme u TS, vezu transformator - NN blok realizovati kablom  $3 \times (2 \times (P/FT(1 \times 240)) \text{ mm}^2 + P/FT(1 \times (1 \times 240)) \text{ mm}^2)$ , za sve instalisane snage, kako bi se obezbijedila maksimalna tipizacija. U tehnički opis i predmer radova uvesti napomenu da zbog više kablova po fazi, postoji mogućnost nesimetričnog opterećenja pojedinih kablova, te se prilikom izrade veze transformator - NN postrojenje mora posvetiti posebna pažnja.

Zaštita energetskog transformatora od struje kratkog spoja je kao kod portalnih trafostanica ostvarena visokonaponskim visokoučinskim osiguračima nazivne struje prema nazivnoj struji transformatora i nazivnog napona prema nazivnom naponu mreže, u trafo poljima VN postrojenja. Pregaranje jednog ili više osigurača trolno isključuje rastavnu sklopku u trafo polju.

Zaštitu energetskog transformatora od preopterećenja i unutrašnjih kvarova ostvariti pomoću PTC sonde i odgovarajućeg releja, koji takođe trolno isključuje rastavnu sklopku u 20 kV trafo polju.

Dodatnu zaštitu od preopterećenja transformatora ostvariti pomoću termičkog okidača na NN prekidaču u dovodnim poljima NN bloka.

#### **18.4. Sistem besprekidnog napajanja (UPS)**

Za potrebe napajanja prioriternih potrošača, u slučaju nestanka napajanja iz distributivne mreže, potrebno je projektovati UPS sistem tunela. UPS sistem treba napajati sljedeće potrošače:

- sigurnosnu i evakuacijsku rasvjetu u tunelu
- svu opremu za upravljanje i kontrolu svih sistema
- razvodne ormare u SOS nišama i poprečnim prolazima

UPS sistem tunela sastoji se od UPS stanica koje se smještaju u posebne prostorije koje su sastavni dio transformatorskih stanica, što je pobliže opisano u smjernicama za projektovanje transformatorskih stanica.

UPS uređaji trebaju biti modularni i zadovoljavati uslov redundantnog napajanja. Redundantno napajanje ostvariti ugradnjom UPS-ova sa više "Power modula" za potrošače u svakoj tunelskoj cijevi. UPS blokove dimenzionirati i povezati na način da UPS blok za napajanje pripadajućih potrošača jedne tunelske cijevi može podmiriti i potrošnju pripadajućih potrošača u drugoj tunelskoj cijevi uz održanje propisane autonomije. Propisana autonomija uz uslov redundantnog napajanja iznosi 60min.

#### **18.5. Srednjenaponsko napajanje transformatorskih stanica**

Napajanje transformatorskih stanica iz elektroenergetskog sistema definira se od strane Nezavisnog Operatora Sistema BiH i Elektroprijenosa BiH preko novih i postojećih TS 110/10(20) kV.

Kablovski vod za povezivanje distributivnih transformatorskih stanica realizira se na principu ulaz-izlaz, i izvodi se energetskim beshalogenim kablom 12/20 kV. Srednjenaponski kablovski vod se oblikuje od tri jednožilna kabla položena u trokutastom snopu. Srednjenaponski kablovi u tunelu polažu se u kablovskim kanalima zaštićeni u PEHD cijevima.

SN kablovi se na zemljanom terenu polažu u obliku trokuta slobodno u kanale dubine 80 cm, dok se kod prekopa ispod prometnica polažu u PEHD cijevi promjera Ø200 mm na dubini od 120 cm. Cijelom dužinom trase u rov se polaže PEHD cijev Ø50 mm, u koju će se upuhati optički kabl.

## 18.6. Tunelska rasvjeta

### Fotometrijski proračun i režimi rada tunelske rasvjete

Kao osnovni dokument za izradu fotometrijskog projekta tunela koristiti Tehnički Izveštaj Evropskog Standarda EN/CR14380 – Anex A2. Na osnovu presjeka ulaznih portala i podužnog profila ulaza u tunel, potrebno je procijeniti udjele neba, kolovoza, stijena i zelenila u vidnom polju vozača za obje tunelske cijevi. Na osnovu tih vrijednosti i podataka o orijentaciji tunela i brzini vožnje izračunati vrijednosti sjajnosti prilaznih zona za obje tunelske cijevi. Sjajnost zone praga  $L_{th}$  odrediti na osnovu vrijednosti koeficijenta  $k$  koji daje odnos između  $L_{20}$  i  $L_{th}$ , na osnovu EN/CR 14380 – Anex A2, za dozvoljenu brzinu vožnje (zaustavni put) i dati protok saobraćaja. Također je na osnovu EN/CR 14380 – Anex A2 potrebno odrediti sjajnost unutrašnje zone tunela. Duž čitavog tunela u noćnim satima potrebno je obezbijediti nivo sjajnosti od  $2\text{cd/m}^2$ . Za ostvarivanje sigurnosne rasvjete potrebno je obezbijediti srednji i minimalni nivo osvijetljenosti kolovoza  $E_{sr}=10\text{lx}$ , odnosno  $E_{min}=2\text{lx}$ .

U zavisnosti od sjajnosti prilazne zone, projektom obraditi slijedeće režime uključanja:

#### Dnevno osvijetljenje

- I režim – 100% sjajnosti zone praga
- II režim – 75% sjajnosti zone praga
- III režim – 50% sjajnosti zone praga
- IV režim – 25% sjajnosti zone praga
- V režim (sumrak) – 12.5% sjajnosti zone praga

Projektom je potrebno obezbijediti kontinualno praćenje (smanjivanje sjajnosti) duž CIE krive, tako da vozač ne bi osjetio naglo opadanje nivoa sjajnosti i kako bi se postiglo što efikasnije rješenje.

Pored navedenih režima dnevnog osvijetljenja, predvidjeti i slijedeće režime:

- VI režim –  $4.0\text{ cd/m}^2$  (režim pojačanog saobraćaja u toku noći i režim za slučaj nezgoda u tunelu u noćnim satima)
- VII režim –  $2\text{ cd/m}^2$  (noćno osvijetljenje)
- VIII režim –  $10\text{ lx}$  (sigurnosno osvijetljenje)

Tunelske svjetiljke treba da u svemu zadovoljavaju svjetlotehnički proračun. Pored toga, one treba da budu robusne izrade, koja obezbjeđuje visok stepen zaštite od korozije, udara i vibracija. Trebaju biti izrađene od inoxa ili ekstrudiranog aluminijuma visoke čvrstoće. Stepene mehaničke zaštite IP66. Izvor svjetla treba biti zaštićen protektorom od kaljenog (termički i mehanički ojačanog) stakla, optornosti na udar IK08. Konektori u svjetiljci treba da budu ručno razdvojivi, bez upotrebe alata. Kao izvor svjetlosti koristiti energetske efikasne izvore - natrij visokog pritiska i/ili LED izvor svjetla.

Analize su pokazale da je za tunele čija dužina prelazi 1000m isplativo koristiti svjetiljke sa LED izvorima svjetla. Pošto je LED tehnologija relativno nova u oblasti osvijetljenja, u nastavku teksta su u kratkim crtama date su neke od prednosti, ali i nedostataka LED rasvjete.

- LED tehnologija uzima sve više maha na tržištu osvijetljenja. Očekuje se da do 2014.godine 44% tržišta vanjskog osvijetljenja bude realizovano sa svjetiljkama sa LED izvorima, a do 2020. godine čak 74 %.

- Efikasnost (svjetlosna iskoristivost) LED izvora raste iz godine u godinu. Ova efikasnost se približava efikasnosti natrijumovih izvora, čak je i veća za sve snage do 150 W (za 250 W, efikasnost natrijumovih izvora iznosi 122.67 lm/W, a za 400 W ona iznosi 130.78 lm/W)
- Životni vijek LED izvora je značajno veći od natrijumovih izvora svjetla. Kod većine kvalitetnih LED svjetiljki, nakon 100.000 h radnih sati, svjetlosni fluks pada na 90% nominalnog fluksa, što znači da se za projektovani faktor održavanja od 0,8 (fluks pada na 80 % na kraju eksploatacionog perioda, tj. prije zamjene izvora), može očekivati da životni vijek bude i veći. Za natrijumove izvore visokog pritiska uzima se da je životni vijek u opsegu 16.000-20.000 h u slučaju nakvalitetnijih izvora koji se mogu naći na tržištu – petostruko manji životni vijek, što značajno utiče na troškove održavanja instalacije osvjetljenja u tunelu (zamjena LED izvora se vrši tek nakon približno 10-15 godina pri neprekidnom radu (24h dnevno))
- Kod LED izvora izbjegnuto je tzv. efekat treperenja ("flicker" efekat), koji je često prisutan u instalacijama sa konvencionalnim HID izvorima. Korištenjem kvalitetnih drajvera izbjegnuto je rad u frekvencijskom opsegu od 70-130 Hz koji je problematičan sa stanovišta treperenja.
- LED izvori se mogu dimovati čak do 10 % vrijednosti inicijalnog svjetlosnog fluksa (u približno linearnom odnosu opada i snaga izvora), dok zbog fizičkih ograničenja, natrijumovi izvori mogu raditi samo do vrijednosti od 20 % inicijalnog fluksa (ili 35 % snage).
- Zahvaljujući dimabilnosti LED izvora, moguće je efikasnije regulisati fluks izvora i ostvariti efikasnije upravljanje u tunelskoj instalaciji, čime se mogu postići značajnije uštede električne energije. Također, LED izvori imaju praktično trenutni odziv prilikom uključivanja i dimovanja, dok kod natrijumovih izvora vrijeme paljenja iznosi 5-10 minuta do dostizanja nominalnog fluksa (period razgorijevanja izvora)
- LED izvori daju bijelu boju svjetlosti (temperatura boje oko 4000 K), koja je prijatnija za ljudsko oko od žute boje (temperatura boje oko 2200 K) koju proizvode natrijumovi izvori.
- Indeks reprodukcije boje (sposobnost da boja osvijetljenog predmeta bude što bliža prirodnoj boji, tj. onoj koja se ima pri dnevnoj svjetlosti) je viši kod LED izvora – on iznosi minimalno 70, dok kod natrijumovih izvora indeks reprodukcije iznosi oko 40.
- Zahvaljujući kvalitetnim drajverima koji omogućavaju rad LED čipova u širokom naponskom opsegu (u konkretnom slučaju od 120-277 V), fluktuacije mrežnog napona mnogo manje utiču na rad LED nego natrijumovih izvora.
- LED izvori startuju praktično sa nominalnom strujom (izuzimajući udarnu struju čija se vrijednost ograničava dodavanjem odgovarajućih otpornika u kolo svjetiljke), dok je kod natrijumovih izvora polazna struja uobičajeno 50% viša od nominalne, što je izuzetno značajno prilikom projektovanja i dimenzioniranja instalacije tunelskog osvjetljenja.
- Zahvaljujući programabilnim drajverima koji se nalaze u svjetilkama, moguće je regulirati svjetlosni fluks izvora tokom eksploatacije.

Pored brojnih prednosti, treba pomenuti i jednu manu LED tehnologije:

- LED izvori su znatno osjetljiviji na temperaturu (pri radnim uslovima na temperaturi PN spoja od očekivanih 75 °C, može se očekivati da svjetlosni fluks bude niži i preko 10 % u odnosu na laboratorijske uslove (25 °C)). Takođe, i LED drajveri su osjetljivi na temperaturu pa može doći do njihovog oštećenja, ukoliko temperatura ambijenta (temperatura u svjetiljci) pređe maksimalno dozvoljenu. Natrijumovi izvori u kombinaciji

sa robusnim elektromagnetskim balastima gotovo da uopšte i ne reaguju na temperaturne promene.

Prilikom određivanja lokacije svjetiljki, potrebno je voditi računa o broju vozničkih traka, geometriji tunela, održavanju svjetiljki, i koliziji sa ostalim instalacijama (tunelski ventilatori). Svjetiljke treba postaviti tako da zadovoljavaju fotometrijski proračun, dobro vizuelno vođenje, ali ne i manje bitno estetski izgled. Prilikom odabira, i tehničkog opisivanja svjetiljki, obavezno propisati mjere za periodično održavanje rasvjete.

Pored svjetiljki opšteg i sigurnosnog osvijetljenja, u projektu je potrebno predvidjeti instaliranje **smjerokaznih oznaka**. Smjerokazne oznake označavaju rub kolnika u tunelu, izvode se u tehnologiji svijetlećih dioda (LED) i imaju stalan izvor napajanja (UPS). Svjetiljke za označavanje ruba kolnika s desne strane u smjeru vožnje treba da svijetle crvenom bojom svjetlosti a s druge strane bijelom bojom, zbog vizuelnog efekta za slučaj dvosmjernog prometa u jednoj cijevi. Svjetiljke za označavanje ruba kolnika s lijeve strane u smjeru vožnje svijetle crvenom bojom na obje strane. Postavljaju se na razmaku 25 m unutar tunela i na razmaku 15m na početku tunela i u krivinama. Montaža svjetiljki je na rubnjaku servisne staze (trotoara).

U tunelu je potrebno predvidjeti i montažu **svjetiljki za određivanje distance**. Svjetiljke se izvode također u LED tehnologiji i postavljaju sa desne strane u smjeru vožnje na zid tunela (na visini 1 m od tla), na rastojanju 50 m. Boja svjetla plava.

S lijeve strane tunelske cijevi u smjeru vožnje, postavljaju se **svjetiljke za vizuelno vođenje i označavanje evakuacionih puteva** na međusobnom rastojanju 25m. Svjetiljke mogu biti izvedene tako da imaju protektor od kaljenog stakla sa oznakom smjera evakuacije i udaljenosti od izlaza na obje strane, a mogu se koristiti svjetiljke koje će osvijetljivati samoreflektirajuće oznake koje se postavljaju ispred ili iza svjetiljke.

Iznad vrata poprečnih prolaza potrebno je predvidjeti LED svjetiljke (znak tip III-128 - "Izlaz u slučaju nužde"). Potrebno je predvidjeti **svjetiljke za obilježavanje vrata SOS niša** i vrata poprečnih prolaza. Također predvidjeti vodotijesne (IP65) fluorescentne svjetiljke sa PMMA kapom i EVG predspojnom spravom za rasvjetu SOS niša i prolaza za pješake. **Odlazne zone** tunela potrebno je osvijetliti svjetiljkama za vanjsku rasvjetu koje se montiraju na stubove vanjske rasvjete, tako da se postigne sjajnost odlazne zone od 2 cd/m<sup>2</sup>.

## Upravljanje rasvjetom

Svjetiljke tunelske rasvjete potrebno je napojiti električnom energijom i povezati tako da je moguće ručno i automatsko upravljanje.

Ručno upravljanje treba biti lokalno i daljinsko. Lokalno upravljanje rasvjetom predvidjeti sa razvodnih ormara tunelske rasvjete. Daljinsko upravljanje rasvjetom predvidjeti preko sistema daljinskog vođenja (SDV), iz centra za upravljanje i kontrolu prometa. U tom cilju, u razvodnim ormarima tunelske rasvjete, predvidjeti montažu opreme koja omogućava upravljanje i signalizaciju stanja tunelske rasvjete, preko sučelja sa bespotencijalnim kontaktima.

Službi održavanja rasvjete u COKP je potrebno omogućiti:

- nadzor trenutnog režima rada rasvjete
- signalizaciju kvara po razvodnim ormarima, i unutar njih po grupama kvara
- daljinsko biranje režima rada rasvjete

Automatsko upravljanje rasvjetom predvidjeti preko fotoluminansmetara, koje treba postaviti ispred tunela na dužini zaustavnog puta. Fotoluminansmetar je uređaj koji kontinuirano mjeri sjajnost prilazne zone tunela, i na osnovu toga generiše određen broj relejnih izlaza. Signal se dalje preko signalnog kabla vodi u prvi razvodni ormar tunelske rasvjete. Vezu između pojedinih ormara rasvjete ostvariti preko sistema daljinskog vođenja tunela.

### 18.7. Niskonaponsko napajanje i kablovski rzvodl

Za napajanje pojedinih potrošača tunelske opreme predvidjeti instaliranje razvodnih ormara koji se smještaju u tunelskim elektro nišama, čija je izgradnja predviđena u građevinskom dijelu projekta. Potrebne dimenzije i izgled tunelskih niša date su u nacrtu u prilogu ovog dokumenta. Niše su funkcionalno podijeljene na elektro niše koje se koriste za napajanje i upravljanje opreme ventilacije i rasvjete tunela, i SOS niše koje se koriste za napajanje i smještaj CPS uređaja, SOS ormara i ormara ozvučenja. Za napajanje uređaja i opreme u poprečnim prolazima za pješake i vozila, projektovati razvodne ormare ugrađene u zid prolaza.

Niskonaponsko napajanje razvodnih ormara vršiti iz portalnih i tunelskih trafo stanica. Dio potrošača je potrebno spojiti na besprekidni izvor napajanja (UPS), tako da razvodni ormari trebaju imati mrežni i UPS dio.

Razvod napojnih kablova od niskonaponskih ormara u TS do razvodnih ormara vršiti u kablovskom kanalu, koji se nalazi ispod servisne staze, s desne strane tunelskih cijevi (u smjeru vožnje) a prolaz ispod kolovozne konstrukcije vršiti u kablovskoj kanalizaciji, koja se predviđa u građevinskom projektu.

U kablovskom kanalu montirati kablovske regale (broj regala ovisan o broju kablova). Kablovski regali, nosači i montažni pribor, moraju biti izrađeni od nehrđajućeg čelika klase V4A prema normi DIN 4102.

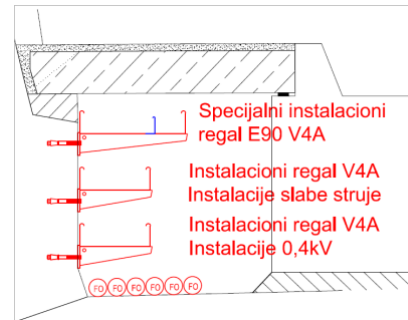
Iznimno od gore navedenog, kablovski regali u kablovskom kanalu mogu biti od pocinčanog materijala uz uslov da se kablovski kanal prekrije betonskim poklopcima i zalije tečnim

asfaltom. U tom slučaju kablovski regali moraju biti zaštićeni od korozije toplom galvanizacijom po postupku potapanja prema DIN EN ISO 1461, debljine sloja cinka 40-60  $\mu\text{m}$ . Svi naknadni rezovi regala, moraju se naknadno zaštititi cinkom od korozije. Vijci također trebaju biti toplo cinčani. Ankeri za beton moraju biti od nehrđajućeg čelika.

Kablovski regali koji služe za nošenje vatrootporne instalacije moraju imati certifikat o vatrootpornosti kao sistem.



a. na stropu tunela



b. u kablovskom kanalu

**Slika 3** - Kablovski regali

Agresivna tunelska atmosfera nastaje zbog povećanog prisustva produkata sagorijavanja gasova u automobilskim motorima, lokalnih klimatskih uticaja, ekstremne vlažnosti zraka i povećanih vibracija. Zbog sagorijevanja gasova u automobilskim motorima nastaju slijedeći produkti: sumpor dioksid  $\text{SO}_2$ , nitrogen dioksid  $\text{NO}_2$  i hidrogen sulfid  $\text{H}_2\text{S}$ . Ovi produkti čine tunelsku atmosferu visoko korozivnom. Europskom direktivom "*Europe Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council*" u kojoj su propisani minimalni zahtjevi za sigurnost u tunnelima sa minimalnom dužinom od 500 m u transeuropskoj prometnoj mreži (TERN) u koju spada i Koridor Vc, propisuje se upotreba nehrđajućeg čelika kao materijala za izradu instalacijskih nosećih konstrukcija. Nehrđajući čelik klase V4A se preporučuje za izradu kablovskih regala, nosećih konstrukcija i svih pripadajućih montažnih elemenata i pribora, jer je materijal otporan na koroziju, nije toksičan pri gorenju, i njime je moguće izraditi konstrukcije koje mogu ispuniti zahtjeve za vatrootpornost. Sistemi koji moraju održati funkcionalnost u slučaju požara moraju imati osobinu vatrootpornosti sistema, koja se dokazuje izdavanjem "Certifikata o vatrootpornosti sistema". Također, važan zahtjev koji se propisuje za sve tunelske nosive kablovske konstrukcije i njihove elemente je da ne ispuštaju toksične (halogene) materije pri gorenju.

Instalacioni kablovi pojačanog osvjetljenja tunelske rasvjete se polažu u kablovskom regalu. Regal se montira na stropne konzole s promjenljivim nagibom. Kablovski regal kao i pripadajući ovjesni pribor treba biti od nehrđajućeg čelika klase V4 1.4571. Nakon izabranog tipa regala i svjetiljki, u Izvedbenom projektu je potrebno napraviti statički proračun regala sa tačnim rasporedom i brojem nosača, kao i ostalog pripadajućeg spojnog i ovjesnog pribora. Potrebno je razdvojiti razvod pojačanog i baznog (sigurnosnog) osvjetljenja, zato što sigurnosno osvjetljenje treba da ispuni uslov funkcionalnosti u slučaju požara kao sistem (klasa vatrootpornosti E90). Svi elementi kablovskog regala moraju biti galvanski povezani integriranim spojnicama i spojeni na zaštitne sabirnice u razvodnim ormarima prema normi DIN EN 61573.



a. Montaža svjetiljki osnovnog osvjetljenja



b. Montaža svjetiljki pojačanog osvjetljenja

**Slika 4** - Princip montaže svjetiljki

Razvod kablova od razvodnog ormara, koji se nalazi u elektro niši, do kablovskog regala koji se montira na kalotu tunela, predvidjeti u PEHD cijevima koje se polažu u betonskoj oblozi tunela (prema broju kablova, odrediti broj cijevi i dati kao ulazni podatak projektantu građevinskog dijela tunela).

Svi kablovi za mrežno napajanje moraju imati beshalogenu izolaciju. Kablovi za besprekidno napajanje moraju imati teškogorivu beshalogenu izolaciju sa održavanjem funkcionalnosti minimalno 90 minuta. Kablovi za napajanje sigurnosne rasvete pored toga imaju vatrootpornu izolaciju prema IEC 60092-353, IEC 60331-21(90), IEC 60754, vatrootpornosti E90.

Kablovska instalacija u tunelu ne smije biti prenosnik požara iz jedne požarne zone u drugu. Zbog toga je neophodno sve kablovske prodore iz elektro niša i kablovske prolaze u kanalima ispod zidova poprečnih veza izolirati specijalnim vatrootpornim malterom.

### Razvodni ormari

U tunelskim elektro nišama, potrebno je predvidjeti montažu razvodnih ormara tunelske opreme, i to razvodnih ormara: rasvjete (ROR-XX), ventilacije (ROV-XX), poprečnih prolaza (RO-PPX, RO-IVX) i SOS niša (RO-S-XX).

Razvodni ormari rasvjete napajaju grupe rasvjete podijeljene prema zonama rasvjete, dozvoljenom padu napona i graničnim dužinama kablova unutar zona. Svaki ormar rasvjete ima mrežni i UPS razvodni dio koji su napojeni nezavisno. Ormari su u slobodnostojećoj izvedbi sa stepenom zaštite IP 54. Kućišta razdjelnika moraju biti od dva puta dekapiranog lima debljine 2mm. Svi dijelovi ugrađeni u razdjelnik moraju biti montirani na montažnom okviru ili montažnoj ploči tako da se kasnije omogući demontaža i ponovna montaža svakog pojedinog elementa opreme bez potrebe da se zbog toga demontiraju drugi dijelovi opreme. Sve sastavne dijelove razdjelnika treba u radionici konačno sastaviti i povezati. Svi provodnici za ožičenje moraju biti uredno složeni u perforirane PVC kanale sa poklopcem.

Sva metalna vrata razdjelnika na kojima ima ugrađene elektro opreme moraju biti priključena na zaštitni vod za uzemljenje. Kod ožičenja, neutralni vodovi moraju biti plave boje, a zaštitni vodovi žuto-zelene boje. Svi ostali vodovi ne mogu biti tih boja. Sabirnice moraju biti označene po standardu sa L1, L2, L4 faze, N za neutralnu sabirnicu i PE za zaštitnu sabirnicu. Stopice na krajevima provodnika moraju biti presovane.

Zabranjena je upotreba stopica čija je cilindrična površina formirana savijanjem tj. ima uzdužni razrez. Zavrtnji za pritezanje provodnika na sabirnice obavezno imaju elastične podloške.

Priključci svih kablova moraju biti preko strujnih stezaljki odgovarajućih dimenzija. Sve stezaljke moraju biti označene u skladu sa važećim standardom. Sve žile kablova takođe moraju biti obilježene kao i stezaljke na koje su spojene.

Sva oprema u ormaru i na vratima ormara mora biti označena graviranim natpisnim pločicama koje ne smiju biti lijepljene.

Kod topljivih osigurača obavezna je natpisna pločica sa oznakom maksimalno dozvoljenog patrona. Svi kablovi se uvode u razdjelnik isključivo sa donje strane. Stepenn zaštite ormara mora biti najmanje IP54. Spoljne i unutrašnje površine razdjelnika i pomoćne konstrukcije i pribor moraju biti antikorozivno zaštićene i lakirane.

Ormari moraju biti ankerisani. Svaki razdjelnik na unutrašnjoj površini vrata mora imati džep za dokumentaciju. Pod dokumentacijom ormara podrazumjeva se jednopolna šema i šema djelovanja. Sav potreban sitan materijal se podrazumijeva. Provjera funkcionalnosti i prijem razvodnog ormara vrše se u radionici isporučioaca uz obavezno prisustvo nadzornog organa. Razvodni ormari poprečnih prolaza imaju samo UPS razvodni dio.

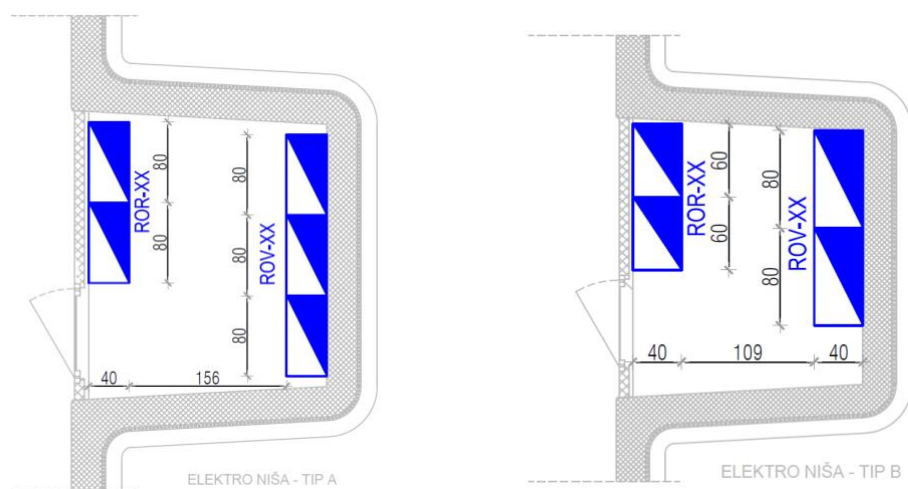
Ormari se ugrađuju u zid poprečnih prolaza, na mjestima prikazanim na priloženim nacrtima, sa ugrađenom opremom prema jednopolnim šemama. Za razvodne ormare poprečnih prolaza vrijede isti opšti uslovi koji vrijede za razvodne ormare tunelske rasvjete.

Mjere koje treba provesti radi sigurnosti pogona su:

- Razvodni uređaj u posebnoj hermetizovanoj niši.
- Oprema u ormaru zaštićena od rošenja, ugradnjom u ormar grijača sa termostatom.
- Svjetiljke pojedinih pogonskih stepena povezane u više strujnih krugova, umesto na jedan jači strujni krug.
- Kablovi koji dolaze spolja zaštićeni odvodnicima prenapona.
- Pomoćni strujni krugovi automatike upravljanja, koji izlaze van tunela (fotometar) napajaju se sa UPS-a.
- Rješenje upravljanja glavnim sklopnicima obezbeđuje uključenje osvjetljenja u slučaju kvara pomoćnog releja.

Mjere za lakše i brže održavanje:

- Razvodni uređaji u posebnoj niši.
- Signalizacija kvara pojedinih grupa ostvarena je signalnim lampicama koje se nalaze u ormarima i čiji se signali prenose u nadzorni centar
- Evidencija trajanja pogona pomoću brojača sati rada.



**Slika 5 - Elektro niša - raspored opreme**

## 18.8. Elektrotehnički projekat sistema ventilacije

Kao osnova za izradu elektrotehničkog projekta ventilacije tunela mora se koristiti mašinski projekat sistema ventilacije. U mašinskom projektu sistema ventilacije definišu se tačne pozicije i broj ventilatora za svaku tunelsku cijev, snaga motora ventilatora i način uklapanja.

Niskonaponski razvod sistema ventilacije izrađuje se prema pozicijama elektro niša i pozicijama ventilatora. Pri projektovanju koristiti princip da se iz jedne elektro niše napaja i upravlja više ventilatora, uz poštivanje ograničenja koje u elektrotehničkom smislu uvjetuju granične dužine napojnih kablova, optimalni presjeci kablova, i granične dužine za prijenos upravljačkih i senzorskih signala.

Motori ventilatora su trofazni asinkroni. Ventilatori rade reverzibilno (dvosmjerno) a njihovo uklapanje izvodi se preko soft-start uređaja.

Automatski režim rada sistema ventilacije obavlja se putem programa koji se izrađuje u izvedbenom projektu, prema algoritmu datom u mašinskom projektu sistema ventilacije. Vođenje procesa obavlja se preko daljinskih stanica (DS) sistema daljinskog vođenja, koji treba da obezbijedi loklani autonoman rad sistema ventilacije svake tunelske cijevi, pri čemu se centralna upravljačka jedinica sistema ventilacije ugrađuje na mjestu odabranom prema topologiji sistema daljinskog vođenja. Operater u centru za upravljanje i nadzor treba da ima mogućnost ručnog daljinskog upravljanja.

Postoje tri grupe signala koji se proslijeđuju između komandnih ormara i daljinskih stanica:

- 1) Signali stanja sistema
- 2) Signali sa senzora procesa
- 3) Upravljački signali za vođenje sistema

Posebnu pažnju pri projektovanju posvetiti zaštitama motora i opreme, te praćenju i signalizaciji stanja elemenata sistema. Svaki ventilator mora imati zaštitu od preopterećenja i kratkih spojeva, zaštitu od pregrijavanja, alarm prekomjernih vibracija i grijanje namotaja kada motor ne radi. U slučaju požarnog režima rada djelovanje zaštita od pregrijavanja motora treba biti eliminirano.

Glavni potrošači velikih snaga: motori ventilatora i grijači napojeni su sa mrežnih sabirnica, a sva oprema sistema automatskog upravljanja i procesni senzori, napojeni su sa sistema besprekidnog napajanja.

Svi kablovi sistema ventilacije koji mogu biti izloženi otvorenom plamenu u tunelskoj cijevi su beshalogeni i vatrootporni prema DIN 4102-12. Svi kablovski regali i limovi za pokrivanje utora moraju biti izrađeni od nehrđajućeg čelika kvaliteta V4A 1.4571.

Kablovski regal u kanalu na koji se polažu instalacije vatrootpornih sistema mora biti izrađen u vatrootpornoj izvedbi, prema standardu DIN 4102-12.

Električni kablovi klase vatrootpornosti E90 koji se montiraju na obujmicama moraju biti montirani vatrootpornim obujmicama klase E90.

Sve metalne mase koje u normalnom radu nisu pod naponom, moraju biti povezane i spojene na tunelski uzemljivač.

**Senzori procesa.** Broj i pozicija senzora procesa za sistem ventilacije prvenstveno o ovisi o tipu tunelskog profila, tipu sistema ventilacije, vrsti prometa i lokalnoj regulativi. Obzirom da se na autocesti koridora Vc grade jednosmjerni tuneli s longitudinalnim sistemima ventilacije, pozicije senzora procesa definiraće se prema njemačkim smjernicama za opremanje i upravljanje cestovnih tunela, RABT.

**Detektori magle** postavljaju se u zoni svakog tunelskog portala (10m).

**Mjerači nivoa CO i vidljivosti.** Preporučuje se da se prvi mjerači nivoa CO i vidljivosti postavljaju na udaljenosti od 150 m od tunelskih portala. Ostale mjerne tačke CO i vidljivosti određuju se u ovisnosti od dužine tunela. Međusobna udaljenost mjernih tačaka unutar tunelske cijevi ne treba da bude kraća od 200 m, niti duža od 500 m.

**Mjerači intenziteta i smjera strujanja zraka,** treba da budu raspoređeni optimalno prema već utvrđenom rasporedu mjerača CO i vidljivosti. Međusobna udaljenost mjernih tačaka unutar tunelske cijevi ne treba da bude kraća od 200 m, niti duža od 500 m.

Senzori procesa i sva pripadajuća oprema mora se montirati u svemu prema tehničkim uputstvima proizvođača odabrane mjerne opreme.

Analogni signali sa senzora prosljeđuju se na analogne ulazne module kontrolera te se programski diskretiziraju. Na osnovu vrijednosti nivoa i koncentracije pojedinih veličina zadatih u mašinskom projektu sistema ventilacije, izvršava se programski algoritam automatskog režima rada.

## 18.9. Sistem automatske dojave požara

S obzirom da su tuneli mjesta povećanog rizika od požara u njima se moraju primjenjivati posebno stroge mjere zaštite. Svrha projekta je da se obezbijedi efikasan i pouzdan vatrodjavni sistem u tunelu, te obezbijedi otkrivanje požara u inicijalnoj fazi što je od presudne važnosti za spašavanje učesnika u saobraćaju i očuvanja stabilnosti i cijelovitosti građevine, kao i drugih sistema implementiranih u tunelu.

Sistem dojave požara tunela projektovati u skladu sa odredbama dokumenata:

- Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Concile; 29. April 2004.
- Austrijske smjernice za projektiranje tunela RVS 9.281 (2004-08)
- Austrijske smjernice za projektiranje tunela RVS 9.282 (2004-08)

Sistem dojave požara se predviđa za sve dvocjevne tunele na autocesti. Oprema sistema dojave požara tunela je ovisna o dužini tunela i tretira se dvojako:

- Tuneli do 500m se opremaju sljedećom opremom:
  - Centrala dojave požara smještena u portalnoj TS u prostoriji UPS-a, analogno adresabilna linija (petlja) dojave požara sa tačkastim optičko termičkim detektorima požara, paralelnim indikatorima požara, ulazno-izlaznim modulima, induktivnim kontaktima u kućištima za protiv požarne aparate i pripadajućim kablovima.
- Tuneli od 500-3000m se opremaju sljedećom opremom:
  - Ovisno o dužini tunela predviđa se jedna ili više centrala dojave požara koje se smještaju u portalnim TS u prostoriji UPS-a, prolazima za pješake ili UPS prostorijama na posebnim proširenjima u tunelskim cijevima (okretišta za vozila) , više analogno adresabilnih linija (petlji) dojave požara sa tačkastim optičko termičkim detektorima požara, paralelnim indikatorima požara, ulazno-izlaznim modulima, induktivnim kontaktima u kućištima za protiv požarne aparate i pripadajućim kablovima.
  - Linearni senzorski optički kabl ugrađen na strop obje tunelske cijevi sa pripadajućim kontrolerima optičkog kabla. Kontroler se postavlja u isti tip prostorija kao i VDC.

Na razini detekcije sistem se u principu izvodi upotrebom dvije osnovne vrste detektora - uzduž tunelskih cijevi postaviti senzorski optički kabl a u trafostanice, prostoriju neprekidnog napajanja (UPS) i elektro niše postaviti tačkaste automatske javljače požara.

Ručne detektore postaviti u SOS niše te na ulazne i izlazne portale tunelskih cijevi. Uzevši u obzir dužinu tunela, svaka tunelska cijev tunela treba biti podjeljena na više dojavnih zona uzimajući u obzir položaje prolaza za pješake i interventna vozila. Trafostanice, UPS prostorije, elektro niše i prostorije za smještaj centrala za dojavu požara trebaju činiti posebno dojavno područje.

Povezivanje sistema u funkcionalnu cjelinu izvodi se negorivim vodovima, crvene boje, tip J-H(St)H 2x2x0,8 mm koji se polažu na sljedeći način:

- U tunelskom instalacionom kanalu se polažu u PEHD bezhalogene cijevi odgovarajućeg presjeka,
- U elektro i SOS nišama te na portalima tunela kablovi se polažu u bezhalogenim PE cijevima koje se ugrađuju u prosječni šlic u betonskom zidu sa završnim malterom ili na beton zaštićene inox kanalicama (klasa V4A)
- Optički senzorski kabl se na strop tunela montira prema uputstvima proizvođača opreme sa obujmicama i odstojnicima predviđenim za radnu temperaturu do 400°C.
- Za povezivanje vatrodojavne centrale i OTS kontrolera sa izvorom energetskog napajanja koristiti kabl NHXH-J 3x1,5 mm<sup>2</sup>.

Organizaciju i funkcionisanje sistema za dojavu požara kod dužih tunela izvesti decentralizovano, koja će se temeljiti na dvije ili više vatrodojavnih centrala požara (VDC).

Sistem za dojavu požara se temelji na mikroprocesorski upravljanoj centrali za dojavu požara s mogućnošću programiranja naziva javljača (pridruživanja tekstualnih opisa javljačima), kontinuiranog nadgledanja, provjere i obrade povratne informacije svakog javljača u sistemu (status javljača - aktiviran, neispravan itd.) i adekvatnim programom s razrađenim scenarijima potrebnih akcija (neophodne radnje pri različitim statusima javljača, davanje komandi, provjera i indikacija statusa priključenih javljača, uređaja, vatrodojavnih petlji i sl.).

Centrale za dojavu požara trebaju biti međusobno povezane lokalno na nivou tunela u mrežu putem sistemske sabirnice. Centrale će se također morati povezati na nadzorni sistem dojave požara u COKP-i. Mrežni moduli obje centrale će se putem IP baziranih medija pretvornika vezati na lokalni multimode prsten mreže za upravljanje prometom u tunelu, a zatim putem optičkog kabla u single mode izvedbi povezati i sa COKP-om. Lokalna petlja osigurava lokalnu komunikaciju VDC-a i ujedno, u slučaju prekida petlje na jednom mjestu, nastavak veze lokalno i veze prema COKP-i.

Centrale za dojavu požara, putem mreže, trebaju predavati signale daljinskim stanicama (DS) koje se nalaze u cestovnim prometnim stanicama (CPS), koje su u stanju lokalno upravljati tunelom. Pri tome svaka centrala predaje signal generalne greške, signal generalnog alarma te po jedan signal za svaku dojavnu zonu koju pokriva, kao i zonske alarme senzorskog kabla. Signal alarma iz pojedine dojavne zone, uzrokuje aktiviranje zvučnog alarma u COKP-i, na PC-u sistema dojave požara vidi se zona dojave i tačna adresa javljača koji je dao signal, a na interventnim monitorima se prikazuje slika s mjesta dojave. Sistem dojave požara u tunelu djeluje autonomno i nezavisno o funkcioniranju nadzornih sistema u COKP-i.

Sve vodove prijenosnih puteva proračunati i odabrati tako da ne izobličuju signale koje prenose i da ne dozvoljavaju vanjski utjecaj koji bi mogao unijeti smetnje u rad sistema. Prijenosni putevi za vatrodojavne petlje predvidjeti od vodova, crvene boje, koji ne podržavaju gorenje, bez halogeni. Za povezivanje centrale dojave požara s izvorom energetskog napajanja koristiti kabl koji ne podržava gorenje, odnosno otporni na požar najmanje 90 minuta.

Napajanje sistema električnom energijom obezbijediti iz dva nezavisna izvora. Primarno napajanje treba biti iz stacionarne tunelske mreže 220 V sa UPS dijela (poseban strujni krug sa posebno obilježenim osiguračem), a pomoćno napajanje iz vlastitih akumulatorskih baterija

(autonomije minimalno u trajanju 30 sati, od toga minimalno 0,5 sati u stanju alarma) pridruženih vatrodajavnim centralama koje su u normalnom pogonu u režimu punjenja.

U sklopu vatrodajavnog sistema su i protivpožarni aparati sa suhim prahom, koji kao pogonsko sredstvo koriste bočicu sa CO<sub>2</sub>. PP aparati se postavljaju u stanicama za hitne slučajeve, odnosno u SOS nišama, kao i na ulaznim i izlaznim portalima tunela. Koristiti odgovarajuće znakove kojima se označava postojanje vatrogasnih aparata. PP aparati trebaju biti u mogućnosti uspješno gasiti sve klase požara osim zapaljenih metala i njihovih slitina. Ormarići za protupožarne aparate trebaju biti izrađeni od čeličnog lima, zaštićeni temeljnom bojom i obojeni završnom crvenom bojom. Na vratima ormarića treba biti oznaka oznaka za PP aparat, a iznutra je opremljen držačima za 2 PP aparata.

### 18.10. Automatska video detekcija incidenta

Izgradnja novih modernih prometnica i stalni porast prometa zahtijevaju povećani stepen sigurnosti, pa se, u skladu sa važećim međunarodnim preporukama i smjernicama, pri opremanju tunela trebaju planirati najsofisticiraniji sistemi. Posebnu važnost treba posvetiti tunelima, gdje sudar, požar ili eksplozija mogu izazvati veliki broj žrtava.

Video sistem je jedan od najvažnijih faktora sigurnosti tunela. Njegova je osnovna zadaća nadzor i praćenje prometa u tunelu i pripadajućim prilazima, te alarmiranje operatera u slučaju nastalog incidenta.

Osim standardnih osobina video sistema, poput neprekidnog prijenosa slike sa svih dijelova tunela i njegovih prilaza, te privremene pohrane video zapisa (s mogućnošću pregledavanja i trajne pohrane), u tunelima treba predvidjeti sistem za automatsko otkrivanje incidenata (AID, od engl. *Automatic Incident Detection*), sa mogućnošću proslijeđivanja alarmnih poruka sistemu daljinskog vođenja prometa.

Svrha AID sistema je automatsko otkrivanje nastalih incidentnih situacija kako u tunelu tako i u prilazima te iznimno brza dojava informacije o nastalim incidentnim situacijama operateru s ciljem da se omogući promptno i korektno reagovanje na istu te postigne maksimalna moguća sigurnost za sve sudionike u prometu.

Potrebno je planirati sistem automatske detekcije incidenata baziran na tehnologiji procesiranja slike uz pomoć hardversko-softverske platforme instalirane u COKP-i.

Sistem automatske detekcije incidenata treba da detektuje slijedeće alarme:

- naglo usporenje prometnog toka
- zaustavljeno vozilo
- vozila koja voze u suprotnom smjeru
- izgubljen teret koji je ostao na kolovozu (debris)
- prepreku na kolovozu i pločniku (pješak, ispali teret...)
- dim u tunelu

Alarm treba da se prenese kao:

- Zvučni alarm
- Automatski prikaz slike sa kamere pod alarmom

- Automatsko pokretanje procesa snimanja incidentnog događaja

Sistem takođe treba da ima mogućnost generisanja tehničkih alarma:

- Pomijeranje kamere
- Gubitak signala sa kamere
- Loša kvaliteta video signala
- Problem u mrežnoj konekciji

Najvažniji zahtjevi na sistem automatske detekcije incidenata su:

- Visoka stopa otkrivanja incidenata
- Kratko vrijeme otkrivanja
- Niska frekvencija pojavljivanja lažnih alarma
- Brza verifikacija incidenata

Sistem za automatsku detekciju incidenata (AID) u tunelu sastoji se od kamere za automatsku detekciju incidenata i pokretnih kamera za pregled situacije ispred portala tunela i parking niše u tunelima gdje je takva niša planirana.

Kamere za detekciju incidenata potrebno je planirati na svodu tunela, na međusobnim razmacima od 65 do 80 metara. Kamere na samom izlazu iz tunela postavljaju se u suprotnom smjeru od svijetlog otvora ulaza u tunel kako bi se izbjegli negativni efekti velikog kontrasta na slici. Pokretne PTZ (Pan/Tilt/Zoom) kamere potrebno je smjestiti ispred svakog ulaza i izlaza tunela, ugrađivanjem na posebni stup, ili stup rasvjete ukoliko je moguće, te postaviti tako da omoguće jasan pregled cjelokupne situacije na cesti i tunelskom portalu. PTZ kamere trebaju omogućavati rotaciju po x-osi i y-osi, te mogućnost zoom-iranja i fokusiranja slike.

### **Kamere**

Potrebno je planirati ugradnju IP digitalnih video kamera. Video kamere su osnova na kojoj se temelji projektovani AID sistem te kao takve moraju zadovoljiti visoke kriterije spram kvalitete slike:

- Senzor slike: 1/3" kolor / monokromatski CCD ili CMOS senzor
- Horizontalna Rezolucija: 520 TV linija
- Osjetljivost min. 0,37 lux
- Minimalno osvjetljenje 0.7 Lux @ F1.4 | 0 Lux uz IR rasvjetu
- Sistem fokusiranja: Automatski ili ručni
- Infracrveni dan/noć filter za jasnu boju danju i dobru vidljivost noću kod slabog svjetla i infracrvene rasvjete
- Integrirana pre naponska zaštita
- Konekcija preko 10/100 Mbps Ethernet, RJ-45, ONVIF podrška
- Podržani protokoli: IPv4, IPv6, TCP/IP, HTTP, HTTPS, UPnP, RTSP/RTP/RTCP, IGMP, SMTP, FTP, DHCP, NTP, DNS, DDNS, PPPoE, CoS, QoS, SNMP i 802.1X

Obzirom na klimomehaničke zahtjeve i zahtjeve na visoku hemijsku otpornost opreme za vanjske kamere – detekcijske i pokretne kamere ispred portala tunela, kućišta i nosači kamera trebaju biti izgrađeni od aluminija sa minimalnom zaštitom IP 66.

Za tunelske kamere potrebno je predvidjeti kućišta izrađena od nehrđajućeg čelika i zaštitom IP66, u koje je se smješta kamera sa objektivom, napajanje, grijač i silica gel. Nosači tunelskih kamera trebaju biti od nehrđajućeg čelika, kao i prilagodni adapteri za montažu nosača na podlogu obloge tunela.

Specifični zahtjev za kamere:

- Rad u temperaturnom opsegu od -20 ... +40 stepeni Celzija

Dodatni zahtjevi na pokretne (pan/tilt/zoom) kamere:

- 360° kontinuirano horizontalno zakretanje (pan) i 180° vertikalno (tilt) sa sposobnošću memoriranja položaja
- Kontrola brzine zakretanja da omogućuje glatko zakretanje i finu kontrolu pozicije i kod najvećeg zuma (brzina zakretanja se kontinuirano smanjuje sa dubinom zuma)
- Ukupni zoom min 200x (20x optički, 10x digitalni)
- Mogućnost pamćenja barem 10 predefiniраниh položaja

Kamere moraju zadovoljiti slijedeće norme:

- EN 55022:1998+A1:2000+A2:2003
- EN 61000-3-2:2000+A2:2005
- EN 61000-3-3:1995+A1:2001+A2:2005
- EN 50130-4:1995+A1:1998+A2:2003
- EN 60065:2002
- EN 50121-4:2006

Optičko staklo mora zadovoljiti slijedeće norme:

- EN 50130-4: 1995+A1: 1998+A2:2003
- EN 61000-4-3: 2002+A1: 2002
- E 61000-4-2: 1995
- E 61000-4-4: 1995
- E 61000-4-5: 1995
- ENV50141: 1993
- EN61000-4-11: 1994
- EN61000-6-3: 2001
- EN55022: 1998 (ClassB)

Kamere se spajaju preko SFTP kabla (beshalogenog, vatrootpornog) kategorije 6a na najbliži Ethernet preklopnik video sistema smješten u cestovnoj prometnoj stanici, podstanici ili komunikacijskom ormariću u SOS niši.

Kamere treba da se napoje kablom NHXH-J E90 3x1,5 mm<sup>2</sup> sa razvodne ploče za napajanje u cestovnoj prometnoj stanici, podstanici ili komunikacijskom ormariću ili sa razvodnog ormara za niskonaponsko napajanje u SOS niši. Pomenuti izvori napajanja treba da imaju ugrađenu zaštitu od električnog udara, nadstrujnu zaštitu te prenaponsku zaštitu.

Kablovi video sistema u tunelu se polažu u PEHD cijevima  $\varnothing 40$  na regalima u kablovskom kanalu za vođenje komunikacijskih instalacija. Na mjestima gdje kabl izlazi iz instalacijskog kanala do mjesta instalacije kamere treba da bude zaštićen inox cijevima do ulaska u nosač kamere.

## **Tehnologija snimanja videa**

Sistem treba omogućiti snimanje 7 dana svakog video signala, minimalno u slijedećoj kvaliteti:

- Rezolucija: min 360 x 240 NTSC, 360 x 288 PAL
- Broj slika u sekundi: min. 5

Za potrebe snimanja incidentnih situacija, uređaj za snimanje mora moći kratkotrajno zapisivati i većom kvalitetom:

- Rezolucija: 720 x 480 NTSC, 720 x 576 PAL
- Broj slika/sekundi: min. 25

Video zapis koji se snimi treba da je kompresovan koristeći H.264 kompresiju ili ekvivalentnu. Uz opisanu mogućnost snimanja, uređaj za snimanje mora posjedovati i mogućnost reprodukcije snimljenog materijala, odnosno dohvata video zapisa nekog vremenskog intervala na zahtjev.

## **Programska podrška**

Programska podrška mora omogućavati nadzor svih uređaja na terenu kroz jedinstven interfejs.

Grafički korisnički interfejs treba da omogući slijedeće:

- Prikaz kamera u alarmu
- Prikaz video snimka trenutnog alarma u realnom vremenu
- Isključivanje i potvrdu alarma
- Prikaz bilo koje slike uživo
- Prikaz sistemskih alarma

Video signal dovodi se u kontrolni centar kao Video over IP koristeći Ethernet mrežu. Ovaj način prijenosa omogućuje pregled videa sa bilo kojeg mjesta u lokalnoj mreži.

Operateru se mora omogućiti izbor veličina slika sa pojedinih odabranih kamera kao i njihov proizvoljni razmještaj na video zidu ili CCTV monitorima.

U slučaju primanja alarma sa AID uređaja, programska podrška mora automatski promijeniti razmještaj kao i izvor slika kako bi se odsječak prometnice na kojem se detektirala incidentna situacija odmah jasno prikazao operateru.

## **18.11. Radiokomunikacijski sistem u tunelu**

Važan faktor sigurnosti tunela su i sistemi komunikacije i obavješćavanja, u koje spada i radiokomunikacijski sistem. U tunnelima je radio komunikacija otežana, jer tuneli predstavljaju zonu sjene za prostiranje radio valova.

Zbog toga unutar tunela ne postoji izravna komponenta elektromagnetskog vala, već mnoštvo reflektiranih valova, koji guše osnovni signal. Stoga se tuneli opremaju specijalnim radio sistemima, koji osiguravaju pouzdan prijenos radio signala unutar tunela, kao i neometanu vezu s vanjskim sistemima, znatno doprinoseći na taj način sigurnosti prometa.

Radio sistem treba da bude planiran u skladu sa *"Smjernicama za projektiranje opreme u tunelu RVS 9.282, tačka 9.5.3 – Tunelski radio uređaj"*, *"Radio sistem u tunelu RVS 9.286"*, direktivi 2004/54/EC Europskog parlamenta, a planira se za tunele duže od 500 m.

Osnovna namjena radio sistema u tunelu je omogućavanje sigurne radio komunikacije iz tunela prema van i obratno, kao i međusobne komunikacije radio stanica unutar tunela, za sve službe sigurnosti (održavanje, policija, vatrogasci, hitna pomoć), na njihovim radio frekvencijama.

Posebna prednost takve vrste komunikacija je u njihovoj neovisnosti o javnim komunikacijama, što je pogotovo važno u slučaju nezgoda u tunelu, kada dolazi do zagušenja mreže javnih komunikacija.

Osim toga, sistem treba da omogući i prijenos programa jedne ili više javnih radio stanica, kao i pružanje eventualnih obavijesti korisnicima autoceste, koji slušaju te programe za vrijeme vožnje tunelom. Radio sistem treba da omogući snimanje VHF prometa, te poruka odaslanih kroz FM emitiranje, što povećava pouzdanost samog sistema i pomaže u otkrivanju pogrešaka operatera i službi sigurnosti u tunelu.

Radio sistem treba da omogući reemitovanje minimalno za slijedeće radijske službe i dvije FM javne stanice a to su:

- 1 kanal za policiju
- 1 kanal za vatrogasne službe
- 1 kanal za ambulante službe
- 1 kanal za tunel operatora
- Dva kanala za javni FM radio

Sistem takođe treba da ima mogućnost nadogradnje na sistem digitalnih radio komunikacija, kao što je TETRA sistem. Sistem treba da ima mogućnost i Break-In funkcije za pojedine kanale. Break-In se može obavljati uživo ili putem unaprijed snimljenih poruka.

Radio sistem treba da sadrži slijedeće komponente:

- master radio stanica za radio servise, kao i za FM javne emitere koja se instalira u kontrolnom centru
- udaljene podstanice radio sistema koje se planiraju u SOS nišama
- antene za pojedine servise
- Leaky kabl (samozračeći kabl) i koaksijalni kabl odgovarajuće dužine i pribor za montažu u odgovarajućoj količini.
- Break-In funkcionalnosti u pojedinim kanalima, moguća kontrola iz kontrolnog centra.

Centralni dio sistema treba smjestiti u COKP. Za smještaj opreme u tunelu treba koristiti prostorije SOS sistema u tunelskim nišama.

Za polaganje optičkih i koaksijalnih kablova treba koristiti slabostrujne kablovske kanale, odnosno cijevi položene ispod saobraćajne trake. Zračeći kablovi se montiraju na zid tunela na visini od 5,30 do 5,50 m.

Za napajanje radio sistema treba osigurati besprekidno napajanje. Za povezivanje centralnog

dijela sistema s tunelskim radio podstanicama koristiti monomodni optički kabl.

### 18.12. Sistem ozvučenja u tunelu

Sistem ozvučenja tunela namijenjen je pružanju potrebnih informacija ili uputa korisnicima tunela, koji su zaustavljeni u tunelu u slučaju neke incidentne situacije.

Izuzetno je važno predvidjeti dobar raspored zvučnika, kako bi se eliminirao reverberacijski efekt i minimizirao utjecaj buke uzrokovane radom ventilatora i gustoćom prometa. Budući da je buka koju uzrokuje promet fiksna vrijednost, a akustička prilagodba tunelskih zidova iznimno skupa, potrebno je dobro poznavati akustičku teoriju pri projektovanju kvalitetnog sistema ozvučenja.

Sistem ozvučenja treba dimenzionirati tako da se kombinacijom zvučnika postiže razina zvučnog tlaka od 110 db(A) na udaljenosti od 3 m, u frekventnom području od 1 kHz do 4kHz. Razglasni uređaj se sastoji od pojačala i kombinacije zvučnika ugrađenih u SOS niši, u slobodnom polju tunela i pješačkim prolazima između dvije tunelske cijevi.

U skladu sa *"Smjernicama za projektiranje opreme u tunelu RVS 9.282, točka 9.5.2. - Razglasni uređaj"*, direktivi 2004/54/EC Europskog parlamenta, sistem ozvučenja tunela ugrađuje se u tunele duže od 1000 m, a treba da sadrži slijedeće elemente:

- terminal za upravljanje, smješten na komandnom pultu u sistemskoj sobi COKP,
- razglasnu centralu, smještenu u u sistemskoj sobi COKP,
- razglasne podcentrale, smještene u tunelu,
- zvučnike raspoređene po tunelu.

Upravljanje sistemom ozvučenja treba biti omogućeno iz sistemske sobe u COKP-a, gdje operator ima kompletan uvid u zbivanja u tunelu i iz samog tunela pomoću mikrofonske konzole koja treba biti planirana u svakom ormaru razglasne podcentrale u tunelu.

Da bi se omogućilo pokrivanje tunela zvučnim signalom, duž tunela je potrebno planirati zvučnike i zvučni stubovi. Raspored zvučnika treba planirati prema rasporedu semafora i poprečnih prolaza u tunelu, jer se zaustavljanje vozila u slučaju nezgode može očekivati uglavnom uz semafore, odnosno uz pješačke prolaze i u njima.

Za povezivanje razglasne centrale sa svakom razglasnom podcentralom u tunelu, koriste se niti monomodnog optičkog kabla, položenog uz autocestu.

Zvučne stubove je potrebno preko priključne kutije povezati teškogorivim zvučničkim kablom 2x4mm<sup>2</sup> LSOH sa tunelskim podcentralama, tako što se kabl od zvučnog stuba do kablovskog kanala vodi u inox kanalicama po zidu tunela.

Niskonaponski kabl 2x4 mm<sup>2</sup> mora biti armirani, teško gorivi (prema IEC 60332-1 i IEC 60332-3/kat.A), malodimni (prema IEC 61034), bez halogena, konstrukcije koja zadovoljava norme IEC 60092-350 i IEC 60092-353.

### 18.13. Telefonski pozivni sistem (TPS)

Komuniciranje učesnika u saobraćaju s organizacijama i službama za pružanje pomoći ili davanje informacija, ostvaruje se preko telefonskog pozivnog sistema.

Telefonski pozivni sistem na autocesti definisan je sljedećim direktivama i smjernicama;

- Direktiva 2004/54/EC Europskog parlamenta i vijeća o minimalnim uvjetima sigurnosti za tunele u trans-europskoj cestovnoj mreži, april 2004.,
- RVS 9.282 SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE TUNELA - Pogonske i sigurnosne instalacije; Oprema tunela, - Savezna uprava za ceste Republike Austrije, juli 2002.

Telefonski pozivni sistem (TPS) se predviđa za sve tunele i sastoji se od TPS stanica ugrađenih ispred ulaznih i izlaznih portala tunela te SOS stanica u tunelskim SOS nišama na međusobnom razmaku 130 – 150m. Sistem je baziran na TCP/IP tehnologiji. Svi telefonski uređaji se sa opremom prometno informacijskog sistema (najbliži ethernet switch u CPS, CPPS ili KS) povezuju SFTP bez halogenim kablom ili MM optičkim bez halogenim kablovima. Napajanje TPS uređaja ispred tunela se izvodi energetskim kablovima koji se povezuju sa sabirnicom u ormarićima KS ili CPS uređaja na trasi. U SOS nišama SOS telefon se napaja sa razvodnog ormara SOS niše (ormar povezan na UPS) kablom koji ne podržava gorenje, odnosno otporan na požar najmanje 90 minuta.

Sistem koji omogućava govornu vezu po preporukama međunarodne organizacije za telefoniju i telegrafiju, CCITT, sastoji se od:

- Telefonskih pozivnih stupića i SOS uređaja
- Telekomunikacijske veze (optički i SFTP kablovi)
- Centrala u centru kontrole prometa i IP telefon operatera

TPS sistem omogućava :

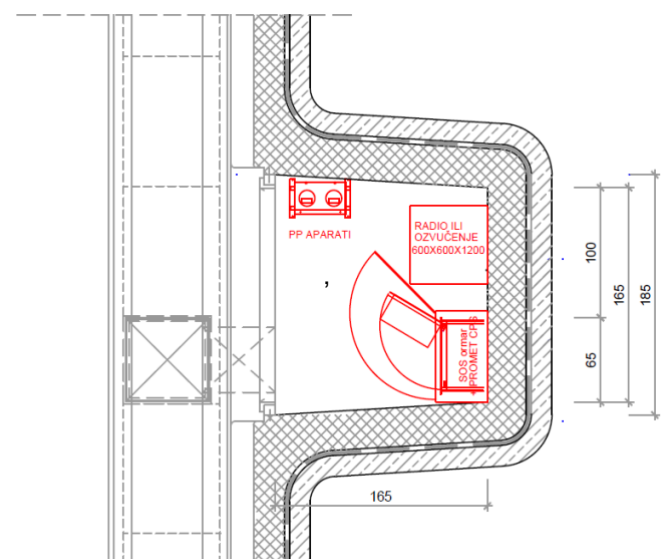
- Hitni poziv prema centralnoj stanici prijema
- Primanje poziva od centralne stanice prijema
- Držanje poziva na čekanju
- Vraćanje poziva na čekanju
- Raskidanje poziva

Komponente TPS i SOS jedinice su:

- pozivna tipka,
- elektrodinamički mikrofoni,
- zvučnik,
- prilagodni i zaštitni elementi
- cijevni nosač (za TPS jedinicu)

Tijelo kućišta mora biti izvedeno za povišeni stepen sigurnosti za učesnike u prometu, kako bi se ublažile posljedice eventualnog udara u slučaju nezgode i označeno pogodnim piktogramima radi dobre uočljivosti pod reflektorima automobila.

Na isti način se odgovarajućim piktogramom označava položaj SOS stanica u tunelu.



**Slika 6** - SOS niša - raspored opreme

#### 18.14. Prometno informacioni sistem

Prometno informacioni sistem (PIS) u tunelu, kao dio prometno informacionog sistema jedne dionice ima ulogu upravljanja promjenjivom prometnom signalizacijom postavljenom u tunelu i ispred portala tunela, koristeći podatke dobijene od drugih podsistema.

Cilj korištenja Prometno informacionog sistema kao sistema za vođenje i kontrolu prometa na nivou autoceste je povećanje sigurnosti prometa dinamičkim reagovanjem na aktuelne uslove prometa i okoline. Time su snimanje podataka iz prometa i okoline, te izvođenje prijedloga sklapanja (upozorenja, ograničenja brzine) važne funkcije sistema za uticanje na nivou svake dionice autoceste.

Normativni opis Sistema vođenja i kontrole prometa na autocestama sadržan je u Smjernicama za uređaje znakova promjenjive obavijesti (RWVA) i u Smjernicama za znakove promjenjive obavijesti (RWVZ) SR Njemačke, koje su usaglašene sa odredbama CEN-EN. U tunnelima su lokalne prometne centrale (LPC) sastavni su dio kompleksnijeg nadzornog sistema – Centralnog sistema daljinskog upravljanja (CSDU).

Cestovne prometne stanice (CPS), kao proizvodi koji se koriste u Sistemu vođenja i kontrole prometa, moraju odgovarati (odgovarajućim) tehničkim uslovima propisanim kroz tehničke smjernice za izvedbu i ugradnju cestovnih prometnih stanica (TLS 2003) SR Njemačke, uključujući i provjere i kontrole provedene u državi porijekla, čime se garantuje da su na svim opisanim nivoima funkcioniranja trajno ostvareni traženi nivoi zaštite - sigurnost, zdravlje i upotrebljivost - te puna sistemaska kompatibilnost.

Prema standardu TLS prometno-informacijski sistem treba biti podijeljen na hijerarhijske nivoe:

- glavna prometna centrala (skr. GPC),
- područna prometna centrala (skr. PPC),
- sekcijaska prometne centrala (SPC),
- cestovna prometna stanica (skr. CPS),
- cestovna prometna podstanica (skr. CPPS) i
- krajnji uređaj (skr. KU).

Najviši nivo PIS-a predstavlja glavna prometna centrala GPC.

Područne prometne centrale i sekcijske prometne centrale je potrebno planirati u COKP (Centar za Održavanje i Kontrolu Prometa).

Komunikacijska mreža koja međusobno povezuje glavnu, područne i sekcijske prometne centrale čini temeljnu komunikacijsku mrežu autoceste treba biti realizirana tehnologijom Ethernet preko optičkog kabla autoceste.

Komunikacijska mreža koja povezuje područnu prometnu centralu sa cestovnim prometnim stanicama na trasi i u tunelu naziva se lokalna komunikacijska mreža AC-a, i takođe treba biti realizirana tehnologijom Ethernet preko optičkog kabla autoceste.

Prometni podaci na relaciji SPC-CPS se također prenose Ethernet tehnologijom preko lokalnog optičkog kabla.

U cestovne prometne stanice se ugrađuju komunikacijski moduli (skr. KM) koji se povezuju s ulazno-izlaznim modulima (skr. I/OM) i sa cestovnim prometnim podstanicama pomoću lokalne sabirnice. Ovisno o udaljenosti između CPS i CPPS lokalna sabirnica se fizički realizira putem multi mode (MM) ili single mode (SM) optičkog kabla. Optički kabl koji se polaže za lokalne veze u tunelu treba da bude bezhalogeni.

CPS-ovi i CPPS-ovi se u tunnelima postavljaju u SOS niše i po potrebi i prema građevinskim uslovima ispred portala tunela.

Krajnji uređaji prometnog sistema koji se povezuju na pripadajuću CPS ili CPPS u tunelu i ispred tunela, su sljedeći:

- promjenjiva prometna signalizacija (svjetlosno promjenljivi prometni znakovi, informacijski displeji, signali prometnog traka)
- semafori i treptaći (skr. S),
- znakovi s unutrašnjom rasvjetom (skr. ZUR),
- brojači saobraćaja,
- AID (Automatic Incident Detection) kamera (skr. AID)

## **Promjenjiva prometna signalizacija**

Svjetlosno promjenjiv prometni znakovi, informacijski displeji, signali prometnog traka u tunelu se treba da zadovolje slijedeće:

- Usklađenost s klasama L3, B4, C2, R3, T1, T2, T3 prema normi EN 12966-1, koju proizvođač dokazuje putem certifikata za tehnologiju proizvodnje ponuđenog znaka izdanog od strane ovlaštenog certifikacijskog tijela za normu EN 12966.
- Elektromagnetska kompatibilnost znaka u skladu sa EN50293:2000 Elektromagnetska kompatibilnost - Cestovni prometni signalni sistemi
- Električka sigurnost znaka osigurana u skladu s odrednicama harmoniziranih normi HD 638 i HD 384
- Kućište sa stepenom zaštite IP 65 izvedeno od AlMg3, zaštita elektrostatskim plastificiranjem, prednja ploča bojanjem
- Komunikacijski interfejs za povezivanje TCP/IP protokolom.

Promjenjivi prometni znakovi u tunelu se povezuju sa najbližim lokalnim uređajem (CPS/CPSS) putem ethernet kablova, teškogorivog, bezhalogenog SFTP minimalno kategorije 6a.

Napajanje znakova je potrebno planirati sa razvodne ploče lokalnog uređaja ili iz razvodnog ormara niskonaponskog napajanja najbliže SOS niše kablom NHXH-J odgovarajućeg presjeka.

Kablovi se od lokalnog uređaja do znaka vode kroz instalacioni kanal u bezhalogenim PEHD cijevima do mjesta gdje izlaze iz kanala prema znaku, potrebno ih je zaštititi minimalno inox v4a kanalicom odgovarajućih dimenzija.

## **Semafori**

Kao davače signala potrebno je predvidjeti standardne semaforske laterne izrađene od polikarbonata crne boje, otpornog na atmosferske utjecaje. Signali za vozila predviđeni su s LED izvorom svjetla. Optike na signalima za vozila moraju biti takve izvedbe da sprečavaju pojavu retrorefleksije, a 100% propuštaju svjetlo čiji je izvor u kućištu laterne.

Jačina, rasipanje i ujednačenost svjetlosti laterni mora biti u skladu sa standardom EN 12368. Napajanje semafora je potrebno planirati sa razvodne ploče lokalnog uređaja najbliže SOS niše kablom NHXH-J odgovarajućeg presjeka.

## **Znakovi sa unutrašnjom rasvjetom**

ZUR - prometni znak s unutrašnjim osvjetljenjem treba da bude, jednostrano ili dvostrano osvijetljen, za montažu na zid tunela. Znak treba da bude izrađen od samogasivog polikarbonata klasa B1. Unutrašnje osvjetljenje treba biti izvedeno u LED tehnologiji.

Kućić znaka (IP65) treba biti izvedeno od aluminija, zaštita elektrostatskim plastificiranjem, prednja ploča obojena crnom mat bojom.

Znakovi moraju biti u skladu sa klasama L3, B4, C2, R3, T1, D3 - Vertikalna prometna signalizacija -- 1. dio: Promjenjivi prometni znakovi, što je potrebno dokazati putem certifikata za tehnologiju proizvodnje izdanog od strane ovlaštenog certifikacijskog tijela za normu EN 12966.

### **Cestovne prometne stanice i podstanice**

Cestovne prometne stanice (CPS) i podstanice (CPPS) su namijenjene za lokalno upravljanje promjenjivim prometnim znakovima, te prikupljanje podataka o prometu i meteorološkim uvjetima na prometnici. CPS / CPPS moraju biti izvedeni u potpunosti u skladu s TLS2002 preporukama.

CPS/CPPS treba omogućiti da se preko korisničkog interfejsa prikupe podaci i upravlja s izvršnim elementima i lokalno. CPS / CPPS mora biti izvedena u kućištu s IP 54 zaštitom i predviđena za rad na temperaturi od -20°C do +60°C.

Za zaštitu od prenapona u CPS/CPPS ugrađuju se plinski odvodnici na mrežno napajanje, a komunikacijske vodove potrebno je štititi grubom (plinski odvodnici) i finom (poluvodički supresori) zaštitom. Napajanje se izvodi iz razvodnog ormara za niskonaponsko napajanje SOS niše, samogasivim, bezhalogenim kablom NHXH odgovarajućeg presjeka.

### **Programska podrška**

Osnovna programska podrška treba obuhvatiti upravljanje uređajima priključenim na CPS preko korisničkog interfejsa, te programsku podršku za sve komunikacijske protokole potrebne za komunikaciju s detektorima vozila, komunikaciju s promjenjivim znakovima i komunikaciju prema nadređenom centru.

Komunikacijski protokoli prema promjenjivim znakovima i prema nadređenom centru trebaju biti izvedeni u skladu s TLS-om. Nadogradnja osnovne programske podrške izvodi se prema zahtjevima konfiguracije samog uređaja te zahtjevima konfiguracije unutar saobraćajnog sistema.

### **Načini rada**

CPS treba raditi u tri osnovna načina rada.

#### **a) Lokalni način rada**

Uređaj treba raditi u lokalnom modu rada za potrebe servisiranja, redovnog pregleda ili održavanja. Lokalni mod rada ima najviši prioritet i nije ga moguće isključiti preko daljinskog upravljanja.

Prilikom zatvaranja vrata na ormanu CPS-a, kontrolni prekidač na vratima automatski prebacuju Cestovnu prometnu stanicu u daljinski mod rada.

**b) Daljinski način rada**

Kada je CPS u normalnom pogonu treba raditi u daljinskom modu rada. Taj mod rada treba omogućiti komunikaciju između COKP i CPS-a. Komunikacijski protokol između CPS i COKP treba biti ostvaren prema TLS-u.

**c) Automatski način rada**

U slučaju gubitka komunikacije s nadređenom centralom, CPS mora preći u automatski mod rada. U tom modu rada CPS sam donosi odluke o načinu rada uređaja, a na temelju lokalno sakupljenih podataka. Automatski mod rada primjenjuje se samo u specifičnim situacijama u ovisnosti o projektnom rješenju iz prometnog projekta, odnosno tek kada su jasno definirani algoritmi za taj mod. CPS/CPPS moraju ispunjavati slijedeće:

- Električku sigurnost prema: EN 60950-1 Oprema informacijske tehnologije - Sigurnost.
- Elektromagnetsku kompatibilnost prema: EN 50293:2000 Elektromagnetska kompatibilnost - Cestovni saobraćajni signalni sistemi.
- U skladu sa preporukama TLS2002 - komunikacijski protokol za FG1; FG3; FG4; FG6; FG254.

**Brojači saobraćaja**

Prometni podaci prikupljaju se na ulaznom i izlaznom portalu tunela.

Mjerenje saobraćajnog toka izvodi se iz dva razloga, a to su:

- a) podaci u svrhu analize i kratkoročne prognoze radi vođenja saobraćaja
- b) podaci u svrhu statistike i dugoročne prognoze saobraćaja

Lokalni saobraćajni podaci, koji se prikupljaju na mjernim mjestima, sastoje se od kategorizacije vozila. Prikupljanje prometnih podataka izvodi se posredstvom senzora koji su izvedeni u tehnologiji induktivnih petlji ugrađenih u asfaltni zastor. Iz razloga klasifikacija vozila i smjera, na svakom mjernom mjestu koriste se dvije induktivne petlje. Brojači prometa mogu biti planirani kao uređaji u zasebnom kućištu ili kao dogradnja u lokalni uređaj CPS/CPPS. Ukoliko se planiraju kao zasebni uređaji, treba da budu u izvedbi sa stepenom zaštite IP 55. Uređaj treba da zadovolji električnu sigurnost u skladu sa normom EN 60950-1 – Oprema informacijske tehnologije – sigurnost 1.dio: Opći zahtjevi. Uređaj treba zadovolji elektromagnetnu kompatibilnost u skladu sa normama: EN61000-2, EN61000-6 i EN55022 klasa B.

**Mjerne petlje**

Prikupljanje saobraćajnih podataka izvodi se posredstvom *induktivnih petlji* ugrađenih u asfaltni zastor. Radi klasifikacija vozila i smjera, na svakom mjernom mjestu potrebne su dvije induktivne petlje. Geometrija ugradnje induktivnih petlji mora biti slijedeća:

- širina induktivne petlje 1.0 m.
- udaljenost od crte razdvajanja traka 0.35 m
- udaljenost od rubne crte 0.35 m
- udaljenost između glava induktivnih petlji 2.5 m, odnosno između petlji 1.5 m
- udaljenost do usporedne petlje na susjednoj voznoj traci min. 0.7 m

## Detektor saobraćaja

Detektor saobraćaja je uređaj za individualno raspoznavanje vozila. Mjernom strukturom (princip dviju petlji) i njenim vrednovanjem moguće je iznijeti iskaz o brzini, dužini i klasi nekog vozila, te udaljenosti između dva vozila. Tako utvrđeni podaci prikupljaju se u protokol te se u svrhu daljnjeg vrednovanja stavljaju na raspolaganje nadređenom sistemu. Preporučuje se korištenje široko primjenjivane geometrije petlji prema TLS II.

Vozila se prema TLS-smjernicama razvrstavaju u 9 klasa:

- 1) motocikli
- 2) osobna vozila
- 3) osobna vozila s prikolicom
- 4) autobusi
- 5) mali transporteri / kamp vozilo
- 6) teretna vozila
- 7) teretna vozila s prikolicom
- 8) tegljač, troosovinska cisterna, vučno vozilo
- 9) specijalna vozila

## Programska podrška Prometno informacionog sistema u COKP-i

Programska i sklopovska podrška u COKP-i je da omogući operaterima jednostavno i učinkovito upravljanje prometom na dionici autoceste i u tunelima. Da bi se to ostvarilo potrebno je zadovoljiti slijedeće funkcionalne zahtjeve:

- Informacija koju dobiva operater mora biti precizna, ažurna i tačna;
- Izvršenje komandi koje izdaje operater prema sistemu mora biti osigurano automatskim kontrolnim mehanizmom koji će u slučaju neizvršenja naredbe upozoriti operatera zvučnim i vizuelnim alarmom;
- Svi događaji detektirani u prometno informacijskom sistemu moraju biti memorirani u relacijsku bazu podataka na način koji omogućava kasniju reprodukciju događaja, analizu i statističku obradu podataka;
- Svi razgovori obavljeni preko SOS pozivnog sistema moraju biti snimljeni na način da je kod preslušavanja moguće pretraživanje po vremenu i datumu;
- Video zapisi sa svih CCTV kamera moraju se snimati najmanje 24 sata a svi alarmni događaji moraju biti snimljeni u najkvalitetnijem formatu uz mogućnost pohranjivanja na vanjski medij
- Kompletna sklopovska podrška (računari, centralne procesorske jedinice, komunikacijska oprema) mora biti podržana rezervnim baterijskim napajanjem koje omogućava autonomnost rada sistema od trenutka nestanka napajanja minimalno 30 min.
- Kompletna programska podrška mora biti izvedena tako da omogućava proširenje, i prilagodbu novim i dodatnim podsistema PIS-a
- Programska podrška za pojedine sisteme mora omogućiti razmjenu podataka s centralnom programskom podrškom PIS-a
- Programska i sklopovska podrška u COKP-i mora biti izvedena tako da je postupak pokretanja sistema potpuno automatiziran i ne zahtjeva nikakvu aktivnost operatera.
- Rad sa sistemom i upravljanje PIS-om mora biti kontroliran kroz prijavu operatera s različitim nivoima pristupa, a kroz primjenu kriptiranih lozinki za svakog operatera posebno.

- Kod pregleda istorije događaja i stanja sistema mora biti jasno određeno koji je operater bio prijavljen na sistem u vrijeme pojedinih događaja.
- Automatske reakcije sistema inicirane programskom podrškom u COKP-i moraju se odvijati na temelju algoritama definisanih u centralnoj programskoj podršci (SCADA sistem PIS-a). Potrebno je osigurati da se za realizaciju automatskih algoritama mogu koristiti svi relevantni podaci o trenutnom stanju i događajima bez obzira na to koji ih je podsistem generisao.
- COKP koji kontroliše i tunele mora biti dodatno opremljen programskom i sklopovskom podrškom za funkcionalnu i ergonomsu integraciju svih podsistema.

Glavni funkcionalni zahtjevi za taj sistem su:

- Relevantni podaci iz svih podsistema moraju biti prihvaćeni, obrađeni i memorisani u okviru programske podrške za funkcionalnu i ergonomsu integraciju
- Prikaz stanja i upravljanje radom svih podsistema mora biti omogućeno kroz integracijski sistem
- Na temelju ulaznih podataka i ugrađenih automatskih algoritama rada integracijski sistem mora omogućiti interakciju operatera, kroz grafički korisnički interfejs, na tok izvođenja automatske procedure kada je to projektom predviđeno
- Integracijski sistem mora na grafičkom korisničkom interfejsu omogućiti prikazivanje interaktivnog uputstva za krizne situacije.

### 18.15. Osnovni principi projektovanja sistema ventilacije

Ventilacija u tunelu treba da obezbjedi održavanje koncentracije štetnih gasova u okviru dozvoljenih granica, i to pri maksimalnom intenzitetu saobraćaja, pri minimalnoj brzini vožnje i pri nepovoljnim meteorološkim uslovima. Smetnje koje mogu nastati usljed rada motora vozila su opasnost od trovanja, iritacija i smanjena vidljivost. Isti sistem treba da obezbjedi propisima zahtjevano uslove u slučaju požara u tunelu. To znači da ventilacija u tunelu treba da razrijedi produkte sagorijevanja (emisije i čvrste čestice) koji proizvode motorna vozila u tunelu na prihvatljiv nivo za korisnike tunela, da spriječi prekomjerno zagađenje okoline tunela i da kontroliše širenje dima u tunelu u slučaju požara, odnosno da omogućiti odvođenje dima iz tunela i dovede svježi zrak sa ciljem sigurnog napuštanja tunela. Dim se usljed požara u tunelu, kada nema uzdužnog strujanja zraka, jednako širi na obje strane od mjesta požara na dužini preko 700 metara. Dim se zadržava u zoni iznad 2,5 m od saobraćajnice u trajanju cca. 8÷10 minuta. Nakon tog perioda dim se usljed hlađenja miješa sa nižim slojevima zraka i nakon cca. 20 minuta cijeli presjek tunela se ispuni dimom na obje strane tunela u dužini od po 1 km. U slučaju prekoračenja dozvoljenog nivoa koncentracije štetnih gasova i smanjenje vidljivosti ispod dozvoljene granice, kao i u slučaju požara u tunelu, svjetlosnom signalizacijom se zaustavlja saobraćaj ispred tunela.

Provjera se treba provoditi za svaki tunel gdje se zahtjeva mehanička ventilacija. Tuneli koji se privremeno koriste za dvosmjerni saobraćaj, na primjer kao rezultat zatvaranja druge cijevi, smatraju se jednosmjernim tunnelima.

Principi koji se moraju razmatrati u odnosu na ventilacioni sistem su:

- U slučaju normalnog rada
  - korisnici tunela i radno osoblje ne smiju imati negativne posljedice po zdravlje, uzimajući u obzir potrebnu dužinu boravka u svim saobraćajnim situacijama koje nastaju tokom rada,
  - potrebno vidno polje pri zaustavljanju mora se održavati.
- U slučaju požara
  - putevi za evakuaciju moraju biti bez dima za vrijeme evakuacije,
  - interventne službe moraju biti u mogućnosti da koriste povoljne uslove u dovoljnom vremenskom intervalu,
  - mora se osigurati redukcija razmjere štete (osobe, vozila, struktura tunela),
  - u slučaju požara u jednoj cijevi, druga cijev se koristi za evakuaciju. U cijevi za evakuaciju potrebno je obezbijediti natpritisak.

Ukoliko je potrebna mehanička ventilacija, ona mora biti dimenzionisana tako da uzima u obzir scenarij požara, jer je kod jednosmjernih tunela na autocestama bezbjednost u slučaju požara isključivo je mjerodavna za dimenzionisanje instalacije ventilacije. Tako dimenzionisan sistem zadovoljava ventilacione kriterije po pitanju CO i čvrstih čestica.

## **Definisanje potrebne količine zraka**

### **Podaci o saobraćaju**

#### Gustoća saobraćaja

Definisanje satne gustoće saobraćaja, kao vrijednosti  $Q_{30}$ , je osnova za proračun potrebne količine zraka. Predstavlja vrijednost koja je dostignuta ili premašena u vremenu od 30 sati u godini. Ova vrijednost, kao i sastav saobraćaja, treba biti usvojena na osnovu studije prognoze saobraćaja za dionicu ceste na kojoj se tunel nalazi. U proračun treba uzetu u obzir podatke za godinu planiranog otvaranja tunela, kao i za period od deset godina nakon toga. Ovi podaci se trebaju uporediti sa sa maksimalnom propustnošću tunelske cijevi, tako da rezultat bude fleksibilan sistem ventilacije u cijelom periodu vijeka trajanja tunelske strukture.

#### Sastav saobraćaja

Proračun emisija izduvnih gasova se izvodi uzimajući u obzir:

- procentualnu zastupljenost putničkih vozila i
- procentualnu zastupljenost teretnih vozila.

Proračun treba izvesti odvojeno u skladu procentualnom zastupljenosti pojedinog tipa vozila i uzimajući u obzir nagib tunela u odnosu na smjer vožnje. Specifične emisije treba preuzeti iz relevantnih europskih smjernica (npr. RVS).

### Uslovi saobraćaja

Pri proračunu se razmatra samo stanje normalnog saobraćaja ( $v \geq 30$  km/h), što se treba osigurati saobraćajnom signalizacijom. Usporeni saobraćaj ( $v < 30$  km/h) se ne uzima u obzir, osim ukoliko se njegova pojava očekuje kao redovna. Prosječnu brzinu u tunnelima ili dijelovima tunela sa usponom potrebno je računati na osnovu prosječne brzine kamiona.

### **Projektne granične vrijednosti**

Potrebna količina svježeg zraka za mehaničku ventilaciju je definisana opisanim uslovima saobraćaja, a u skladu sa studijom prognoze saobraćaja. Sljedeće granične vrijednosti se uzimaju kao osnova za proračun.

#### Koncentracija CO

Projektna granična vrijednost za koncentraciju CO iznosi 100 [ppm].

#### Koncentracija NOx

Pri projektovanju nije potrebno razmatrati emisije NOx, osim na izričit zahtjev Investitora. U tom slučaju specifične emisije treba preuzeti iz relevantnih europskih smjernica (npr. RVS).

#### Smanjena vidljivost

Koeficijent ekstinkcije od  $7 \times 10^{-3} [\text{m}^{-1}]$  predstavlja projektnu graničnu vrijednost za smanjenu vidljivost.

#### Maksimalna uzdužna brzina

Uzdužna brzina zraka u tunelu, sa uticajem saobraćaja i meteoroloških uslova, ne smije preći vrijednost od 10 m/s.

### **Izbor sistema**

Ključni faktori pri odabiru sistema ventilacije su efikasnost troškova i sigurnosna analiza tokom rada i u slučaju požara. Sa ekonomskog aspekta predviđen je radni vijek od 20 godina za elektro mašinske dijelove i pričvrsni pribor. Radni vijek tunnelske strukture se generalno može smatrati priod od 80 godina.

## Kriteriji izbora

Kriteriji koji se trebaju uzeti u obzir su:

- vrsta saobraćaja (jednosmjerni, dvosmjerni, povremeno dvosmjerni ...)
- uslovi tunelske strukture (dužina, nagib, poprečni presjek, evakuacioni putevi...)
- stanje okoline (imisije, zaštitne mjere...)

### Kriterij vrste saobraćaja i uslova tunelske strukture

Sistem uzdužne ventilacije je dozvoljen, u zavisnosti od dužine tunela i gustoće saobraćaja, za jednosmjerne tunele prema sljedećoj tabeli:

| Godišnji prosječan dnevni intenzitet saobraćaja po voznoj traci [motornih vozila/dan] | Dužina tunela [m]      | Tip ventilacije      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|
| Bez obzira                                                                            | $\leq 500$             | Prirodna ventilacija |
| $< 5\ 000$ i niska frekvencija zagušenja                                              | $\leq 700$             | Prirodna ventilacija |
| $\geq 5\ 000$ to $< 10\ 000$ i osnovna frekvencija zagušenja                          | $500$ to $\leq 3\ 000$ | Uzdužna ventilacija  |
| $\geq 5\ 000$ i visoka frekvencija zagušenja                                          | $500$ to $\leq 1500$   | Uzdužna ventilacija  |

Za tunele sa većim vrijednostima sistem uzdužne ventilacije nije dozvoljen.

Niska frekvencija zagušenja se uzima u obzir za standardnu vrijednost zagušenja manju od 25 sati/godišnje i odnosi se na tunele i okolne putne sekcije koje su dovoljno efikasne i bez naznaka za određene uzroke zagušenja saobraćaja.

Osnovna frekvencija zagušenja se uzima u obzir za standardnu vrijednost zagušenja u intervalu  $25 \div 75$  sati/godišnje i odnosi se na tunele i okolne putne sekcije koje su u standardnom scenariju dovoljno efikasne, a samo povremeno preopterećene (praznična zagušenja i povremena zagušenja tokom godišnjih odmora).

Visoka frekvencija zagušenja se uzima u obzir za standardnu vrijednost zagušenja veću od 75 sati/godišnje i odnosi se na tunele i okolne putne sekcije koje su često zagušene kao rezultat svakodnevnog saobraćaja.

Pod zagušenim satom se smatra zastoј duži od 20 min/h.

### Kriterij stanja okoline

Ukoliko su portali pozicionirani u području sa znatno strožijim zahtjevima u pogledu zaštite od imisija, sistem ventilacije mora biti posebno razmatran.

## Sistemi ventilacije

Sistemi ventilacije treba da obezbjedi rješenje koje je prihvatljivo sa tehničkog, ekonomskog i sigurnosnog aspekta. Sistemi ventilacije se razlikuju u pogledu načina djelovanja i moguće primjene.

### Uzdužna ventilacija

U slučaju uzdužne ventilacije, u području tunela nastaje uzdužno strujanje zraka prirodno ili uz pomoć ventilatora. Uslovi koji se moraju se poštovati u tom pogledu su:

- maksimalna uzdužna brzina u svijetlom poprečnom presjeku,
- ventilatori trebaju biti izrađeni u reverzibilnoj izvedbi, i to tako da mogu osigurati brzinu struje zraka od 2 m/s ili zapreminski protok zraka od 120 m<sup>3</sup>/s u slučaju požara. Presudna je nepovoljnija vrijednost,
- raspored ventilatora treba biti po cijeloj dužini tunela, kako bi se povećala sigurnost u slučaju požara i smanjile turbulencije,
- svaki požarni sektor treba da ima najmanje dva ventilatora.

### Polupoprečna ventilacija

U slučaju polupoprečne ventilacije, dovod zraka vrši preko tunelskih portala, dok se otpadni zrak odsisava iznad stropa tunela i zračnim kanalima izbacuje uzvan tunela. Do sada nije planirana izgradnja tunela koji zahtijevaju ovaj sistem ventilacije. Ukoliko se ukaže potreba za ovim sistemom ventilacije, uslove koji se moraju ispoštovati potrebno je preuzeti iz relevantnih europskih smjernica (npr. RVS).

### Poprečna ventilacija

U slučaju poprečne ventilacije, dovod zraka vrši duž tunelske cijevi, a otpadni zrak se odsisava duž tunelske cijevi i izbacuje izvan tunela. Do sada nije planirana izgradnja tunela koji zahtijevaju ovaj sistem ventilacije. Ukoliko se ukaže potreba za ovim sistemom ventilacije, uslove koji se moraju ispoštovati potrebno je preuzeti iz relevantnih europskih smjernica (npr. RVS).

## Tehnički zahtjevi

U slučaju uzdužne ventilacije i klase rizika I do III, temperaturna stabilnost ventilatora od 250°C u periodu od 120 minuta je dovoljna. Za klasu rizika IV neophodna je temperaturna stabilnost ventilatora od 400°C u periodu od 120 minuta (proceduru procjene rizika tunela provesti u skladu sa RVS 09.02.31 (12/08). U slučaju da je odstupanje dužina pojedinih cijevi tunela veće od 10%, proceduru procjene rizika provesti za svaku tunelsku cijev).

Kućiste ventilatora, ovjesni pribor i prigušivači buke trebaju biti izrađeni od materijala otpornog na koroziju ili biti zaštićeni antikorozivnim premazom. Kućiste ventilatora treba biti izvedeno od čeličnog lima minimalne debljine 6 mm, a kućiste prigušivača buke treba biti izvedeno od čeličnog lima minimalne debljine 3 mm u skladu sa ISO 1461.

Motor ventilatora i priključna kutija trebaju biti u izvedbi minimalno IP 65. Elektro motor ventilatora treba biti opremljen grijačem namotaja. Tunelski ventilator mora imati oznaku CE i biti u skladu sa BAS EN 12101-3. Karakteristije ventilatora moraju biti u skladu sa ISO 13350. Impeler treba biti izrađen od aluminijske legure, fabrički ispitan u skladu sa ASTM E155-05 i balansiran u skladu sa ISO 1940-1 (minimalan nivo koji treba zadovoljiti je G6.3). Minimalna čvrstoća na istezanje impelera sa lopaticama treba biti veća od 100 MPa pri 250°C. Ovješene ventilatore treba izvesti tako da se ublaže vibracije. Potrebno je dodatno osigurati ventilator od pada sa čeličnom sajlom koja se montira na posebne nosače. Ispadanje iz pogona jednog ventilatora ne smije imati efekta na ostale ventilatore.

Obzirom da su tunelski ventilatori dominantni potrošači električne energije, kako u tunelima, tako i na cijeloj trasi autoceste, posebnu pažnju pri odabiru tipa ventilatora posvetiti instaliranoj snazi elektro motora ventilatora. U cilju jednoobraznosti tipa ventilatora, potrebno je razmatrati ventilatore sa prečnikom rotora 1250 mm i 1400 mm. U skladu sa usvojenim svijetlim profilom tunela, ventilatore prečnika rotora 1250 mm predvidjeti za pojedinačnu montažu ili za montažu u paru, a ventilatore prečnika rotora 1400 mm predvidjeti za pojedinačnu montažu.

### **Aerodinamički proračuni**

Potrebna količina zraka za ventilaciju se uzima kao osnova za aerodinamički proračun. Pad pritiska u tunelskoj cijevi, odnosno impulsna sila kojom se definiše koncept ventilacije, tip i broj ventilatora je rezultat proračuna.

Za proračun pada pritiska moraju se uzeti u obzir sljedeći parametri i uticaji:

- potrebna količina zraka,
- meteorološki uslovi na mikrolokaciji (razlika barometarskih pritisaka, uticaj vjetra, termalni uslovi...),
- strukturalni uticaji (oblik portala, ugrađeni elementi u tunelu,...),
- podaci o saobraćaju,
- efekat klipa uzrokovan kretanjem vozila,
- slučaj požara. Za tunele sa uzdužnim nagibom <3%, dvije saobraćajne trake i standardnim poprečnim presjekom tunela, kao projektovani požar se usvaja požar koji je zahvatio jedan kamion i dva putnička vozila, snage 30 MW i koji rezultira količinom dimnih gasova od 120 m<sup>3</sup>/s). Pri tome se usvaja dužina požarnog sektora od 800 m i porast temperature u požarnom sektoru od 65 K,
- položaj ventilatora,
- ekonomičnost sistema.

Mlazni ventilatori trebaju biti raspoređeni tako da se postigne optimalan potisak u poprečnom presjeku tunela. Smanjenje potiska usljed pozicije ventilatora u zoni vrelih dimnih gasova mora se uzeti u obzir. Treba spriječiti međusobni uticaj ventilatora, a ako to nije moguće, ovaj gubitak se mora uzeti u obzir. Pri definisanju broja ventilatora, mora se uzeti u obzir pretpostavka da ventilatori u zoni požara neće biti u punoj funkciji ili će biti u potpunosti van funkcije. U slučaju tunela sa kompleksnim strukturnim uslovima ili pri velikim projektovanim požarnim opterećenjima potvrđeni kompjuterski 3D software-i se mogu koristiti kao back-up požarnim testovima.

## Upravljanje i rad sistema ventilacije

Sistem ventilacije mora biti upravljan u skladu sa ekonomskim kriterijima, uzimajući u obzir sigurnost u normalnom radu i slučaj požara. Sistem mora da radi potpuno automatski, ali se mora i osigurati mogućnost stalne ručne intervencije pri svim radnim uslovima.

### Mjerene vrijednosti i podaci

Podaci koji se moraju mjeriti i evidentirati pri upravljanju i optimizaciji sistema ventilacije su:

- koncentracija CO,
- vidljivost (u i van tunela),
- uzdužna brzina strujanja zraka,
- smjer strujanja zraka,
- broj vozila u tunelu (za svaku cijev),
- brzina vozila (za svaku cijev),
- detekcija zagušenja,
- vibracije na ventilatoru.

### Granične vrijednosti za zatvaranje i ponovno otvaranje tunela

Tunel se automatski zatvara u slučaju da je:

- CO vrijednost  $\geq 100$  ppm za vrijeme duže od deset minuta
- CO vrijednost  $\geq 150$  ppm
- koeficijent vidljivosti (ekstinkcije)  $\geq 12 \cdot 10^{-3} \cdot m^{-1}$  za vrijeme duže od jedne minute

Tunel se automatski otvara u slučaju da je:

- CO vrijednost je 90 ppm, ili
- koeficijent vidljivosti (ekstinkcije) je  $7 \cdot 10^{-3} \cdot m^{-1}$  za vrijeme duže od jedne minute i ima silazan trend.

### Teoretske vrijednosti pri normalnom radu

- teoretska CO vrijednost iznosi 30 ppm
- teoretska vrijednost zamagljenosti iznosi  $4 \cdot 10^{-3} \cdot m^{-1}$

Ove vrijednosti se trebaju uskladiti sa ekonomski prihvatljivim režimom rada.

### Granične vrijednosti tokom servisiranja

- CO vrijednost iznosi 20 ppm
- vrijednost zamagljenosti iznosi  $3 \cdot 10^{-3} \cdot m^{-1}$

Odredbe koje se bave zaštitom na radu moraju se uzeti u obzir.

## 18.16. Korišteni propisi i standardi

- Pravilnik o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1000V (Sl. list SFRJ br. 4/74)
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadajućih transformatorskih stanica (Sl. list SFRJ br. 13/78)
- Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona (Sl. list SFRJ 53/88)
- Tehničke preporuke za elektroenergetske kablove nazivnog napona od 1 do 35 kV, (JP Elektroprivreda BiH 1997)
- Tehničke preporuke za primjenu temeljnih uzemljivača i izjednačavanje potencijala u objektima i transformatorskim stanicama, (JP Elektroprivreda BiH 1983)
- Direktiva Europskog parlamenta o sigurnosti u tunelima u trans-europskoj cestovnoj mreži 2004/54/EC
- Set uputa za projektovanje, nabavku, ugradnju i održavanje elemenata, objekata ili dijelova objekata na autocesti, (JP Autoceste FBiH 2012)
- Europski Standard za sisteme rasvjete u tunelima EN/CR 14380 – Anex A2
- Austrijske nacionalne smjernice za opremanje tunela RVS 09.02.22
- Austrijske nacionalne smjernice za ventilaciju tunela RVS 09.02.31
- Austrijske nacionalne smjernice za proračune sistema ventilacije tunela RVS 09.02.32
- Njemačke nacionalne smjernice za opremanje i upravljanje cestovnih tunela RABT
- Standard o funkcionalnosti vatrootpornih sistema DIN EN 4102-12
- Standard o ekvipotencijalnom povezivanju električne opreme DIN EN 61573

## **19. UPUTA ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU ODRŽIVIH SISTEMA ODVODNJE NA AUTOCESTI U FBiH**

## Popis slika

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Slika 1: Sistem unutrašnje odvodnje - Varijanta I .....                                                                                                                    | 153 |
| Slika 2: Sistem unutrašnje odvodnje - Varijanta II .....                                                                                                                   | 154 |
| Slika 3: Detalj slivnika .....                                                                                                                                             | 159 |
| Slika 4: Detalj revizionog okna sa konusnim završetkom .....                                                                                                               | 161 |
| Slika 5: Detalj revizionog okna sa AB pločama/prstenovima .....                                                                                                            | 161 |
| Slika 6: Zavisnost $Q/Q_p$ i $v/v_p$ od $h/D$ za kružni profil cijevi .....                                                                                                | 163 |
| Slika 7: Nomogram hidrauličkih parametara potpuno ispunjenih kanalizacijskih cijevi okruglog oblika profila prema formuli Colebrook – Whitea, za hrapavost od 1,5 mm ..... | 164 |
| Slika 8: Detalj rova u razdjelnom/bankinskom pojasu .....                                                                                                                  | 166 |
| Slika 9: Detalj rova u kolovozu .....                                                                                                                                      | 166 |
| Slika 10: Šematski prikaz separatora sa neintegriranim bypass-om .....                                                                                                     | 181 |
| Slika 11: Šematski prikaz separatora bez bypass a .....                                                                                                                    | 182 |
| Slika 12: Shematski prikaz elemenata sistema vodozaštite za slučaj ugradnje separatora bez bypass-a .....                                                                  | 184 |
| Slika 13: Shematski prikaz elemenata sistema vodozaštite za slučaj ugradnje separatora sa neintegriranim bypass-om .....                                                   | 184 |
| Slika 14: Šematski prikaz lagune sa produženom retencijom .....                                                                                                            | 188 |
| Slika 15: Sistem odvodnje na dionici između ispusta i recipijenta .....                                                                                                    | 190 |
| Slika 16: Primjer detalja upojnog bunara na izlazu iz propusta .....                                                                                                       | 191 |
| Slika 17: Spoj slivnika i račve na uzdužni kolektor na objektu .....                                                                                                       | 193 |
| Slika 18: Detalj 1: Spajanje slivnika CE spojnicom na račvu i 3D prikaz spojnice .....                                                                                     | 193 |
| Slika 19: Detalj slivnika na objektu sa jendostranim nagibom i sa New Jersey ogradom .....                                                                                 | 194 |
| Slika 20: Način vješanja cijevi za donji dio konstrukcije objekta .....                                                                                                    | 197 |
| Slika 21: Bočna drenaža sa priključnom vezom na centralni kolektor-Presjek .....                                                                                           | 202 |
| Slika 22: Bočna drenaža sa priključnom vezom na centralni kolektor-Osnova .....                                                                                            | 202 |
| Slika 23: Detalj drenaže za procjedne vode .....                                                                                                                           | 206 |
| Slika 24: Prikaz kontinualne „šlic“ drenažne kanalice .....                                                                                                                | 208 |
| Slika 25: Detalj sifonskog šahta sa poprečnom vezom na centralni sabirni kolektor .....                                                                                    | 209 |
| Slika 26: Detalj centralnog sabirnog kolektora u tunelu .....                                                                                                              | 213 |
| Slika 27: Detalj okvira i poklopca revizionog okna .....                                                                                                                   | 214 |
| Slika 28: Šematski prikaz ispusta sistema iz centralnog sabirnog kolektora .....                                                                                           | 217 |
| Slika 29: Detalj sistema protivpožarne zaštite u hidrantskoj niši .....                                                                                                    | 219 |
| Slika 30: Detalj izvedbe podzemnog hidranta .....                                                                                                                          | 220 |

## Popis tabela

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1: Povratni period oborina koji se koriste za projektovanje odvođenja oborinskih voda (BAS EN 752:2010) za različite lokacije/objekte ..... | 154 |
| Tabela 2: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema unutrašnje odvodnje i pregled važećih normativa .....                   | 177 |
| Tabela 3: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema vodozaštite i pregled važećih normativa .....                           | 187 |
| Tabela 4: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema odvodnje objekata i pregled važećih normativa .....                     | 200 |
| Tabela 5: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju bočnih drenaža i pregled važećih normativa.....                                           | 205 |
| Tabela 6: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sistema odvodnje procjednih voda i pregled važećih normativa .....                        | 207 |
| Tabela 7: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju za sistem unutrašnje odvodnje i pregled važećih normativa .....                           | 212 |
| Tabela 8: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sabirnog centralnog kolektora i pregled važećih normativa .....                           | 216 |
| Tabela 9: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sistema protiv požarne zaštite i pregled važećih normativa .....                          | 221 |

## Opći podaci o projektu

**Naziv projekta:** „Smjernice za projektiranje i izgradnju održivih sistema odvodnje na autocesti u FBiH“

**Naručilac:** JP Autoceste FBiH d.o.o. Mostar  
Sjedište Mostar: Braće Fejića bb, 88000 Mostar, BiH  
Ured Sarajevo: Dubrovačka 6, 71000 Sarajevo, BiH

**Izvršilac:** Sveučilište u Mostaru  
Trg hrvatskih velikana 1, 88000 Mostar, BiH

*u saradnji sa:*

Institutom za hidrotehniku Građevinskog fakulteta Sarajevo d.d.  
Stjepana Tomića 1, 71000 Sarajevo, BiH

### Učesnici na Projektu:

Voditelj projekta: prof. dr Zoran Milašinović, dipl. inž. građ.

Projektni tim: Haris Kalajdžisalihović, dipl. inž. građ.  
Boris Čutura, dipl. inž. građ.  
Lejla Kukavica, dipl. inž. građ.  
Goran Bosankić, dipl. inž. građ.  
Dino Delibašić, dipl. inž. građ.  
Muhamed Vajnaga, dipl. inž. geod.  
Adnan Topalović, dipl. inž. građ.

## Uvod

Odvodnja vode sa autoceste obrađena je u „Smjernicama za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, Sarajevo/Banja Luka 2005. godine“ (u daljnjem tekstu: „Smjernice iz 2005. godine“), u kojima su navedeni osnovni tehnički uvjeti i zahtjevi kojih se treba pridržavati u fazi projektovanja i izgradnje sistema odvodnje. Osnovni tehnički zahtjevi i uvjeti iz oblasti odvodnje voda sa autoceste, koji su obrađeni u navedenim Smjernicama iz 2005. godine, prezentirani su u sljedećim knjigama:

- Knjiga I - Projektovanje, Dio 1: Projektovanje puteva, Poglavlje 6: Put i životna sredina; i
- Knjiga I - Projektovanje, Dio 1: Projektovanje puteva, Poglavlje 7: Konstruktivni elementi puta
- Knjiga I - Projektovanje, Dio 2: Projektovanje mostova, Poglavlje 5: Odvodnjavanje i kanaliziranje objekata na cestama;
- Knjiga I - Projektovanje, Dio 3: Projektovanje konstrukcija na putevima, Poglavlje 2: Propusti;
- Knjiga II - Građenje, Dio 2: Posebni tehnički uvjeti, Poglavlje 4: Odvodnjavanje;
- Knjiga II - Građenje, Dio 3: Posebni tehnički uvjeti za tunele;

Obzirom da u navedenim knjigama nije u potpunosti obrađena i jasno definirana oblast upravljanja oborinskim vodama sa autoceste, te uzimajući u obzir činjenicu da su se tokom izgradnje autocesta stekla nova iskustva, ovim dokumentom je izvršena dopuna postojećih „Smjernica iz 2005. godine“.

Shodno navedenom, cilj izrade Smjernica za projektovanje i izgradnju održivih sistema odvodnje na autocesti u FBiH (u daljnjem tekstu „Smjernice“) je kreiranje jedinstvenog koncepta upravljanja oborinskim vodama kroz uvođenje sveobuhvatnog pristupa tokom projektovanja i izgradnje sistema odvodnje, uz primjenu važeće zakonske regulative, važećih relevantnih standarda i propisa, te primjera najmodernijih iskustava iz Europe i svijeta.

U skladu sa projektnim zadatkom<sup>7</sup> za izradu „Smjernica“, definiranje odgovarajućih sistema odvodnje oborinskih voda (SuDs - Sustainable Drainage Systems/Održivi sistemi odvodnje) je uvjetovano primjenom referentnih standarda i propisa, uz uvažavanje važeće zakonske regulative.

---

<sup>7</sup> Projektni zadatak za izradu Smjernica za projektiranje i izgradnju održivih sistema odvodnje na autocesti u FBiH, JP Autoceste FBiH, Sarajevo, mart 2014. godine

Projektni zadatak<sup>7</sup> navodi da „Smjernice“ trebaju definirati vrstu, uvjete, način i princip funkcioniranja SuDs sistema imajući u vidu sljedeće:

- Pojedinačni pristup rješavanju problema odvodnje i vodozaštite u funkciji vrste, tipa i geometrije objekta na autocesti (trasa, most, tunel, prolaz i sl.);
- Hidrogeološke karakteristike terena i stepen osjetljivosti područja koji je veoma značajan sa aspekta definiranja stepena zaštite vodnog okoliša u FBiH;
- Prostorni raspored i položaj svih elemenata sistema odvodnje i vodozaštite (slivnici, šahtovi, kolektori, otvoreni kanali, pješčani filtri, drenaže, uređaji za kontrolu kvaliteta onečišćenja sa kolovoza, itd.) na autocesti;
- Preporučene materijale i dimenzije za sve elemente sistema odvodnje i vodozaštite u zavisnosti od očekivanog (mogućeg) statičkog i hidrauličkog opterećenja, te otpornosti na vanjske utjecaje (klima, emisije onečišćenja i dr.);
- Učinkovitost pojedinih mjera kontrole onečišćenja sa ciljem očuvanja vodnog okoliša;
- Zaštitu od pojave incidentnog (iznenadnog) onečišćenja. U tu svrhu, prethodno je potrebno izvršiti analizu vjerojatnoće pojave i veličinu utjecaja incidentnog onečišćenja u zavisnosti od utvrđenog stepena osjetljivosti područja, te primijeniti metode optimiziranja kod odabira odgovarajućeg SuDs koncepta.

Zbog složenosti autoceste prisutni su različiti tipovi sistema odvodnje vode sa autoceste, te su u ovom dokumentu pojedinačno obrađeni sistemi odvodnje prema tipu objekata na autocesti i to za:

- Trasu;
- Objekte (mostovi, vijadukti, natputnjaci, potputnjaci, itd.) i
- Tunele.

## **19.1. Odvodnja oborinskih voda sa trase autoceste**

### **Uvod**

Odvođenje oborinskih voda sa autoceste se može realizirati korištenjem sljedećih sistema odvodnje oborinskih voda:

- Sistemom vanjske odvodnje;
- Sistemom unutrašnje odvodnje ili
- Kombiniranim sistemom.

Sistem vanjske odvodnje služi za zaštitu autoceste od oborinskih voda koje dotiču sa okolnog terena (škarpe, usjeci, i sl.) ili od poplavnih valova postojećih vodotoka uz trasu autoceste.

Sistem unutrašnje odvodnje služi za prikupljanje i odvođenje oborinskih voda sa kolovoza autoceste i/ili dreniranje trupa autoceste.

Kombinirani sistem odvodnje predstavlja odvođenje oborinskih voda kombinacijom sistema vanjske i unutrašnje odvodnje.

### 19.1.1. Projektni kriteriji

#### 19.1.1.1. Povratni period oborina

Hidrološke analize i proračuni u okviru planiranja i projektovanja autoceste služe za određivanje oticaja oborinskih voda koje treba da se prikupe i odvedu sistemima odvodnje. Sistemi odvodnje se projektuju tako da odvedu mjerodavne količine oborinskih voda i na taj način smanji opasnost od plavljenja. Mjerodavne količine oborinskih voda za projektovanje se određuju optimalnim stepenom zaštite objekta na autocesti.

Osnovni hidrološki parametar koji je potreban za projektovanje sistema odvodnje oborinskih voda je intenzitet padavina za određeni povratni period oborina (**Error! Reference source not found.**).

Europskom normom BAS EN 752:2010 dati su zahtjevi za zaštitu od plavljenja koji su preporučeni za projektovanje novih i postojećih sistema odvodnje.

Tabela 1: Povratni period oborina koji se koriste za projektovanje odvođenja oborinskih voda (BAS EN 752:2010) za različite lokacije/objekte

| Učestalost pojave oborina – povratni period (1:n godina) | Lokacija                                                                     | Učestalost plavljenja – povratni period (1: n godina) |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1:1                                                      | Ruralna područja                                                             | 1:10                                                  |
| 1:2                                                      | Stambena područja                                                            | 1:20                                                  |
| 1:2                                                      | Gradski centri, industrijske i komercijalne zone:                            | 1:30                                                  |
| 1:5                                                      | - sa analizom učestalosti plavljenja<br>- bez analize učestalosti plavljenja | -                                                     |
| 1:10                                                     | Podzemni cestovni objekti, potputnjaci.                                      | 1:50                                                  |

Učestalost pojave oborina (povratni period) koja se koristiti za projektovanje sistema odvodnje na autocestama je ranga pojave 1:5 godina, bez analize učestalosti plavljenja.

#### 19.1.1.2. Proračun mjerodavnih protoka

Mjerodavan protok (Q) se računa za potrebe određivanja hidrauličkog opterećenja sistema odvodnje radi projektovanja geometrijskih elemenata sistema (nagib dna, geometrije poprečnog presjeka).

Za proračun mjerodavnih protoka vode sa kolovoza, mogu se koristiti različite metode. Za praktične proračune se preporučuje korištenje Racionalne metode. Pretpostavka na kojoj se temelji primjena Racionalne metode je da se mjerodavan protok ostvaruje kada je vrijeme koncentracije  $t_c$  jednako vremenu trajanja oborina  $t_k$ .

Vrijeme koncentracije ( $t_c$ ) se definira kao vrijeme koje je potrebno kapi oborine na najudaljenijoj tački sliva da stigne do projektne tačke/profila, ili vrijeme od početka oborina do trenutka kada cijelo slivno područje istovremeno doprinosi oticanju na profilu.

Vrijeme koncentracije koncentracije ( $t_c$ ) je jednako zbiru: vremena koje je potrebno da oticaj oborina dospije u mrežu sistema odvodnje ( $t_o$ ), vremena najdužeg putovanja oticaja kroz uzvodne dionice mreže ( $L_i/v_i$ ) i vremena putovanja kroz dionicu za koju se računa mjerodavni protok:

$$t_c = (t_o + \sum_i \frac{L_i}{v_i}) + \frac{L}{v} \quad (19.1.1)$$

Proračun mjerodavnog protoka po Racionalnoj metodi je iterativan. Za proračun vremena koncentracije  $t_c$ , potrebno je u prvoj iteraciji pretpostaviti brzinu  $v$  na dionici za koju se računa mjerodavni protok. Na osnovu proračunatog vremena koncentracije  $t_c$ , računa se mjerodavni protok  $Q$  prema sljedećem obrascu:

$$Q = i_e \times F \quad (19.1.2)$$

$$i_e = C \times i_k \text{ za } (t_k = t_c) \quad (19.1.3)$$

gdje je:

$F$  - Ukupna uzvodna površina sa koje oticaj oborinskih voda dospijeva u razmatranu dionicu;

$C$  - koeficijent oticaja;

$i_e$  - mjerodavni intenzitet oborina.

Na osnovu proračunatog protoka, usvajaju se projektni elementi: geometrija poprečnog presjeka i uzdužni nagib dionice, pri čemu je potrebno uzeti u obzir hidraulička, geometrijska i inženjerska ograničenja. Nakon toga se vrši ponovno proračun brzine tečenja  $v$  i provodi se nova iteracija proračuna sa korigiranim vremenom koncentracije ( $t_c$ ), odnosno novim trajanjem i intenzitetom kiše ( $t_k = t_c$ ). Slivno područje sistema odvodnje (unutrašnje i vanjske odvodnje) se određuje koristeći Digitalni model terena (DTM) i / ili topografske karte.

### 19.1.2. Sistem vanjske odvodnje

Sistem vanjske odvodnje oborinskih voda sa trase autoceste podrazumijeva prikupljanje i odvođenje oborinskih voda sa okolnog terena uz trasu autoceste (škarpe, usjeci, berme, odvodnja vode sa nasipa trase autoceste itd). U tu je svrhu potrebno predvidjeti izgradnju obodnih kanala duž trase autoceste, kojim se prihvataju oborinske vode. Ispuštanje vode iz obodnih kanala se može izvršiti u propuste koji se nalaze ispod ili pored trupa autoceste ili direktno u vodotoke ukoliko se isti nalaze u neposrednoj blizini autoceste. Odvodnja vode iz kanala i propusta se odvodi otvorenim kanalima i/ili kolektorima do najbližeg odgovarajućeg recipijenta.

Sistem vanjske odvodnje ima ulogu zaštite od voda koje gravitiraju prema trupu autoceste sa pripadajućih slivnih površina. Izgradnja sistema vanjske odvodnje doprinosi stabiliziranju trupa autoceste, eliminiranju erozivnih procesa, sprečavanju pojave različitih negativnih utjecaja gradnje kroz primjenu najboljih postupaka upravljanja vodama kao što su minimiziranje površinskog oticanja, povećanje infiltracionog kapaciteta zemljišta, reguliranje protoka vode i sl. Prilikom projektovanja sistema vanjske odvodnje potrebno se je pridržavati svih uvjeta i zahtjeva koji su navedeni u „Smjernicama iz 2005 godine“<sup>8</sup> i poglavlju 19.1.1 ovih „Smjernica“.

<sup>8</sup> Knjiga I - Projektovanje, Dio 1: Projektovanje puteva, Poglavlje 7: Konstruktivni elementi puta i

Karakteristike materijala za otvorene kanale, rigole i kanale koji se nalaze u bermi, a služe za odvodnju oborinskih voda navedene su u „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>9</sup>.

Bitno je naglasiti da se prilikom projektovanja i izgradnje sistema odvodnje za monolitne i montažne betonske elemente sistema odabere klasa čvrstoće betona C35/45, koja je propisana europskom normom BAS EN 1433:2005. Za definiranje ostalih zahtjeva (otpornost na mraz, sol, odstupanje dimenzija i slično) primjenjivati „Smjernice iz 2005. godine“<sup>9</sup> i važeće pravilnike kojima se propisuju navedeni parametri<sup>10</sup>.

### 19.1.3. Sistem unutrašnje odvodnje

Sistem unutrašnje odvodnje oborinskih voda sa trase autoceste podrazumijeva prikupljanje i odvođenje oborinskih voda sa kolovoza autoceste. Kod sistema unutrašnje odvodnje, oborinske vode sa kolovoza se prihvataju pomoću uzdužnih betonskih rigola ili betonskih segmentnih kanala. Prihvaćene vode se dovode do slivnika, koji su pozicionirani u samom rigolu/betonskom segmentnom kanalu. Osim slivnika moguće je koristiti i element šaht-slivnik (prilog) koji treba biti pozicioniran izvan rigola u zasebnom istaku (džepu) spojenim sa rigolom, a zbog svojih većih dimenzija. Navedeni element šaht-slivnik ima dvostruku ulogu i to ulogu revizionog okna i ulogu slivnika sa taložnicom. Slivnici se povezuju/priključuju na glavni kolektor sistema unutrašnje odvodnje, kojim se prikupljene oborinske vode odvođe izvan pojasa autoceste. Šaht-slivnici su spojeni kao revizionna okna direktno na kolektore odvodnje bilo da je riječ o jednom ili više kolektora, te će imati taložnicu duboku najmanje 50cm posmatrano od najniže zajedničke tačke sa spojem na kolektor. Prihvatanje oborinskih voda u konačnici doteklih rigolom moguće je prihvatiti bilo kojom kombinacijom gore navedena dva elementa, slivnika i šaht-slivnika.

Poprečni i uzdužni nagib kolovoza od velikog je značaja za prikupljanje oborinskih voda sa kolovoza. Zbog toga je neophodno da pored ostalih uvjeta, uvjeti odvodnje budu jedan od kriterija za definiranje geometrijskih parametara trase autoceste.

Unutar posmatranog povratnog perioda, sistem unutrašnje odvodnje oborinskih voda sa kolovoza je potrebno projektovati tako da se voda sa kolovoza najkraćim putem i bez zadržavanja odvede izvan pojasa autoceste.

#### 19.1.3.1. Varijantna rješenja sistema unutrašnje odvodnje

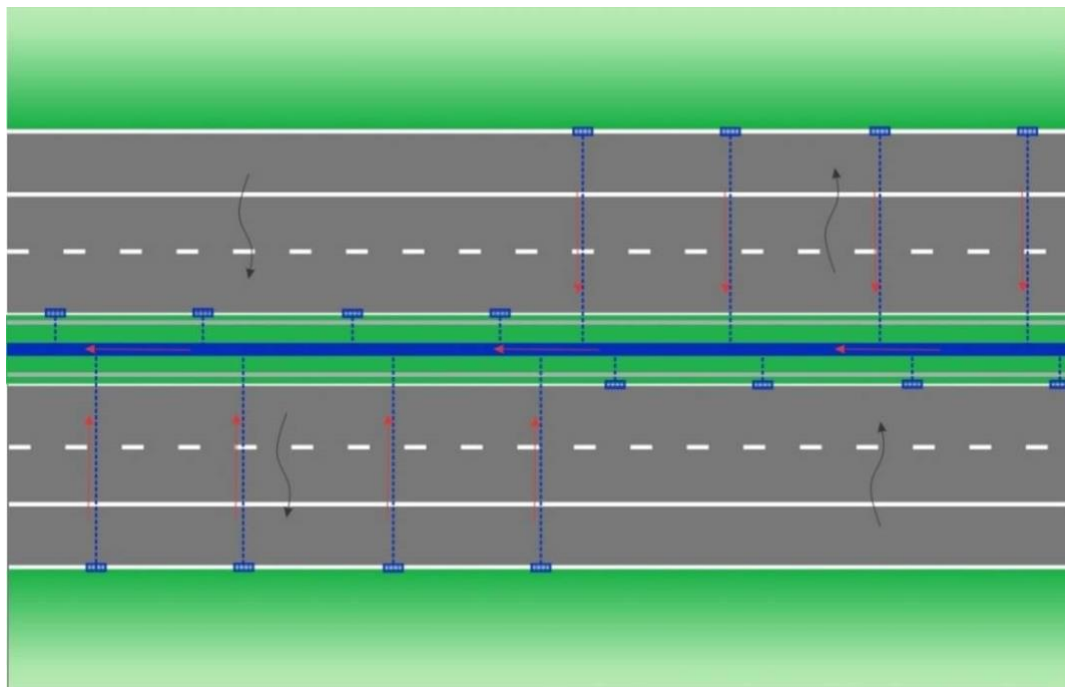
U zavisnosti od položaja kolektora sistema unutrašnje odvodnje, za prikupljanje i odvodnju oborinskih voda sa kolovoza autoceste mogu se primijeniti dvije Varijante:

**Varijanta I** - Kolektor sistema unutrašnje odvodnje je smješten u razdjelnom pojasu (Slika 1), a prikupljanje vode se vrši putem slivnika koji se priključuju na kolektor ili revizionna okna. Položaj slivnika zavisi od poprečnog nagiba kolovoza. U slučaju poprečnog nagiba kolovoza ka razdjelnom pojasu, slivnici se nalaze uz razdjelni pojas (uz glavni kolektor) i direktno se priključuju na kolektor i/ili revizionna okna. U slučaju poprečnog nagiba kolovoza ka bankinskom pojasu, slivnici se nalaze sa suprotne strane razdjelnog pojasa (u bankinskom pojasu), te se priključenje istih na kolektor vrši cijevima koje prolaze kroz trup autoceste. Cijevi koje prolaze kroz trup autoceste (cijevi poprečnih veza i poprečno spajanje kolektora) je potrebno izvesti

<sup>9</sup> Knjiga II - Građenje, Dio 2: Posebni tehnički uvjeti, Poglavlje 4: Odvodnjavanje

<sup>10</sup> Trenutno ovu oblast uređuje: Pravilnik o tehničkim propisima za građevinske proizvode koji se ugrađuju u betonske konstrukcije ("Službene novine FBiH" br. 86/08)

na način koji podrazumijeva izradu betonske podloge i armirano-betonske (AB) obloge oko cijevi. Za izradu betonske podloge koristiti beton klase čvrstoće C25/30, dok je za izradu AB obloge, pored betona klase čvrstoće C25/30 oko cijevi, potrebno koristiti armaturne mreže Q 188 i armaturne šipke/ankere  $\Phi 12$  mm.

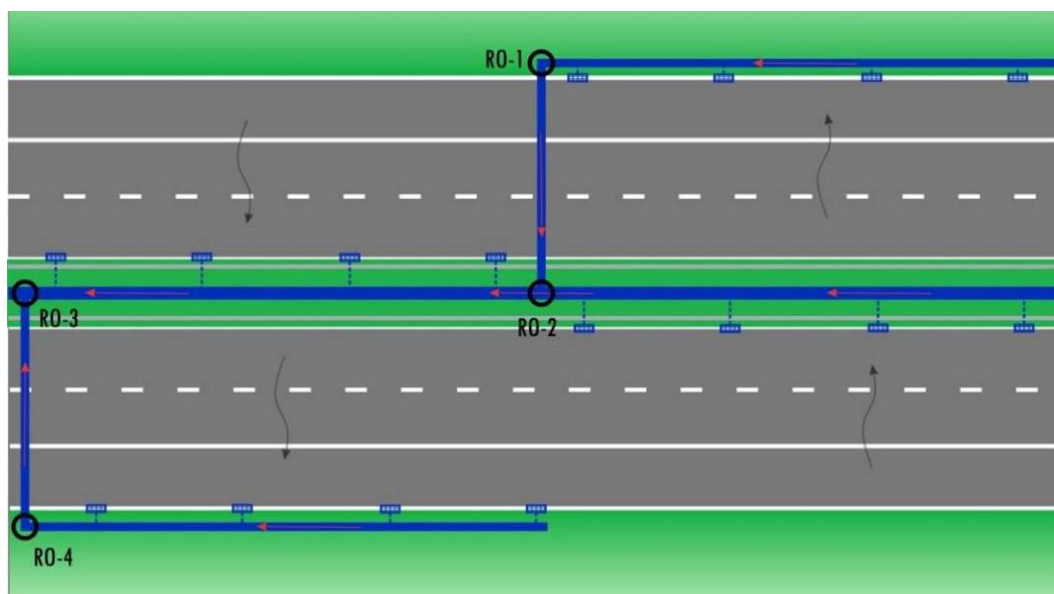


**Slika 1:** Sistem unutrašnje odvodnje - Varijanta I

Kod odabira ovog rješenja, na dijelu glavne trase autoceste poprečnog nagiba prema bankini, predviđeni su prekopi kroz trup autoceste na udaljenosti međusobnog razmaka slivnika, pa shodno tome, sistem se sastoji od kolektora i niza pojedinačnih sekundarnih kolektora (poprečnih veza). Na mjestima spajanja cijevi poprečne veze i kolektora (preko „sedla“) onemogućena je obostrana revizija cijevi poprečne veze, što u fazi eksploatacije sistema otežava održavanje sistema. U slučaju odabira ovog varijantnog rješenja, potrebno je izbjegavanje priključenje/spajanje cijevi poprečnih veza direktno na kolektor (preko „sedla“), već je potrebno izvršiti priključenje na mjestu revizionog okna, a sve s ciljem olakšanog održavanja i upravljanja sistemom odvodnje.

**Varijanta II** - Kolektori sistema unutrašnje odvodnje su smješteni u razdjelnom i bankinskom pojasu trase autoceste (Slika 2). U ovom slučaju, prikupljanje vode sa kolovoza se vrši pomoću slivnika koji su direktno i/ili preko revizionog okna priključeni na kolektore. Priključenje, odnosno spajanje kolektora iz razdjelnog i bankinskog pojasa se vrši na mjestima revizionih okana prije ispuštanja vode iz kolektora u sistem vodozaštite. Dionice kolektora koje prolaze kroz trup autoceste (zbog priključenja kolektora u razdjelnom i bankinskom pojasu) izvode se od betonske podloge i AB obloge oko cijevi. Materijali koji se koriste za izradu betonske podloge i AB obloge su isti kao i u Varijanti I (beton C25/30, armaturne mreže Q 188 i armaturne šipke/ankere  $\Phi 12$  mm). Prednost ovog varijantnog rješenja u odnosu na Varijantu I se ogleda u priključenju svih slivnika na kolektor koji se nalazi u neposrednoj blizini istih, što u konačnici eliminira potrebu za izvođenjem velikog broj poprečnih veza u trupu autoceste. Uslijed eliminacije velikog broja poprečnih veza u trupu autoceste

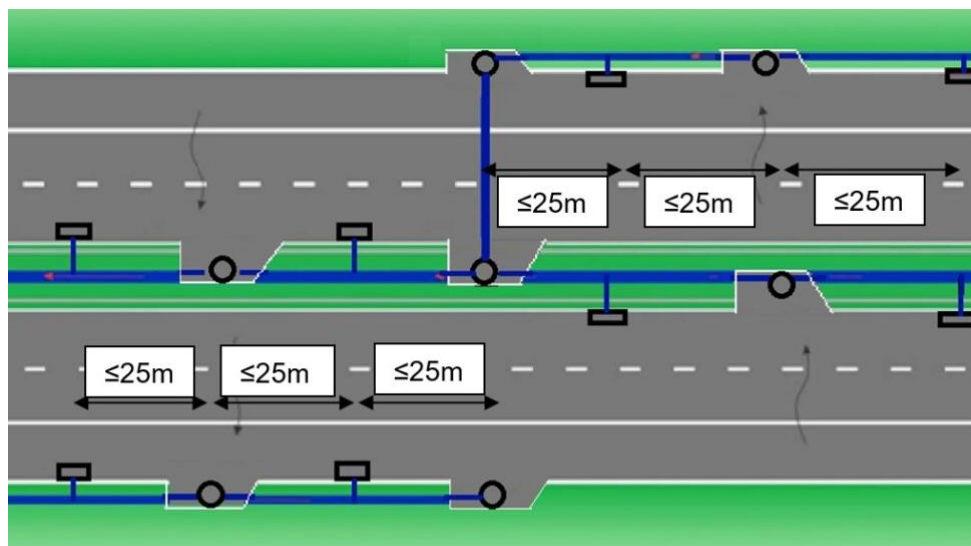
osigurava se veća strukturalna stabilnost i funkcionalnost sistema odvodnje, te smanjuje vjerojatnoća pojave deformacija i lomova cjevovoda.



**Slika 2:** Sistem unutrašnje odvodnje - Varijanta II

Prilikom projektovanja sistema unutrašnje odvodnje preporučuje se Varijanta II, iz gore navedenih razloga, ali i iz razloga što je održavanje i upravljanje sistemom znatno jednostavnije i manja je mogućnost ugrožavanja funkcionalnosti sistema u fazi eksploatacije autoceste. Investicioni troškovi kod planiranja i izgradnje Varijante I i Varijante II su približno istog reda veličine.

**Varijanta III** - Kolektori sistema unutrašnje odvodnje su smješteni u razdjelnom i bankinskom pojasu trase autoceste (slika 3.). U ovom slučaju, prikupljanje vode sa kolovoza se vrši pomoću slivnika i šaht-slivnika naizmjenično, koji su direktno priključeni na kolektore. Priključenje, odnosno spajanje kolektora iz razdjelnog i bankinskog pojasa se vrši na mjestima šaht-slivnika prije ispuštanja vode iz kolektora u sistem vodozaštite. Dionice kolektora koje prolaze kroz trup autoceste (zbog priključenja kolektora u razdjelnom i bankinskom pojasu) izvode se od betonske podloge i AB obloge oko cijevi. Materijali koji se koriste za izradu betonske podloge i AB obloge su isti kao i u Varijanti I (beton C25/30, armaturne mreže Q 188 i armaturne šipke/ankere  $\Phi 12$  mm). Prednost ovog varijantnog rješenja u odnosu na Varijantu I se ogleda u priključenju svih slivnika i šaht-slivnika na kolektor koji se nalazi u neposrednoj blizini istih, što u konačnici eliminira potrebu za izvođenjem velikog broj poprečnih veza u trupu autoceste. Uslijed eliminacije velikog broja poprečnih veza u trupu autoceste osigurava se veća strukturalna stabilnost i funkcionalnost sistema odvodnje, te smanjuje vjerojatnoća pojave deformacija i lomova cjevovoda. Od Varijante II ova varijanta može dati određena poboljšanja u smislu skraćenja vremena izgradnje. Postoji još mnogo kombinacija Varijante II i Varijante III koje je moguće izvesti tako da se koriste sva 3 elementa (slivnik, reviziono okno, šaht-slivnik) koje bi dale tehnički ispravno rješenje. Svakako postoje i kombinacije Varijante I i Varijante III, tj uvođenje elementa šaht-slivnik u Varijantu I, ali se u tom slučaju očekuje dosta skuplja gradnja, a ne dobivaju se nikakvi tehnički benefiti. Najvažnija odrednica kombinovanja Varijante II i Varijante III, kao i Varijante I i Varijante III je da elementi prihvata vode (slivnici i/ili šaht-slivnici) u sistemu odvodnje na pravcima ne smiju biti na rasterima većim od 25m i ne veći razmak od 60m između elemenata inspekcije kolektora (revizionih okana ili šaht-slivnika). Ostali uslovi pri vitoperenjima i manjim padovima od 1% opisani su u (Tabela 2: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema unutrašnje odvodnje i pregled važećih normativa)



**Slika 3:** Sistem unutrašnje odvodnje - Varijanta III

### 19.1.3.2. Elementi sistema unutrašnje odvodnje

Elementi sistema unutrašnje odvodnje su:

- Rigoli i betonski segmentni kanali;
- Slivnici;
- Reviziona okna/šahтови;
- Kolektori/cjevovodi.

U nastavku će se detaljno opisati svaki od navedenih elemenata sistema, te dati pregled važećih relevantnih standarda i propisa.

#### **Rigoli i betonski segmentni kanali**

Rigoli i betonski segmentni kanali služe za odvođenje vode koja dotiče sa obje ili samo sa jedne strane kolovoza autoceste. Dimenzije poprečnog presjeka rigola i betonskog segmentnog kanala je potrebno hidraulički odrediti. Uzdužni nagib rigola i betonskog segmentnog kanala treba da bude jednak uzdužnom nagibu kolovoza, uz poštivanje uvjeta prema kojem minimalne vrijednosti uzdužnog nagiba rigola treba da iznose 0.5%. Ukoliko je uzdužni nagib ruba kolovoza manji od 0.5%, potreban uzdužni nagib dna rigola treba obezbijediti alternativnim izmjenama dna rigola.

Dimenzioniranje rigola i betonskih segmentnih kanala je detaljno obrađeno u „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>8</sup>. S druge strane, zahtjevi koji se moraju uzeti u obzir tokom izgradnje rigola i betonskih segmentnih kanala, također su detaljno obrađeni u „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>9</sup>.

#### **Slivnici**

Slivnici imaju funkciju direktnog prikupljanja vode s kolovoza autoceste. Rastojanje između slivnika i efikasnost slivnika je potrebno odrediti odgovarajućim hidrauličkim proračunom. Zbog unificiranosti oblika i dimenzija montažnih slivnih kaca, te zbog jednostavnije i lakše ugradnje, potrebno je vršiti ugradnju montažnih slivnih kaca.

Slivnik (slivna kaca) treba da ima taložnicu minimalne dubine 100 cm, ako je unutrašnji promjer slivne kace DN/ID 400 mm, a taložnicu minimalne dubine 50 cm, ako je unutrašnji promjer slivne kace DN/ID 500 mm ili više.

Postoji nekoliko tipova slivnika koji su u standardnoj upotrebi za prikupljanje vode sa kolovoza:

1) Slivnici u rigolu koji se postavljaju uz ivičnjak

- a) otvori paralelni sa ivičnjakom;
- b) otvori upravni na ivičnjak;

2) Slivnici sa otvorima u ivičnjaku

3) Kombinovani ivičnjaci;

Za odvodnju vode sa kolovoza autoceste najčešće se primjenjuju slivnici u rigolu, koji se postavljaju uz ivičnjak. Nedostatak slivnika koji se rade sa otvorima u ivičnjaku jeste veća površina plavljenja i povećani troškovi održavanja. Shodno navedenom, prilikom projektovanja sistema unutrašnje odvodnje za prikupljanja vode sa kolovoza autoceste, potrebno je odabrati tip slivnika u rigolu koji se postavljaju uz ivičnjak.

### **Proračun efikasnosti slivnika**

Prijemna moć slivnika ( $Q_i$ ) zavisi od tipa slivnika, njegove geometrije i brzine toka vode koja ide prema slivniku. Efikasnost slivnika  $E$  se definira kao odnos između protoka koji slivnik prima i dotoka koji stiže do slivnika tečenjem uz ivičnjak:  $E=Q_i/Q$ .

Efikasnost slivnika zavisi od:

- Elemenata geometrije trase (uzdužnog  $S_p$  i poprečnog nagiba  $S_x$ );
- Tipa slivnika i geometrije (širine  $w$  i dužine  $L$ ) i
- Dotoka  $Q$ .

Prilikom proračuna efikasnosti slivnika na autocesti, potrebno je sračunati dio protoka koji frontalno nailazi na slivnik širine  $w$  ( $Q_w$ ) i preostali, bočni dio protoka, koji se kreće paralelno sa unutrašnjom ivicom slivnika ( $Q_s$ ):

$$Q_w = Q \times E_0 \quad (19.1.4)$$

$$Q_s = Q - Q_w = (1 - E_0) \times Q \quad (19.1.5)$$

Proračun parametra  $E_0$  (bezdimenzionalne veličine kojom se računa koji dio od ukupnog protoka frontalno nailazi na slivnik širine  $w$ ) za slučaj kada je kolovoz u konstantnom poprečnom nagibu se vrši na osnovu sljedećeg obrasca:

$$E_0 = 1 - \left(1 - \frac{w}{b}\right)^{8/3} \quad (19.1.6)$$

gdje je:

$b$  - dozvoljena širina plavljenja (m);

$w$  - širina slivnika (m)

Dio protoka koji prihvata slivnik ( $Q_i$ ) zavisi od efikasnosti prijema frontalnog ( $R_w$ ) i bočnog dotoka ( $R_s$ ):

$$Q_i = R_w \times Q_w + R_s \times Q_s \quad (19.1.7)$$

$$E = R_w \times E_0 + R_s (1 - E_0) \quad (19.1.8)$$

Koeficijent efikasnosti prijema frontalnog dotoka ( $R_w$ ) se određuje na osnovu sljedećeg obrasca:

$$R_w = \begin{cases} 1 - 0,295(v - v_0) & v \geq v_0 \\ 1 & v < v_0 \end{cases} \quad (19.1.9)$$

gdje je:

$v$  - brzina dotoka  $Q$  koji stiže do slivnika;

$v_0$  - maksimalna brzina, čijim se prevazilaženjem smanjuje efikasnost slivnika.

Koeficijent efikasnosti prijema bočnog dotoka ( $R_s$ ) se određuje na osnovu sljedećeg obrasca:

$$R_s = \frac{1}{1 + \frac{0,0828 \times V^{1,8}}{S_x \times L^{2,3}}} \quad (19.1.10)$$

### **Proračun efikasnosti šaht-slivnika**

Proračun prihvatne moći, efikasnosti, šaht-slivnika vrši se na isti način kao i proračun slivnika. Da dio frontalnog toka na rešetku ne bi prošao pored rešetke, kroz rigol, potrebno je džepove, u koje su smještene rešetke, obraditi na sljedeći način: ulazi džepova, odvojaka od rigola, u kojima se nalaze rešetke šaht-slivnika, trebaju da budu trapeznog oblika (slika 3.) sa kosinom ka uzvodnoj strani pod uglom najviše  $45^\circ$  u odnosu na podužnu osovину rigola, sa horizontalnim dnom i rešetkom šaht-slivnika postavljenom na dno „džepa“. Nizvodni kraj džepa treba da bude okomit na podužnu osovину rigola. Osim navedenog u džepovima je potrebno ostaviti dovoljno prostora oko kako bi se moglo vršiti nesmetano otvaranje rešetke šaht-slivnika i pristupanje reviziji kolektora. Nadvišenje koje formira džep, ivičnjak oko džepa, treba da bude odabrano na način da se zadovolji kapacitet rešetke iz uslova atesta koje daje proizvođač samih rešetki.

### **Određivanje rastojanja između slivnika i/ili šaht-slivnika**

Očigledno je da postoji dio protoka koji slivnik i šaht-slivnik ne može da prihvati :  $Q_b = Q - Q_i$

Ovaj protok ne treba da bude veći od 30% od protoka neposredno ispred slivnika -  $Q$ , i što je najvažnije, slivnici i šaht-slivnici treba da budu postavljeni na takvom rastojanju ( $L_s$ ) da se ovaj protok ne povećava:

$$L_s = \frac{Q_i}{B \times C \times i_k} \quad (19.1.11)$$

gdje je:

$B$  - širina kolovoza sa koga se prikuplja oticaj oborina (m),

$i_k$  - intenzitet mjerodavnih oborina (m/s) i

$C$  - koeficijent oticaja (-).

Određivanje rastojanja između slivnika je očigledno iterativan postupak, jer intenzitet oborina zavisi od trajanja oborina, koje se opet mijenja zavisno od sračunatog vremena putovanja oticaja oborina do slivnika ( $t_0$ ). Na mjestima gdje se geometrija trase mijenja (raskrsnice, petlje, promjena poprečnog i uzdužnog nagiba) potrebno je postaviti dodatne slivnike za prihvatanje protoka ( $Q_b$ ) koji posljednji slivnik u nizu nije prihvatio. Moguće je kombinovati rješenje odvodnje sa slivnicima i šaht-slivnicima.

### **Spajanje slivnika na kolektor**

U slučaju Varijante II (Slika 2), spajanje slivnika na kolektor se može vršiti direktno jer je dužina priključne cijevi neznatna, te se ista može neometano održavati.

Kako bi se osigurala vodonepropusnost veze na mjestu priključka slivnika na cijev kolektora, priključak je potrebno izvesti upotrebom originalnih priključnih komada („sedla“). Navedeni originalnih priključni komadi („sedla“) moraju biti od istog materijala kao i cijev kolektora na koju se vrši priključenje slivnika. Također, bitno je naglasiti da se „sedla“ za priključak slivnika na kolektor odabiru u zavisnosti od promjera priključne cijevi slivnika i promjera cijevi kolektora, te ugla spajanja slivnika na cijev kolektora ( $90^\circ$  ili  $45^\circ$ ).

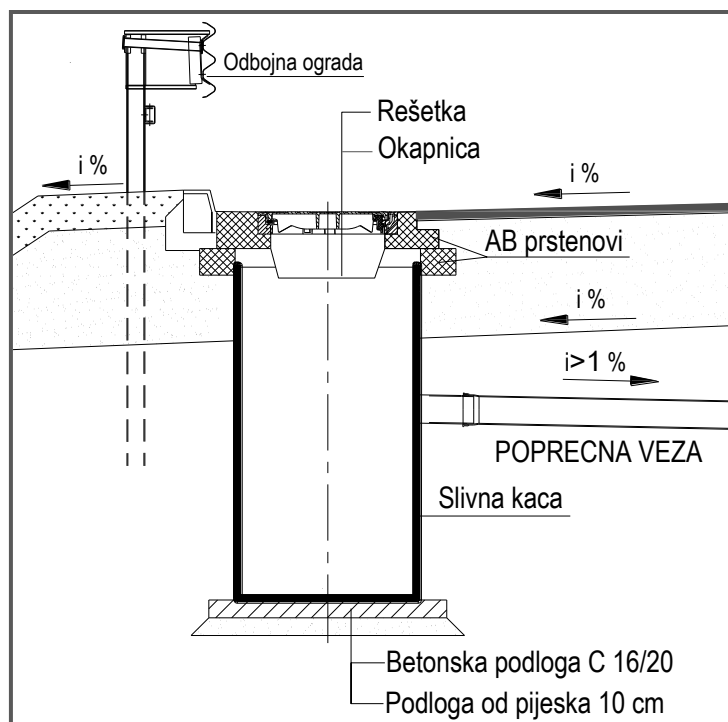
Spajanje priključne cijevi slivnika sa revizionim oknom je potrebno ostvariti upotrebom priključnih adaptera. Također, ukoliko na slivnoj kaci nije tvornički urađeno spajanje dijela priključne cijevi (dužine do 20 cm), spoj između slivne kace i priključne cijevi je potrebno ostvariti upotrebom priključnih adaptera.

Za promjere cijevi kolektora DN/ID 300 mm se preporučuje spajanje slivnika na kolektor preko revizionog okna, a ne direktno na cijev kolektor. U ovom slučaju se može vršiti povezivanje dva slivnika međusobno (odabrati da promjer slivne kace iznos DN/ID 500 mm), tako da svako drugi slivnik bude priključen na reviziono okno kolektora.

### **Ugradnja slivnika**

Tokom ugradnje slivnika, potrebno je izvršiti ispitivanje zbijenosti dna rova, gdje tlo na koje se ugrađuju slivnik mora imati  $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ . Slivna kaca se ugrađuje na betonsku podlogu, koja je debljine 10 cm, ispod koje je prethodno urađena posteljica od pijeska minimalne debljine 10 cm. Zatrpavanje oko slivnika do nivoa terena se vrši nasipnim i tamponskim materijalom u slojevima 30-50 cm, sa nabijanjem do potrebne zbijenosti.

Slivne kace su kružnog poprečnog presjeka. Završetak slivne kace se izvodi na način da se oko slivne kace vrši ugradnja dva armirano-betonska prstena u dva nivoa (Slika 4).



Slika 4: Detalj slivnika

Kao što se može vidjeti sa prethodne slike, donji AB prsten je oko 15 cm širi od gornjeg AB prstena, u koji se ugrađuje ram/okvir slivničke rešetke. Debljina AB prstenova treba da iznosi minimalno 15 cm. Na osnovu navedenog, slivnik se sastoji iz sljedećih dijelova: slivničke kace (tijelo slivničke kace), AB prstenova i slivničke rešetke. Obzirom da slivna kaka nije izvedena kompaktno iz jednog dijela već iz tijela slivničke kace i AB prstenova, potrebno je ostvariti vodonepropusnu vezu između svih navedenih dijelova. Postizanje vodonepropusnosti se postiže upotrebom odgovarajućih zaptivnih masa.

Kako bi se izbjeglo podlijevanje vode između slivničke kace i AB prstenova potrebno je predvidjeti ugradnju „okapnica“ na gornjem AB prstenu. Navedena „okapnica“ se može izvoditi od termoplastičnih materijala ili od betona. Cilj je ugradnje „okapnice“ jeste da spriječi prodiranje vode sa vanjske strane slivne kace u slučaju kada manje količine vode dotiču u slivnik.

Materijal koji se koristi za izradu AB prstenova je: beton klase čvrstoće C35/45, otporan na mraz i sol i armatura minimalnog promjera  $\Phi 12$ , raspoređena u obje zone armiranja. Navedene armaturene šipke se mogu koristiti u slučaju kada se slivnik nalazi izvan kolovoza, dok je za slučaj izloženosti slivnika saobraćajnom opterećenju neophodno izvršiti proračun nosivosti AB prstenova (slivnika), te u skladu sa proračunom odrediti armaturu i dimenzije istih.

### **Reviziona okna/šahтови (RO)/šahst-slivnici (ŠS)**

Reviziona okna/šahтови su građevine kojima se obezbjeđuje tehnički ispravno priključenje i skretanje kolektora, kao i promjena uzdužnog nagiba i promjera kolektora. Također, u fazi upravljanja i održavanja sistemom, uloga revizionih okana i šahst-slivnika je da obezbijede pristup kolektorima.

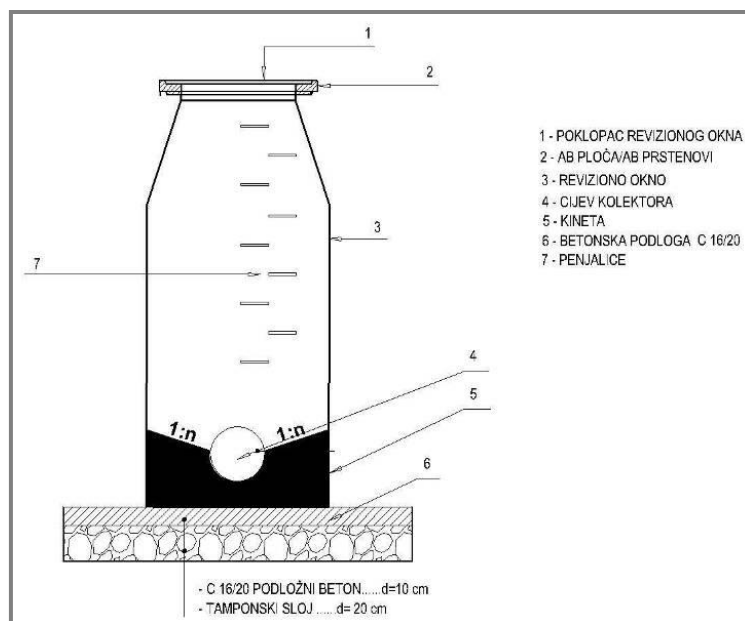
Shodno navedenom, reviziona okna i/ili šahst-slivnici se postavljaju:

- a) na početku i spoju dionica kolektora;
- b) na mjestima promjene promjera cijevi kolektora;
- c) kod promjene uzdužnog nagiba kolektora;
- d) na mjestima skretanja kolektora;
- e) na pravolinijskim dionicama, na rastojanjima maksimalne dužine 60 m;
- f) u slučaju ugradnje šaht-slivnika potrebno je obratiti pažnju da svi elementi prihvata vode u sistem unutrašnje odvodnje u koje spadaju i navedeni šaht-slivnici, osim gore navedenih uslova, ne smiju imati veće raspone od 25m (misli se i na moguću kombinaciju slivnika sa šaht-slivnicima).

Revizionna okna (šahtovi) i šaht-slivnici (ŠS) moraju biti projektovana da izdrže razna opterećenja kojima mogu biti izložena (vlastita težina, direktna opterećenja, pritisak tla, pritisak vode, uzgon vode) u fazi izgradnje i eksploatacija, bez gubitaka njihove funkcije i štete po okolinu, te moraju biti zaštićena od mogućih pomjeranja i kada su prazna. Odabrani tipovi revizionnih okana trebaju zadovoljiti i ostale njima propisane uvjete u pogledu dopuštenih deformacija. Osnove za statički proračun šahtova date su u tehničkoj regulativi ATV-A 127 Smjernice za statički proračun odvodnih kanala i naprava.

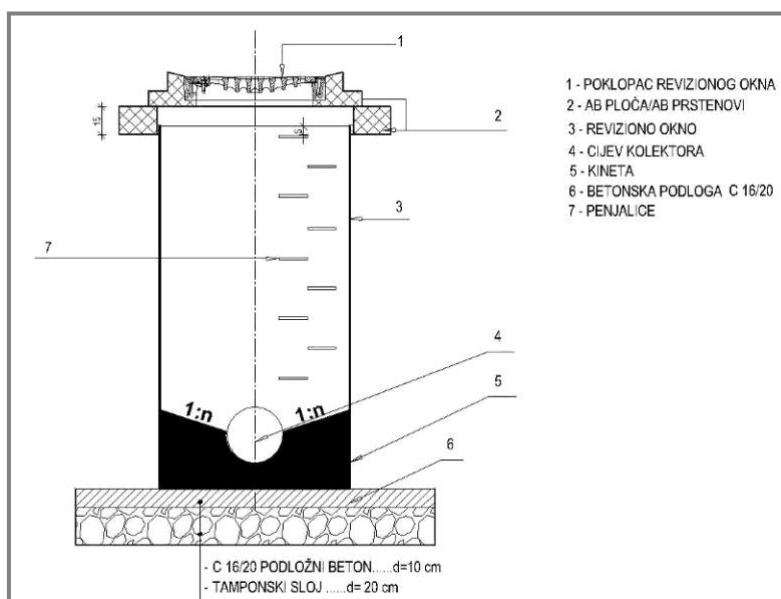
Tokom ugradnje revizionnih okana i šaht slivnika, potrebno je izvršiti ispitivanje zbijenosti dna rova, gdje tlo na koje se ugrađuju šaht mora imati  $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ . Montaža/ugradnja RO se vrši na pripremljeni tamponski sloj i betonsku podlogu, prvo pripremajući priključne cjevovode, a zatim kontrolirajući vertikalnu. Zatrpavanje se vrši nasipnim i tamponskim materijalom u slojevima 30-50 cm uz propisno nabijanje. U slučaju prisustva vode u rovu, zatrpavanje RO je potrebno vršiti betonom ili frakcijom odgovarajuće granulacije, sve dok se okno sasvim ne usidri, kako ne bi došlo do isplivavanja. Dodatnu pažnju obratiti na prihvatanje sila uzgona kod elemenata šaht-slivnika (zbog dodatne taložnice od minimalno 50cm.)

Završetak revizionnog okna ili šaht-slivnika se može izvesti na dva načina. Jedan od načina koji je u našoj praksi zastupljeniji jeste da se revizionno okno završava sa konusnim završetkom (Slika 5). Kod primjene ovog rješenja, gornji dio revizionnog okna se sužava na promjer okvira poklopca, te se u konusni završetak ugrađuje okvir poklopca, odnosno rešetke sa mogućnošću otvaranja (u slučaju šaht-slivnika).



**Slika 5:** Detalj revizionog okna sa konusnim završetkom

Drugi slučaj završetka revizionog okna/ šaht-slivnika jeste ugradnjom AB ploča/prstenova, gdje se u gornjem AB prstenu ostavlja otvor za ugradnju okvira poklopca, odnosno rešetke sa mogućnošću otvaranja (slučaj šaht-slivnika) (Slika 6).



**Slika 6:** Detalj revizionog okna sa AB pločama/prstenovima

Prilikom odabira ovog rješenja (Slika 6), potrebno je predvidjeti montažne AB ploče/prstenove, zbog jednostavnije ugradnje i kvalitetnije izvedbe. S ciljem postizanja boljeg spoja ploče/prstena i okvira poklopca, potrebno je okvir poklopca ubetonirati u AB prsten u fazi izrade AB prstena u tvornici.

Nakon izvršene montaže AB ploča/prstenova na gradilištu, pristupa se montaži poklopca. U unutrašnjosti okna se montiraju penjalice za pristup unutrašnjosti okna tokom održavanja. U dnu revizionog okna se oblikuje kineta, koja se izrađuje od istog materijala od kojeg je izrađeno

reviziono okno. U slučaju šaht-slivnika ne postoji kineta već taložnica istog promjera kao i samo tijelo šaht-slivnika i dubine minimalno 50cm od najniže spojne tačke sa kolektorom.

Kineta se izrađuje s ciljem usmjeravanja tečenja otpadne vode i visina kinete iznosi do 2/3 visine cijevi kolektora, s tim da se bokovi kinete prema zidovima okna izvode u nagibu 1:3 do 1:5, do pune visine profila.

Na mjestima gdje je potrebno savladati denivelaciju ulaza-izlaza cijevi iz revizionog okna, potrebno je predvidjeti kaskadna revizionna okna ili kaskadne šaht-slivnike. Potreba za ugradnjom kaskadnih revizionih okana je čest slučaj na mjestima ispuštanja vode iz kolektora u recipijent.

### **Kolektori/cjevovodi**

Kolektori imaju funkciju da prikupljene količine vode sa kolovoza transportuju do mjesta ispusta. Kolektori moraju imati dovoljan kapacitet da propuste mjerodavni protok, a dodatni uvjeti koji se postavljaju odnose se na brzine toka ( $V_{min}$  i  $V_{max}$ ) i ispunjenost proticajnog profila.

U cilju dimenzioniranja kolektora/cjevovoda, količina protoka vode se može odrediti prema Šezi-Maning-ovom obrascu:

$$Q = \frac{0,312}{n} \times D^{8/3} \times \sqrt{S} \quad (19.1.12)$$

gdje je:

$Q$  - mjerodavan protok ( $m^3/s$ )

$n$  - Manning-ov koeficijent hrapavosti ( $s/ m^{1/3}$ );

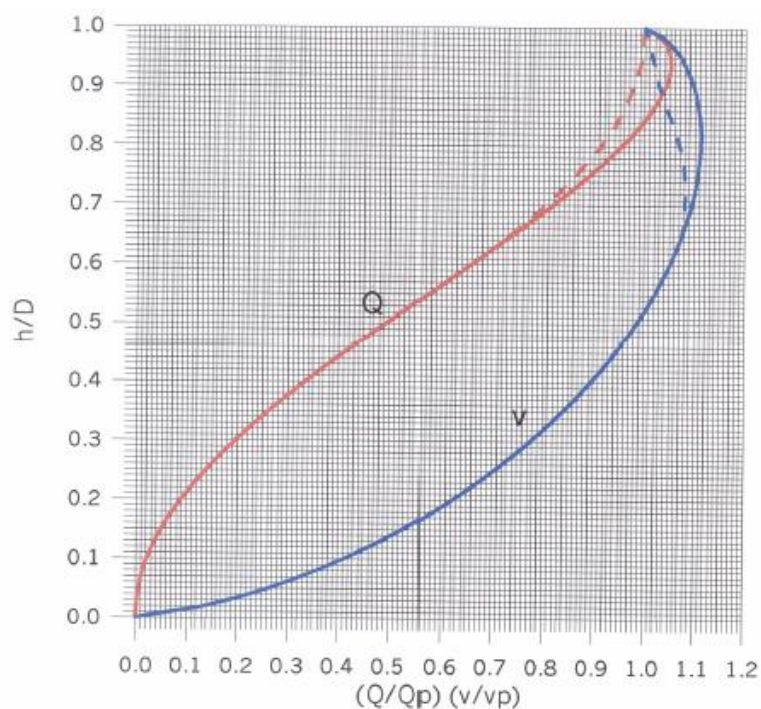
$D$  - unutrašnji promjer kolektora (m) i

$S$  - uzdužni nagib kolektora (m/m).

Ovaj obrazac se može primijeniti uz pretpostavku da je tečenje u kolektorima ustaljeno i jednoliko, a vrijedi za kolektor kružnog poprečnog presjeka koji je ispunjen do vrha (tečenje u punom profilu).

Manning-ov koeficijent hrapavosti se usvaja zavisno od odabranog materijala kolektora. U praktičnim proračunima, računa se sa Manning-ovim koeficijentima u opsegu od 0.011 do 0.013 ( $s/ m^{1/3}$ ), što odgovara apsolutnim hrapavostima zidova cijevi-kanala u opsegu 0,55 do 1,5 mm. Vrijednost koeficijenta 0,013  $s/ m^{1/3}$  (odnosno hrapavost od 1,5 mm) se standardno koristi u proračunima. Minimalna apsolutna hrapavost koja se može koristiti u proračunima iznosi 0.4 mm i koristi se samo za nove cijevi kolektora manjeg promjera koji su proizvedeni od termoplastičnih materijala.

Formula (19.1.13) je za kolektore ispunjene do vrha (tečenje u punom profilu), međutim, uzimajući u obzir činjenicu da najčešće kolektori nisu ispunjeni do vrha, potrebno je sračunati brzinu strujanja i proticaje u djelomično ispunjenim profilima, u zavisnosti od stepena punjenja. Sa dijagrama ispod može se očitati  $Q$  protok i  $v$  brzina za kružni profil cijevi pri djelomičnom punjenju cijevi  $h$ .



Slika 7: Zavisnost  $Q/Q_p$  i  $v/v_p$  od  $h/D$  za kružni profil cijevi

Kako bi se osiguralo ispravno priključenje slivnika na kolektor, potrebno je poštivati uvjete vezane za stepen punjenja kolektora, uz napomenu da se za promjer cijevi DN/ID 300 mm ne vrši priključenje slivnika direktno na cijev kolektora.

|                      |                                  |           |
|----------------------|----------------------------------|-----------|
| DN/ID = 300 mm       | $h_p = 0,60 \times \text{DN/ID}$ | (19.1.14) |
| DN/ID = 400 mm       | $h_p = 0,70 \times \text{DN/ID}$ |           |
| DN/ID = 500 – 900 mm | $h_p = 0,75 \times \text{DN/ID}$ |           |
| DN/ID > 900 mm       | $h_p = 0,80 \times \text{DN/ID}$ |           |

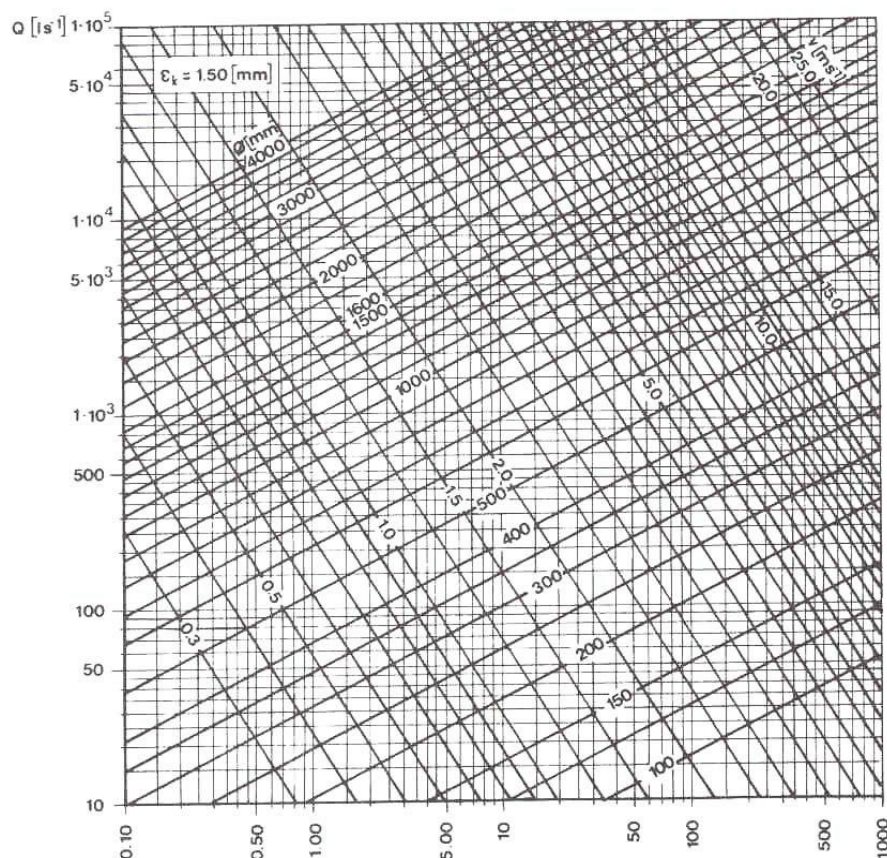
gdje je:

DN/ID - unutrašnji promjer cijevi;

$h_p$  - visina punjenja;

Gore navedena ograničenja visine punjenja cijevi kolektora vrijede u slučaju direktnog priključenja slivnika na kolektor. Visine punjenja mogu biti veće, kada se priključenje slivnika na kolektor vrši preko revizionog okna, ali u tom slučaju treba računati s uticajem zraka na režim tečenja cijevima.

U „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>8</sup>, prezentirano je dimenzioniranje cjevovoda korištenjem jednačine po Colebrook. Kao primjer, u nastavku je prikazan je nomogram hidrauličkih parametara prema formuli Colebrook – Whitea za potpuno ispunjenje kanalizacione cijevi kružnog presjeka, a čija hrapavost iznosi 1,5 mm.



**Slika 8:** Nomogram hidrauličkih parametara potpuno ispunjenih kanalizacijskih cijevi okruglog oblika profila prema formuli Colebrook – Whitea, za hrapavost od 1,5 mm

Prilikom dimenzioniranja kolektora, usvajaju se dimenzije (promjer) i nagibi kolektora tako da budu zadovoljeni projektni uvjeti za mjerodavne proticaje. Za izvođenje kolektora, najpovoljnije je kada nagib dna odgovara nagibu trase puta. U tom slučaju je dubina ukopavanja uvijek ista i može odgovarati minimalnoj dubini ukopavanja, čime se smanjuje iskop rova, a samim tim i cijena izgradnje. Ovo je moguće postići ako je nagib trase veći od minimalnog dopuštenog nagiba kanala, a manji od maksimalnog dopuštenog nagiba kanala. U slučaju kada je nagib trase manji od minimalnog dopuštenog nagiba kanala, kanal se postavlja sa minimalnim nagibom i u nizvodnom smjeru se postepeno sve više ukopava, što ima direktne posljedice na broj mjesta na kojima je potrebno predvidjeti ispuste.

U slučajevima kada je nagib trase veći od maksimalno dozvoljenih nagiba kanala, kanal se postavlja sa maksimalnim dopuštenim nagibom, a višak pada se regulira izvedbom kaskada/kaskadnih revizionih okana.

Dimenzije i druge karakteristike fabrički izrađenih cijevi su definirane brojnim standardima (ISO, EN, DIN, BAS, dr.) i preporukama. Također, svaki proizvođač cijevi raspolaže prospektima proizvodnog asortimana, gdje se mogu naći potrebni podaci o proizvedenim tipovima cijevi. Prije montaže cijevi, potrebno je izvršiti ispitivanje zbijenosti dna rova, gdje tlo na koje se ugrađuju cijevi mora imati  $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ .

## Minimalne dimenzije kolektora

Minimalne dimenzije se propisuju zbog potrebe za inspekcijom, čišćenjem i održavanjem kolektora. Preporučuje se da minimalni unutrašnji promjer (kružni profil) cijevi glavnog kolektora iznosi DN/ID 300 mm, dok se za cijevi poprečnih veza (spoj slivnika i kolektora) preporučuje minimalni unutrašnji promjer DN/ID 200 mm.

## Maksimalni i minimalni nagibi kolektora (cjevovoda)

Najmanji i najveći dopušteni nagib dna kolektora propisuje na način da brzine strujanja budu u rasponu između minimalno i maksimalno dopuštenih. Minimalni nagibi se propisuju kako bi se obezbijedila potrebna minimalna transportna sposobnost toka u cilju samoispiranja i sprečavanje taloženja materija u kolektorima. Maksimalne brzine toka (odnosno maksimalni nagibi kolektora) se propisuju kako bi se spriječilo erozija i trošenje unutrašnje stjenke materijala uslijed prevelikih brzina toka.

Za djelomično ispunjen profili kolektora, najmanja brzina tečenja ne smije biti manja od 0.4 m/s pri visini punjenja od 2 do 3 cm, dok za puni profil cijevi, najmanja brzina tečenja iznosi 0.8 m/s. Najveća brzina se ograničava na 3 m/s u punom profilu, ako je cijev skoro uvijek puna do vrha ili je dubina punjenja uvijek velika. Smatra se da ako voda stalno teče kroz kolektor ovom brzinom neće nastupiti štetno habanje. Ako se velika brzina samo povremeno ostvaruje (najčešće je slučaj da se kolektor puni do vrha samo povremeno), najveća brzina može biti i do 5 najviše 6 m/s.

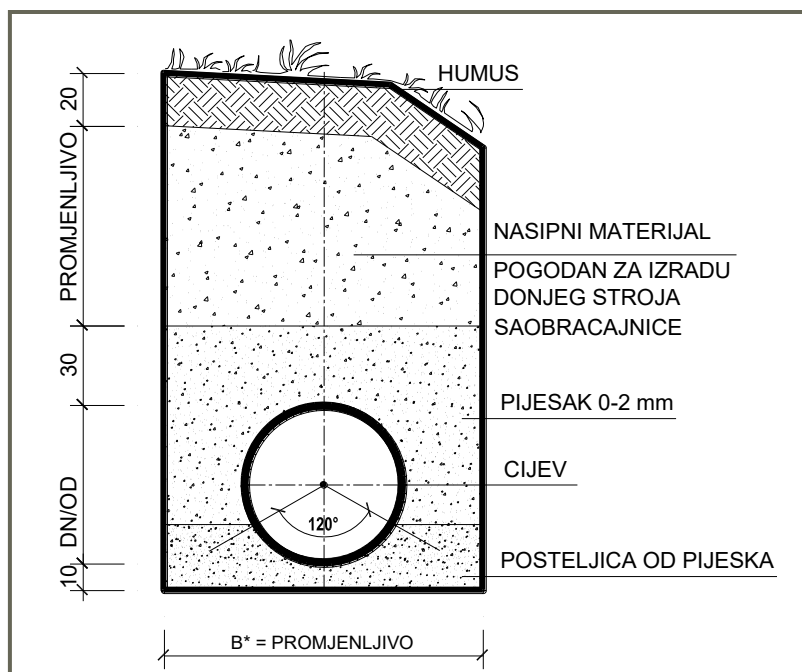
## Uvjeti za iskop rova kolektora

Minimalne širine rovova u zavisnosti od nominalnog promjera cijevi i dubine rova su propisane BAS EN 1610:2002. Nagib kosine rova ovisi od dubine rova, s tim da je za rovove dubine veće od 2,00 m obavezno predvidjeti razupiranje, te u projektnoj dokumentaciji priložiti detalj razupiranja rova sa svim karakteristikama potrebnim za izvođenje.

Minimalna dubina rova kolektora iznosi 80 cm od tjemena cijevi, kako bi se obezbijedila adekvatna zaštita cijevi, ali i spriječilo eventualno smrzavanje vode u kolektoru. Maksimalna dubina rova se ograničava zbog uvjeta iskopa i ona zavisi od karakteristika tla, visine podzemnih voda i tehnologije izgradnje. Uobičajeno se ona ograničava na oko 7 m (4-5 m u slučaju visokog nivoa podzemnih voda). Ako je iz nekih razloga potrebno da dubine rova budu veće, onda se ove dionice kolektora izvode nekom od metoda tunelske gradnje.

## Ugradnja kolektora

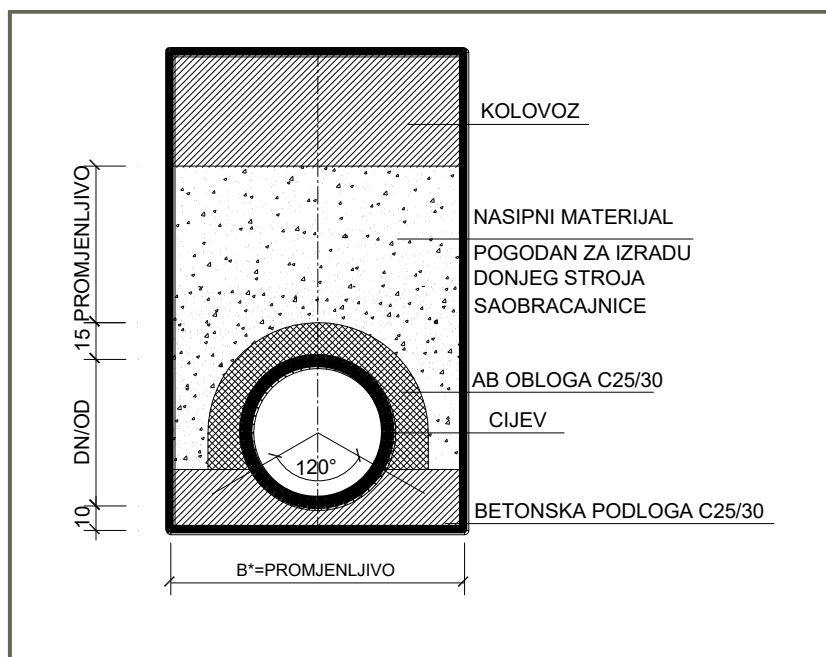
Montaža cijevi u razdjelnom i/ili bankinskom pojasu se vrši na prethodno pripremljenu pješčanu posteljicu rova debljine minimalno 10 cm.



**Slika 9:** Detalj rova u razdjelnom/bankinskom pojasu

Nakon montaže cijevi kolektora u razdjelnom/bankinskom pojasu, vrši se zasipanje cijevi slojem pijeska (granulacije 0-2 mm), debljine 30 cm iznad tjemena cijevi korištenjem ručnih nabijača za nabijanje pijeska oko cijevi, dok se ostatak rova zatrpava nasipnim materijalom pogodnim za izradu donjeg stroja saobraćajnice sa nabijanjem do potrebne zbijenosti.

Montaža cijevi kolektora koji prolazi kroz trup saobraćajnice se vrši na način da se uradi betonska podloga i AB obloga cijevi. Debljina betonske podloge iznosi 10 cm i istu je potrebno uraditi betonom klase čvrstoće C25/30.



**Slika 10:** Detalj rova u kolovozu

Armiranje betonske obloge se vrši na način da se tokom izrade betonske podloge urade ankeri na koje se nastavljaju armaturne mreže AB obloge cijevi. Nakon montaže cijevi na betonsku

podlogu i postavljanja armaturnih mreža za betonsku oblogu pristupa se betoniranju AB obloge cijevi. Debljina AB obloge iznosi oko 15 cm i istu je potrebno izvesti betonom klase čvrstoće C25/30, armaturnim mrežama Q188 i armaturnim šipkama/ankerima  $\Phi$  12 mm. Prije zatrpavanja ostatka rova, beton od kojeg je izvedena AB obloga treba da očvrstne. Zatrpavanje ostatka rova kolektora se vrši nasipnim materijalnom granulacije 0-63 mm i u slojevima od 30 cm, uz nabijanje do potrebne zbijenosti. U slučaju kada se cjelokupni rov kolektora nalazi u nasipu, prilikom iskopa rova materijal se odlaže uz ivicu rova i poslije upotrebljava za zasipanje ostatka rova do projektovane kote terena. Višak materijala se koristi za izradu nasipa trupa saobraćajnice. Ukoliko je kota dna rova kolektora ispod kote dna nasipa, odnosno ako se iskop dijela rova vrši u zemljanom materijalu, onda se prilikom iskopa rova vrši selekcija iskopanog materijala. Selekcija iskopanog materijala se vrši na način da se zemljani materijal odvozi na deponiju, a nasipni materijal odbacuje u stranu i istim vrši zatrpavanje ostatka rova. U slučaju da se tokom iskopa rova, na terenu utvrdi da ugrađeni nasipni materijal u kojem se vrši iskop rova nije odgovarajuće kvalitete, te da se ne može koristiti za zatrpavanje ostatka rova (vršenje iskopa tokom loših vremenskih uvjeta, nasip prevelike granulacije, itd), potrebno je izvršiti uklanjanje materijala, a potom i nabavku, transport i ugradnju novog nasipnog materijala odgovarajućeg kvaliteta. Sve eventualno dodatne radove i aktivnosti koje nastanu prilikom zatrpavanja rova nasipnim materijalom odgovarajućeg kvaliteta, potrebno je uključiti u iznos ponude osnovnih radova. Ukoliko se cijevi kolektora montiraju u području sa visokim nivoom podzemnih voda, u rov se postavlja geotekstil u kojem se izvodi posteljica od pijeska, montira cijev i izvodi zasipanje pijeskom oko i iznad cijevi, te se nakon toga geotekstil zatvara i vrši se zasipanje ostatka rova do kote terena. Izvođenje svih radova za izgradnju kolektora je potrebno vršiti u skladu sa zahtjevima propisanim normom BAS EN 1610:2002. Svi materijali koji se upotrebljavaju za izgradnju kolektora u kontaktu sa tekućinama koje se ulijevaju moraju biti otporni na mineralna ulja, goriva, (tj. dizel ulje), benzin, naftu, deterdžente i njihove produkte pri razlaganju ili odgovarajuće zaštićeni.

### **Ispitivanje vodonepropusnosti sistema unutrašnje odvodnje**

Obzirom da je vodonepropusnost sistema unutrašnje odvodnje jedan od osnovnih uvjeta koje sistem treba ispuniti, nakon izvršene montaže cijevi pristupa se ispitivanju vodonepropusnosti. Ispitivanje vodonepropusnosti sistema unutrašnje odvodnje se mora izvesti u svemu prema zahtjevima iz norme BAS EN 1610:2002. Bitno je napomenuti da se ispitivanje vodonepropusnosti sistema izvodi neposredno nakon ugradnje cijevi, te prije zatrpavanja cijevi, jer svi spojevi moraju biti vidljivi, kako bi se omogućila inspekcija istih.

### **CCTV inspekcija sistema unutrašnje odvodnje**

CCTV inspekcija (ispitivanje i ocjena sistema odvodnje), odnosno snimanje kolektora robot kamerom mora se vršiti nakon polaganja i zatrpavanja cijevi kolektora, ali prije ugradnje završnog sloja asfalta na dionici autoceste. Prilikom kontrole/snimanja, svi elementi sistema moraju biti očišćeni, te ukoliko se prilikom snimanja uoči da u kolektoru ima materijala, snimanje treba ponoviti nakon što se kolektor očisti kako bi se sva eventualna oštećenja, deformacije i neispravnosti na izvedenom cjevovodu mogle uočiti snimanjem i evidentirati u izvještaju.

CCTV inspekcija ne smije se vršiti brzinom većom od 15 cm/s. *Minimalna rezolucija snimke CCTV inspekcije mora biti 768x576 pixela.* Robot kamera kojom se vrši CCTV inspekcija mora posjedovati pan&tilt opciju i opciju za mjerenje stvarnog nagiba kanala. Stvarni nagib kanala

za svaku dionicu/sekciju kolektora mora biti sastavni dio izvještaja. Izvještaj CCTV inspekcije se mora proanalizirati i pregledati zajedno sa nadzornim inženjerom i ako postoje nepravilnosti koje je potrebno sanirati, odnosno ako su izvještajem evidentirani kodovi prema normi BAS EN 13508-2+A1:2012 koji opisuju neispravnosti po uvjetu vodonepropusnosti, strukturalne stabilnosti ili osiguranja funkcionalnosti koje treba sanirati. Izvođač radova je dužan sanirati sve uočene nepravilnosti u cilju postizanja kvalitete ispravnosti izvedenog cjevovoda po sva tri uvjeta. Po izvršenoj sanaciji potrebno je ispravnost saniranog cjevovoda dokazati ponovnom CCTV inspekcijom i izvještajem.

Jedinična cijena stavke uključuje kompletan potreban rad, opremu i pomoćna sredstva za izvedbu opisanog rada i završni izvještaj u hard i soft copy, izdano i ovjereno od specijalizirane firme / ispitivača koji je vršio CCTV inspekciju sukladno normi BAS EN 13508-2+A1:2012. Obračun se vrši po m' snimljenog kolektora.

CCTV inspekciju je potrebno izvesti u skladu sa svim zahtjevima i uputama navedenim u BAS EN 13508-1:2014 i BAS EN 13508-2+A1:2012.

#### **19.1.3.3. Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema unutrašnje odvodnje**

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika za: elemente sistema unutrašnje odvodnje (rigole, betonske segmentne kanale, slivnike, reviziona okna/šahlove, šaht-slivnike i kolektore), te pregled važećih normi dat je u narednoj tabeli i istih se je potrebno pridržavati tokom projektovanja i izgradnje sistema, a sve u skladu sa važećim propisima i standardima.

| ELEMENTI SISTEMA UNUTRAŠNJE ODVODNJE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| OPIS                                 | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Relevantni standardi/normativi                                 |
| <b>RIGOLI</b>                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                |
| Lokacija                             | - Uz ivicu kolovoza preticajne ili zaustavne trake autoceste;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                |
| Dimenzije i osnovni uvjeti           | - Dimenzije rigola je potrebno odrediti u skladu sa hidrauličkim proračunom;<br>- Poprečni nagib rigola 10-20%;<br>- Uzdužni nagib rigola identičan kao uzdužni nagib kolovoza, ali ne smije biti manji od 0,5 %;                                                                                                                                                                                                                   |                                                                |
| Materijali                           | - Beton C35/45, XC4/XD3/XF4 <sup>11</sup> ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | BAS EN 1433:2005<br>BAS EN 1433/A1:2010                        |
| Tip izvedbe                          | - Monolitno trimerom;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                |
| Održavanje                           | - Održavanje vršiti paralelno sa održavanjem sistema unutrašnje odvodnje ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |
| <b>BETONSKI SEGMENTNI KANALI</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                |
| Lokacija                             | - U razdjelnom pojasu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                |
| Dimenzije i osnovni uvjeti           | - Minimalna širina betonskog segmentnog kanala 80cm, dubine 20 cm;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                |
| Materijali                           | - Beton C35/45, XC4/XD3/XF4 <sup>11</sup> ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | BAS EN 1433:2005<br>BAS EN 1433/A1:2010                        |
| Tip izvedbe                          | - Montažno ili monolitno trimerom.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                |
| Održavanje                           | - Održavanje vršiti paralelno sa održavanjem sistema unutrašnje odvodnje;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                |
| <b>SLIVNICI</b>                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                |
| Lokacija                             | - U rigolu i/ili betonskom segmentnom kanalu;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                |
| Dimenzije i osnovni uvjeti           | - Slivnik unutrašnjeg promjera DN/ID 400 mm, minimalna dubina taložnice 100 cm;<br>- Slivnik unutrašnjeg promjera DN/ID 500 mm, minimalna dubina taložnice 50 cm;<br>- Preporučuje se unutrašnji promjer slivničke kace DN/ID 500 mm zbog jednostavnijeg održavanja slivnika i priključka slivnika na kolektor;<br>- Minimalni unutrašnji promjer cijevi za priključne cijevi je DN/ID 200 mm, tjemene krutosti $SN \geq 8KN/m^2$ . |                                                                |
|                                      | - Minimalno jedan slivnik na 400 m <sup>2</sup> ;<br><b>Maksimalni razmak slivnika iznosi:</b><br>- 25 m - za uzdužni nagib kolovoza >1 %;<br>- 10.0 m - za poprečni nagib 2.5%, a uzdužni 0.5 %;<br>- 4.0 m na mjestima promjene nagiba (vitoperenje) kolovoza.                                                                                                                                                                    |                                                                |
| Materijali                           | - Slivna kaca: termoplastični (Polipropilen - PP) i duroplastični (poliester ojačan sa staklenim vlaknima- GRP);                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | BAS EN 476:2012<br>BAS EN 13598-2:2010<br>BAS EN 15383+A1:2014 |

---

<sup>11</sup> Građevinski proizvodi koji se ugrađuju u betonske konstrukcije moraju biti projektovani i izvedeni u skladu sa važećom zakonskom legislativom. Trenutno ovu oblast uređuje: Pravilnik o tehničkim propisima za građevinske proizvode koji se ugrađuju u betonske konstrukcije ("Službene novine FBiH" br. 86/08)

| ELEMENTI SISTEMA UNUTRAŠNJE ODVODNJE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                 | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Relevantni standardi/ normativi                                                                                                                                             |
|                                      | - Završetak slivne kace: Armirano-betonski prstenovi;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DIN 4052-10a, DIN 4052-10b i DIN 4052-11.                                                                                                                                   |
|                                      | - Slivnička rešetka: nodularni lijev (ductil iron), klase nosivosti DN 400 kN, sa saobraćajnim zaključavanjem, te dodatnim zaključavanjem protiv krađe;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | BAS EN 124: 2002/ DIN 1229,                                                                                                                                                 |
|                                      | - Priključni materijal (koljena, spojnice, sedla, priključni adapteri, cijevi) od polipropilena - PP, polivinil-hlorida - PVC i armiranog poliestera - GRP; Svi spojni elementi slivnika (brtve, spojnice, sedla, koljena, cijevi za priključak itd) moraju biti od istog proizvođača, te moraju obezbijediti vodonepropusnost na mjestu spoja.<br>Svi materijali koji se upotrebljavaju za izradu slivnika, a koji su u kontaktu sa tekućinama koje se ulijevaju moraju biti otporni na mineralna ulja, goriva, (tj. dizel ulje), benzin, naftu, deterdžente i njihove produkte pri razlaganju ili odgovarajuće zaštićeni. | BAS EN 1852-1:2010<br>BAS EN 1401-1:2010<br>BAS EN 14364:2014<br>BAS EN 12666-1+A1:2012<br>BAS EN 13476-1:2009<br>BAS EN 14457:2008;<br>BAS EN ISO 9969:2010;<br>DIN 4262-1 |
| Tip izvedbe                          | - Svi dijelovi slivnika (slivna kaca, AB prstenovi i rešetka) se ugrađuju montažno.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                             |
| Održavanje                           | - Svi dijelovi slivnika moraju biti u svakom trenutku dostupni i redovno održavani;<br>- Održavanje sistema unutrašnje odvodnje se mora vršiti najmanje svakih šest mjeseci i to u svemu prema uputstvu za čišćenje i održavanja sistema;<br>- Čišćenje i ispiranje sistema se vrši sa vakum pumpom pritiska 1-2 bara;                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku                                                                           |
| ŠAHT-SLIVNICI (ŠS)                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                             |
| Lokacija                             | - Šaht-slivničke rešetke neposredno uz rigol u zasebnom istaku sa horizontalnim dnom od istog materijala kao i rigol;<br>- Na početku i spoju dionice kolektora;<br>- Na mjestima promjene promjera cijevi kolektora;<br>- Kod promjene uzdužnog nagiba kolektora;<br>- Na mjestima skretanja kolektora;<br>- Na pravolinijskim dionicama na rastojanjima $\leq 25m$ (može i u kombinaciji sa slivnicima da bude manje od 25m, ali uvažavajući uslov da na minimalno svakih 60m mora biti element ili RO ili ŠS, bez obzira na kombinovanje sa slivnicima)                                                                  |                                                                                                                                                                             |

| ELEMENTI SISTEMA UNUTRAŠNJE ODVODNJE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| OPIS                                 | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Relevantni standardi/normativi                                 |
| Dimenzije i osnovni uvjeti           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Šaht-Slivnik unutrašnjeg promjera:<br/>Za cijevi promjera do DN/ID 600 mm: minimalni unutrašnji promjer ŠS DN/ID 1000*;<br/>Za cijevi promjera <math>\geq 600</math> mm: minimalni unutrašnji promjer ŠS DN/ID 1200 mm za kružni poprečni presjek ŠS.</li> <li>- minimalna dubina taložnice 50 cm;</li> <li>- ugrađuje se kao i RO, direktno spojeno na kolektor sa rešetkom u istaku na kontaktu rigola radi prihvata oborina u kolektor.</li> </ul> |                                                                |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimalno jedan šaht-slivnik na 400 m<sup>2</sup>;</li> <li>- <b>Maksimalni razmak Šaht-slivnika iznosi:</b></li> <li>- 25 m - za uzdužni nagib kolovoza <math>&gt;1</math> %;</li> <li>- 10.0 m - za poprečni nagib 2.5%, a uzdužni 0.5 %;</li> <li>- 4.0 m na mjestima promjene nagiba (vitoperenje) kolovoza.</li> <li>- navedeni razmaci uobziruju i Slivnike i Šaht-slivnike i svaku njihovu kombinaciju.</li> </ul>                             |                                                                |
| Materijali                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Šaht-slivnici trebaju biti izrađeni od materijala koji su nabrojani kako slijedi:</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |
|                                      | Termoplastični (polipropilen - PP) i Duroplastični materijali (armirani poliester - GRP).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | BAS EN 476:2012<br>BAS EN 13598-2:2010<br>BAS EN 15383+A1:2014 |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Završetak šaht-slivnika Armirano- betonski prstenovi ili AB konusni završetak;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | DIN 4052-10a, DIN 4052-10b i DIN 4052-11.                      |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rešetka/poklopac šaht-slivnika u saobraćajnici: ductil iron, klase nosivosti DN 400 kN sa saobraćajnim zaključavanjem, te dodatnim zaključavanjem protiv krađe;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                            | BAS EN 124:2002/<br>DIN 1229,                                  |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inox penjalice za pristup šaht-slivniku.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | BAS EN 14396:2008                                              |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Za šaht-slivnik od termoplastičnih (polipropilen - PP) i duroplastičnih materijala (armirani poliester - GRP) taložnica se izvodi od istog materijala kao i ŠS;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                |

| ELEMENTI SISTEMA UNUTRAŠNJE ODVODNJE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                 | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Relevantni standardi/ normativi                                                                                                                                                                                                                |
|                                      | <p>Svi spojni elementi šaht-slivnika (brtve, spojnice, itd) moraju biti od istog proizvođača, te moraju obezbijediti vodonepropusnost na mjestu spoja.</p> <p>Svi materijali koji se upotrebljavaju za izradu šaht-slivnika, a koji su u kontaktu sa tekućinama koje se ulijevaju moraju biti otporni na mineralna ulja, goriva, (tj. dizel ulje), benzin, naftu, deterdžente i njihove produkte pri razlaganju ili odgovarajuće zaštićeni.</p> | <p>BAS EN 1852-1:2010</p> <p>BAS EN 1401-1:2010</p> <p>BAS EN 14364:2014 (EN 4364:2006+A1:2008)</p> <p>BAS EN 12666-1+A1:2012 (BAS EN ISO 9969:2010)</p> <p>BAS EN 13476-1:2009</p> <p>BAS EN 14457:2008; BAS EN ISO 9969:2010; DIN 4262-1</p> |
| Tip izvedbe                          | - Svi dijelovi šaht-slivnika (tijelo, AB prstenovi i rešetka) se ugrađuju montažno.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Održavanje                           | <p>- Svi dijelovi šaht-slivnika moraju biti u svakom trenutku dostupni i redovno održavani;</p> <p>- Održavanje sistema unutrašnje odvodnje se mora vršiti najmanje svakih šest mjeseci i to u svemu prema uputstvu za čišćenje i održavanja sistema;</p> <p>Čišćenje i ispiranje sistema se vrši sa vakum pumpom pritiska 1-2 bara;</p>                                                                                                        | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku                                                                                                                                              |
| REVIZIONA OKNA/ ŠAHTOVI              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Lokacija                             | <p>- Na početku i spoju dionice kolektora;</p> <p>- Na mjestima promjene promjera cijevi kolektora;</p> <p>- Kod promjene uzdužnog nagiba kolektora;</p> <p>- Na mjestima skretanja kolektora;</p> <p>- Na pravolinijskim dionicama na rastojanjima ≤60m (za RO);</p>                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dimenzije                            | <p>- Za cijevi promjera do DN/ID 600 mm: minimalni unutrašnji promjer RO DN/ID 1000*;</p> <p>- Za cijevi promjera ≥ 600 mm: minimalni unutrašnji promjer RO DN/ID 1200 mm za kružni poprečni presjek RO.</p>                                                                                                                                                                                                                                    | BAS EN 752: 2010                                                                                                                                                                                                                               |
| Materijali                           | - Reviziona okna (šahtovi) i trebaju biti izrađeni od materijala koji su nabrojani kako slijedi:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                      | <p>a) Termoplastični (polipropilen - PP) i</p> <p>b) Duroplastični materijali (armirani poliestar - GRP).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>BAS EN 476:2012</p> <p>BAS EN 13598-2:2010</p> <p>BAS EN 15383+A1:2014</p>                                                                                                                                                                  |

| ELEMENTI SISTEMA UNUTRAŠNJE ODVODNJE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                 | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Relevantni standardi/ normativi                                                                                                                                                                                           |
|                                      | c) Armirani beton za reviziono okna koja se nalaze u kolovozu (saobraćajne površine centra za održavanje i upravljanje, plato i saobraćajne površine naplatnih mjesta, odmorišta, petlje, itd) klase čvrstoće C30/37;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | BAS EN 1917:2007<br>BAS EN 1917/Cor2:2010                                                                                                                                                                                 |
|                                      | - Završetak revizionog okna Armirano- betonski prstenovi ili AB konusni završetak;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DIN 4052-10a, DIN 4052-10b i DIN 4052-11.                                                                                                                                                                                 |
|                                      | - Poklopac RO u saobraćajnici: ductil iron, klase nosivosti DN 400 kN sa saobraćajnim zaključavanjem, te dodatnim zaključavanjem protiv krađe;<br>- Poklopac RO u zelenim površinama i izvan uticaja saobraćajnog opterećenja: AB poklopac sa ručkom za otvaranje.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | BAS EN 124:2002/<br>DIN 1229,                                                                                                                                                                                             |
|                                      | - Inox penjalice za pristup RO.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | BAS EN 14396:2008                                                                                                                                                                                                         |
|                                      | - Za RO od termoplastičnih (polipropilen - PP) i duroplastičnih materijala (armirani poliester - GRP) kineta se izvodi od istog materijala kao i RO;<br>- Za RO od armiranog betona, kineta se izvodi od betona C30/37.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                           |
|                                      | - Priključni materijal (koljena, spojnice, sedla, priključni adapteri, cijevi) od polipropilena - PP, polivinil-hlorida - PVC i armiranog poliestera –GRP; Svi spojni elementi revizionog okna (brtve, spojnice, sedla, koljena, itd.) moraju biti od istog proizvođača, te moraju obezbijediti vodonepropusnost na mjestu spoja.<br>Svi materijali koji se upotrebljavaju za izgradnju slivnika, a koji su u kontaktu sa tekućinama koje se ulijevaju moraju biti otporni na mineralna ulja, goriva, (tj. dizel ulje), benzin, naftu, deterdžente i njihove produkte pri razlaganju ili odgovarajuće zaštićeni. | BAS EN 1852-1:2010<br>BAS EN 1401-1:2010<br>BAS EN 14364:2014 (EN 4364:2006+A1:2008)<br>BAS EN 12666-1+A1:2012 (BAS EN ISO 9969:2010)<br>BAS EN 13476-1:2009<br>BAS EN 14457:2008;<br>BAS EN ISO 9969:2010;<br>DIN 4262-1 |
| Tip izvedbe                          | - Svi dijelovi revizionog okna se ugrađuju montažno.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                           |
| Održavanje                           | - Svi dijelovi revizionog okna moraju biti u svakom trenutku dostupni i redovno se održavati;<br>- Obzirom da se reviziono okna nalaze na kolektoru sistema unutrašnje odvodnje, održavanje i čišćenje se vrši zajedno sa održavanjem i čišćenjem kolektora.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku                                                                                                                         |

| ELEMENTI SISTEMA UNUTRAŠNJE ODVODNJE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| OPIS                                 | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Relevantni standardi/ normativi |
| <b>KOLEKTORI</b>                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                 |
| Lokacija                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Razdjelni pojas;</li> <li>- Bankina;</li> <li>- Trup autoceste (poprečno spajanje kolektora).</li> </ul>                                                                                                                                                     |                                 |
| Dimenzije                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Promjer cijevi se određuje hidrauličkim proračunom, dok se preporučuju minimalni promjeri cijevi:</li> <li>- Minimalni unutrašnji promjer cijevi DN/ID 300 mm;</li> <li>- Minimalni unutrašnji promjer cijevi DN/ID 200 mm za priključne vodove ;</li> </ul> |                                 |
| Materijali                           | Kolektori trebaju biti izrađeni od sljedećih materijala:                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |
|                                      | a) Termoplastični materijali ( $SN \geq 8 \text{ KN/m}^2$ )<br>✓ korugirani polipropilen - PP;                                                                                                                                                                                                        | BAS EN 1852-1:2010              |
|                                      | ✓ polivinil hlorid –PVC (puna stijenka);                                                                                                                                                                                                                                                              | BAS EN 1401-1:2009              |
|                                      | b) Duroplastični materijali<br>✓ poliesterske cijevi armirane staklenim vlaknima – GRP, $SN \geq 5000$ ).<br><br>Svi spojni elementi kolektora (brtve, spojnice, itd.) moraju biti od istog proizvođača i kvalitete kao cijevi kolektora, te moraju obezbijediti vodonepropusnost na mjestu spoja.    | BAS EN 14364:2014               |

| ELEMENTI SISTEMA UNUTRAŠNJE ODVODNJE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| OPIS                                 | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Relevantni standardi/normativi                |
| Montaža cijevi                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Montažu cijevi je potrebno vršiti u prethodno nabijanom rovu i pripremljenoj posteljici od pijeska;</li> <li>- Minimalna širina rova u zavisnosti od promjera cijevi i dubine ukopavanja;</li> <li>- Montažu cijevi vršiti prema uputama proizvođača;</li> <li>- <u>Za cijevi koje se ugrađuju u razdjelnom i bankinskom pojasu:</u></li> <li>- Montaža se vrši na sloj pijeska minimalnog sloja debljina 10 cm;</li> <li>- Iznad i oko cijevi se vrši zasipanje pijeskom, debljine 30 cm iznad tjemena cijevi i granulacije 0-2 mm ;</li> <li>- Zatrpavanje ostatka rova se vrši probranim materijalom iz iskopa, granulacije 0-63 mm u slojevima po 30 cm, sa nabijanjem;</li> <li>- <u>Za cijevi koje se ugrađuju u trupu saobraćainice:</u></li> <li>- Montaža se vrši na betonsku podlogu debljine 10 cm;</li> <li>- Nakon montaže cijevi izvodi se AB obloga oko cijevi debljine do 15 cm;</li> <li>- Karakteristike materijala za betonsku podlogu i AB oblogu oko cijevi: beton C25/30 i armatura Q188;</li> <li>- Zatrpavanje ostatka rova nasipnim materijalom iz iskopa se može vršiti tek nakon što beton dosegne čvrstoću od 60% od ukupne zahtijevane čvrstoće betona;</li> <li>- Završni sloj mora imati stepen zbijenosti koji se zahtijeva za posteljicu nasipa (<math>E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2</math>).</li> </ul> | BAS EN 1610:2002                              |
| Kvaliteta izvedenih radova           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prije zatrpavanje cijevi potrebno je izvršiti ispitivanje vodonepropusnosti sistema. Ispitivanje se može vršiti vodom ili zrakom;</li> <li>- Ispitivanje vodonepropusnosti sistema vrši se nakon izvršenih svih priključaka, kako bi se cjelokupni sistem ispitao na vodonepropusnost (slivnici, priključne veze, kolektor i RO);</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | BAS EN 1610:2002                              |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CCTV inspekcija završenih radova;</li> <li>- Prije CCTV inspekcije potrebno je izvršiti čišćenje i ispiranje cjevovoda pod pritiskom od min. 150 bara (pritisak mlaznice);</li> <li>- CCTV inspekcija se vrši za cjelokupan sistem unutrašnje odvodnje (slivnici, priključne veze, sekundarni kolektori, glavni kolektor i RO);</li> <li>- CCTV inspekciju na autocesti je potrebno izvršiti nakon završenih radova koji se obavljaju u neposrednoj blizini kolektora (ugradnja zaštitne ograde, temelji rasvjetnih stubova, portala i sl.), ali prije izrade završnog sloj asfalta;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | BAS EN 13508-1:2014<br>BAS EN 13508-2+A1:2012 |

| ELEMENTI SISTEMA UNUTRAŠNJE ODVODNJE                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                                                                                                                                                                                                                              | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Relevantni standardi/normativi                                                                    |
| Održavanje                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Svi dijelovi koji se održavaju moraju biti u svakom trenutku dostupni;</li> <li>- Kvalitet cijevnog materijala treba osigurati postojanost kod ispiranja pod pritiskom od min. 150 bara (pritisak mlaznice);</li> <li>- Održavanje je potrebno vršiti u skladu sa upustvom za čišćenje i održavanje oborinskih kolektora;</li> <li>- Održavanje sistema unutrašnje odvodnje se mora vršiti najmanje svakih šest mjeseci i to u svemu prema upustvu za čišćenje i održavanja sistema.</li> </ul> | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku |
| <p><i>*Navedeni minimalni promjer revizionog okna se ne odnosi na okno za monitoring. Dimenzije okna za monitoring se određuju na osnovu vodoprivrednih uvjeta, odnosno važeće zakonske legislative kojom se uređuje oblast zaštite voda.</i></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                   |

Tabela 3: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema unutrašnje odvodnje i pregled važećih normativa

#### 19.1.4. Plitke i duboke drenaže

Plitke i/ili duboke drenaže služe za prikupljanje i odvođenje procjernih voda ili dreniranje autoceste. Plitkim ili podrigolskim drenažama se vrši dreniranje trupa autoceste i iste su smještene ispod rigola, dok se dubokim drenažama vrši prikupljanje procjernih voda sa škarpi i okolnog terena uz trasu autoceste. Zbog položaja plitkih i dubokih drenaža, u većini slučajeva plitke drenaže se ispuštaju u sistem unutrašnje odvodnje, dok se duboke drenaže ispuštaju u kanale, propuste ili vodotoke.

Odvodnja vode drenažama sprečava doticanje vode u trup saobraćajnice i obezbjeđuje odvodnju i sniženje nivoa podzemne vode. Tako se ubrzava konsolidacija, stabilizacija i poboljšava nosivost jako stišljivog, malo propusnog i slabo nosivog koherentnog tla. Dreniranje vode iz trupa ceste se obezbjeđuje drenažama i pratećim objektima koji su povezani sa drenažama.

Za dreniranje trupa ceste se upotrebljavaju:

- Plitke, duboke, uzdužne i poprečne drenaže;
- Vertikalne drenaže i drenažne bušotine.

Nakon iskopa rova, plitke i duboke uzdužne i poprečne drenaže treba ugraditi na sloju od podložnog betona. Dimenzioniranje drenažnih kolektora je potrebno uraditi u skladu sa hidrauličkim proračunom, s tim da unutrašnji promjer cijevi ne bude manji od DN/ID 200 mm. Razlog usvajanja minimalnog unutrašnjeg promjera cijevi DN/ID 200 mm je zbog lakšeg i jednostavnijeg održavanja, te inspekcije drenažnog kolektora tokom eksploatacije autoceste. Hidraulički proračun drenažnog kolektora je potrebno izvršiti na osnovu hidroloških podataka, te na osnovu karakteristika tla (vodopropusnost, geomehničke karakteristike itd.) iz kojeg se voda prikuplja.

U fazi izrade projektnog rješenja za drenažne sisteme, potrebno je dostaviti sve adekvatne detalje kako bi se neometano mogli izvoditi radovi (situativni prikaz sa rasporedom revizionih okana i ispusta, uzdužni profil, poprečni profili, detalj rova, detalj revizionog okna, detalj ispusta itd). Također tokom izrade projektnog rješenja potrebno je predvidjeti revizona okna na maksimalnom razmaku od 60 m, te adekvatno riješiti ispuštanje vode iz drenažnog kolektora u recipijente.

#### **19.1.4.1. Plitke (podrigolske) drenaže**

Podrigolske drenaže služe za prihvatanje vode iz trupa autoceste za slučaj poprečnog nagiba kolovoza prema razdjelnom pojasu. Shodno tome, plitke drenaže se postavljaju ispod rigola koji se nalazi uz centralni (razdjelni) pojas autoceste. U slučaju poprečnog nagiba kolovoza prema bankini voda sa podtla se slobodno procjeđuje kroz nasip, te nije potrebna podrigolska drenaža.

Projektno rješenje podrigolske drenaže je potrebno koncipirati tako da se ispuštanje vode iz drenažnih cijevi vrši neovisno ili preko sistema vanjske ili unutrašnje odvodnje. Kako bi se obezbijedilo adekvatno dreniranje posteljice saobraćajnice, završna kota posteljice saobraćajnice mora biti u nivou perforacija drenažne cijevi,.

#### **19.1.4.2. Duboke drenaže**

Duboke drenaže služe za sprečavanje procjeđivanja vode u trup autoceste na područjima gdje trasa autoceste prolazi kroz usjeke i duboke zasjeke, odvodnjavanje, te sniženje nivoa podzemne vode.

Ukoliko se u konkretnom slučaju ispuštanje drenažnih voda vrši u sistem unutrašnje ili vanjske odvodnje, veoma je bitno voditi računa o stvarnoj dubini drenaže. Stvarna dubina drenaže se određuje tokom izvođenja zemljanih radova, a u zavisnosti od dubine iskopa u lošem materijalu (ukoliko je ista veća u odnosu na projektovanu).

Generalno, za svaku zamjenu podtla i/ili druge izmjene unutar trupa autoceste, potrebno je uraditi analizu uticaja izmjene na drenažni sistem i na taj način utvrditi da li je potrebno izvršiti korekcije projektovanog rješenja.

#### **19.1.4.3. Materijali za plitke i duboke drenaže**

U „Smjernicama iz 2005. godine“ obrađeni su materijali koji se upotrebljavaju za dreniranje trupa autoceste, kao i kvalitet materijala koji se treba zadovoljiti prije i tokom ugradnje. U nastavku ovog dokumenta prezentirati će se osnovne karakteristike cijevnog materijala koje je potrebno upotrebljavati za izradu drenažnih kolektora, dok se karakteristike materijala za podložne slojeve i filterski materijal trebaju koristiti u skladu sa uvjetima i zahtjevima propisanim u „Smjernicama iz 2005 godine“.

Za izradu drenažnih kolektora je potrebno upotrebljavati cijevi od termoplastičnih materijala (Poliprolipen - PP, polietilen - PE), a nikako od cijevi iz cementnog betona za koje je potrebno znatno duže vrijeme ugradnje u odnosu na cijevi od termoplastičnih materijala, te je broj spojeva znatno veći.

Presjek cijevi za drenaže treba biti kružni. Cijevi moraju biti perforirane. Drenažne cijevi od termoplastičnih materijala moraju odgovarati zahtjevima za:

- Dimenzije: promjer cijevi i debljina stijenke (zida);
- Masu;
- Raspored i površinu drenažnih otvora za vodu (propusna moć drenaže);
- Krutost.

Kvaliteta cijevi i fazonskih komada od termoplastičnih materijala za drenaže mora odgovarati zahtjevima DIN 4262-1. Za sve drenažne cijevi i fazonske komade od termoplastičnih materijala, moraju se u tehničkoj dokumentaciji navesti sljedeći podaci:

- Promjer cijevi;
- Tip perforacije;
- Kategorija cijevi u zavisnosti od zahtijevane tjemene krutosti.

#### **19.1.5. Sistemi za prečišćavanje oborinskih voda sa kolovoza/sistemi vodozaštite**

Onečišćene vode koje dotiču sa kolovoza i okolnog terena, imaju velike vremenske oscilacije u registriranim količinama, ali i u stepenu onečišćenja.

Dosadašnja istraživanja ukazuju na prisustvo sljedećeg onečišćenja u oborinskim vodama sa kolovoza:

- Organska onečišćenja, iskazana kao petodnevna biohemijska potrošnja kiseonika (BPK5), prisutna su u niskim koncentracijama kod oticaja sa saobraćajnicama, ali njihova koncentracija može biti povišena ukoliko se radi o oticaju sa zelenih površina;
- Suspendovane materije se smatraju najviše izraženim onečišćenjem u oborinskim vodama, jer mogu biti prisutne u značajnim koncentracijama;
- Teški metali, kao što su bakar, olovo, kadmijum, nikl, hrom i cink su prisutni u oborinskim vodama sa saobraćajnicama u širokom opsegu koncentracija, njihova koncentracija pokazuje dobru korelaciju sa koncentracijom suspendovanih materija, a prvenstveno zavisi od intenziteta saobraćaja;
- Ulja i masti su prisutna u oborinskim vodama sa kolovoza i njihovo prisustvo je pokazatelj akcidentnog onečišćenja (curenje ulja i goriva iz motornih vozila, akcidentnog izlivanja i sl.);

Ispitivanja su ukazala također i da koncentracija onečišćenja u oborinskim vodama na kolovozu, u većini slučajeva je najveća na početku kiše (prvo spiranje – first flush). Kako jedan dio onečišćenja nastaje kao rezultat taloženja čestica iz zraka, kvalitet oborinskih voda može zavisiti i od vremenskog perioda između dvije oborinske epizode, ili ukupnog vremena bez oborine tokom razmatranog perioda.

Za ispuštanje oborinskih voda sa autoceste potrebno je obezbijediti vodne uvjete od nadležnog vodoprivrednog organa (nadležne agencije za vode). U zavisnosti od zahtjeva zakonske regulative iz oblasti voda, projektuju se rješenje sistema prečišćavanja oborinskih voda.

U „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>12</sup> navedeni su osnovni zahtjevi i uvjeti koji se odnose na zaštitu vode i tla. Mjere zaštite koje služe za ograničavanje i sprečavanje direktnog uticaja saobraćaja na kvalitet vodnih resursa se zasnivaju na hidrološkim osnovama i procjeni osjetljivosti područja.

---

12 Knjiga I – Projektovanje, Dio 1: Projektovanje puteva, Poglavlje 6: Put i životna sredina

Razvojem i izgradnjom cestovne infrastrukture na području FBiH u proteklom periodu, došlo je povećanja broja izvora onečišćenja sa kolovoza pod utjecajem različitih faktora kao što su: karakteristike prometa, atmosferski talog, lokalni uvjeti sliva (korištenje zemljišta, površina autoceste, način održavanja i sl.), te incidentne tekućine. Imajući u vidu navedeno, ukazala se potreba za uvođenjem novog, sveobuhvatnog pristupa, kako bi se povećao doprinos u smislu dugoročne zaštite voda i okoliša<sup>13</sup>.

Zahtijevani kvalitet vode koja se ispušta sa kolovoza u recipijente zavisi od lokalnih uvjeta<sup>14</sup>. Ukoliko se predviđa ispuštanje oborinskih voda sa autoceste u sistem javne kanalizacije, potrebno je pribaviti uvjete za ispuštanje od nadležnog javnog komunalnog preduzeća koje upravlja istim.

#### **19.1.5.1. Elementi sistema vodozaštite**

Generalno, imajući u vidu potrebu da se na odgovarajući način zaštiti područje kroz koje prolazi cestovna infrastruktura, potrebno je predvidjeti odgovarajući sistem vodozaštite sa krajnjim ciljem smanjenja onečišćenja i očuvanja vodnih i o vodi ovisnih ekosistema.

Elementi sistema vodozaštite su:

- Ulazno ili razdjelno okno;
- Rezervoar za prihvatanje incidentne tekućine;
- Separator ulja i masti i/ili lagune, te
- Okno za monitoring

#### **Ulazno ili razdjelno okno**

Sve vode iz unutrašnjeg sistema odvodnje se odводе do revizionog ili razdjelnog okna, te se potom distribuiraju prema separatoru ulja i masti i/ili rezervoaru za prihvatanje incidentne tekućine. Dimenzioniranje i odabir materijala revizionog/razdjelnog okna je potrebno izvršiti u svemu prema zahtjevima i uputama prezentiranih u poglavlju: „**Reviziona okna/šahтови**“, ovog dokumenta.

#### **Rezervoar za prihvatanje incidentne tekućine**

U zavisnosti od uvjeta i zahtjeva za ispuštanje oborinskih voda sa autoceste, izdatih od strane nadležnog vodoprivrednog organa, kao i mogućnosti pojave incidentnog onečišćenja, potrebno je predvidjeti rezervoar za prihvatanje incidentne tekućine. Prilikom dimenzioniranja rezervoara, potrebno je osigurati raspoloživi rezervoarski prostor kapaciteta od minimalno 20 m<sup>3</sup> za slučaj pojave incidentnog opterećenja. Rezervoar za prihvatanje incidentne tekućine se mora dimenzionirati tako da tokom ugradnje i eksploatacije izdrži sva opterećenja kojima može biti izložen, bez gubitaka svoje funkcije i štete po okolinu.

13 U zavisnosti od hidrogeoloških karakteristika terena i stepena osjetljivosti područja, potrebno je proračunati Q<sub>krit</sub> i na osnovu njega usvojiti optimalni nivo zaštite voda i okoliša. Dodatno, potrebno je uzeti u obzir i mogućnost pojave incidentnih situacija, te shodno tome, uspostaviti odgovarajući sistem vodozaštite u konkretnom slučaju.

14 Uredba o uvjetima za ispuštanje otpadnih voda u prirodne recipijente i sistem javne kanalizacije (Službene Novine FBiH 04/12) trenutno propisuje uvjete za ispuštanje otpadnih voda u okoliš

Također, područje oko rezervoara se mora obezbijediti od mogućeg plavljenja (nošenja vodom) kada je prazan. U fazi projektovanja rezervoara za prihvatanje incidentne tekućine, potrebno je uraditi sve potrebne proračune, te u okviru projektne dokumentacije dostaviti detalje za izvođenje.

## **Separatori**

Ulje, benzin, plinsko ulje, maziva, loživo ulje i neke druge tvari imaju nižu specifičnu težinu od vode. Tu osobinu koristi separator ulja i masti koji pomoću gravitacije gore navedene tekućine odvaja od vode. Svrha separatora ulja i masti jeste da izdvoje sve lake tekućine, tj. ulja i masti, te spriječi ispuštanje istih u okoliš. Važećom zakonskom regulativom<sup>14</sup> propisani su uvjeti koji se moraju zadovoljiti prije ispuštanja otpadnih voda u okoliš.

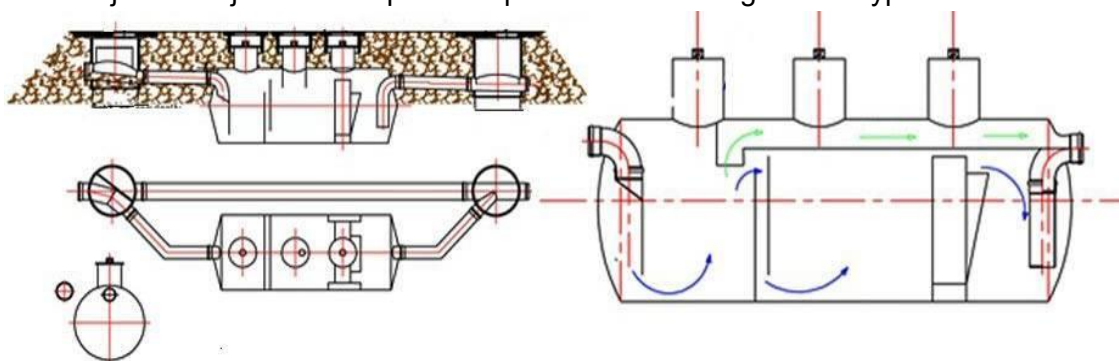
U zavisnosti od vodoprivrednih uvjeta, separatori ulja i masti koji se ugrađuju mogu biti:

- Separatori sa neintegriranim bypass-om
- Separatori bez bypass-a

### **Separatori sa neintegriranim bypass-om**

Separatori sa neintegriranim bypass-om (Slika 11) se koriste se za tretman atmosferskih voda u umjereno osjetljivim područjima (izvan zona visokog rizika). Na taj način se obezbjeđuje da se prvi talas zaprljane vode uvodi u separator, a ostala količina padavina sa ispirne površine prevodi preko bypass-a. Ovakvim radom uređaja, postiže se optimizacija kapaciteta uređaja i značajno smanjuju troškovi ukupnih investicija.

Na narednoj slici dat je šematski prikaz separatora sa neintegriranim bypass-om.

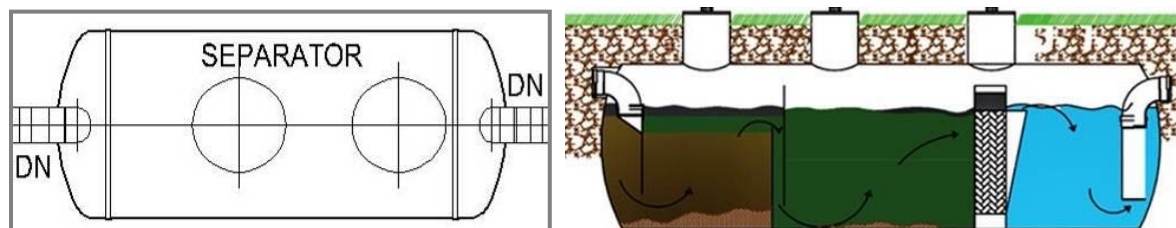


**Slika 11:** Šematski prikaz separatora sa neintegriranim bypass-om

## Separatori bez bypass a

Separatori bez bypass-a (Slika 12) se koriste se za tretman oborinskih voda na područjima gdje voda koja se ispušta mora biti prečišćena u potpunosti. Lokacije ugradnje separatora bez bypass-a su sljedeće:

- Zone sanitarne zaštite;
- Zaštićena područja;



**Slika 12:** Šematski prikaz separatora bez bypass a

## Projektovanje i ugradnja separatora

Određivanja kapaciteta separatora se vrši u fazi projektovanja, na osnovu količine oborinske vode koja dotiče u separator (prilikom hidrauličkog proračuna kolektora) i zahtijevanog stepena prečišćavanja. Sa statičkog aspekta, separator se mora dimenzionirati tako da tokom ugradnje i eksploatacije izdrži sva opterećenja kojima može biti izložen bez gubitaka svoje funkcije i štete po okolinu. Područje oko separatora se mora obezbijediti od mogućeg plavljenja (nošenja vodom) kada je prazan.

Konstruktivska stabilnost separatora mora biti obezbijeđena u skladu s važećim normativima i standardima, te u skladu sa uputama propisanim europskom normom EN 858-1:2005. Separator treba da ima opremu kojom se osigurava adekvatno prečišćavanje vode, te pravilan rad separatora.

U opremu separatora se ubraja:

- Koalescentni filter kojim se vrši separacija lakih naftnih derivata (razdvajanje vode i uljnih tekućina);
- Uređaj za zatvaranje koji osigurava da sakupljena tekućina ne prođe na izlaz separatora. Uređaji za automatsko zatvaranje koji rade sa plovkom moraju biti podešeni i označeni za gustine od 0,85 g/cm<sup>3</sup>, 0,90 g/cm<sup>3</sup> ili 0,95 g/cm<sup>3</sup> u skladu sa očekivanom gustinom lake tečnosti;
- Alarmni uređaj za upozorenje u slučaju potapanja plovka trebaju biti predviđeni jedino u područjima za koja se propisuju strožiji uvjeti za prečišćavanje oborinskih voda;
- Pred-instalacija za priključak seta namijenjenog za uzimanje uzoraka;
- Otvori (revizije) i poklopci separatora sa mehanizmom za zaključavanje protiv neovlaštenog pristupa;
- Taložnik, odvojen od separatora ulja;

U zavisnosti od zapremine i opterećenja separatora, potrebno je uraditi statički proračun za donju i rasteretnu (gornju) AB ploču separatora. AB rasteretna (gornja) ploča se izvodi ukoliko se iznad separatora nalazi nadsloj zemljanog materijala veći od 2 m.

Prilikom dimenzioniranja AB ploča uzeti u obzir da debljina donje AB ploče ne bude manja od 20 cm, dok minimalna debljina rasteretne AB ploče ne smije biti manja od 15 cm. Za izradu AB ploča, preporučuje se upotreba betona C25/30 i armaturne mreže Q335 (dvije zone

armiranja). Pored navedenog, potrebno je da se ugradnja separatora ulja i masti izvodi u skladu sa posebnim uputama koje daje proizvođač uređaja u konkretnom slučaju.

Prilikom ugradnje i izbora pozicije separatora potrebno je voditi računa o sljedećem:

- Separator treba biti instaliran samo na drenažnim sistemima gdje se laka tekućina treba izdvojiti iz vode i zadržati u separatoru;
- Separator se treba ugraditi blizu izvora lake tečnosti, u dobro ventiliranom području i lako pristupačnom za čišćenje i održavanje;
- Ako postoje električni uređaji za upozorenje na lake tečnosti i drugi električni uređaji smješteni u separatoru, isti uvijek moraju biti ispravni i pogodni za rad (zahtjevi iz direktive 94/9/EC);
- Sva drenaža do i od sistema separatora mora biti u skladu sa BAS EN 752:2010. Cijevi i spojevi do sistema separatora moraju biti otporni na lake tekućine;
- Prije zatrpavanja separatora, potrebno je provjeriti vodonepropusnost ugrađenog uređaja;

U slučajevima ugradnje separatora u tlo sa podzemnom vodom, obratiti pažnju na pojavu sile uzgona. Način ugradnje na terenu sa visokim podzemnim vodama postiže se sidrenjem (ankerisanjem) separatora za AB ploču. Dimenzije AB određuju se prema sili potiska. Broj mjesta za sidrenje, dimenzije sidara (ankera) i jačina traka za vezivanje se dimenzioniraju iz uvjeta stabilnosti.

### **Hidraulički proračun separatora**

Obično se ne radi proračun potrebnog kapaciteta separatora ulja i masti sa taložnikom kada su u pitanju prefabrikovani separatori, jer se kroz dimenzioniranje cjevovoda za odvodnju vode dobije potrebna količina onečišćenja koja dotiče u separator.

Za površinske otpadne vode usvaja se projektno rješenje tipskih uređaja takvo da efluent iz uređaja mora da zadovoljava granične vrijednosti propisane važećom zakonskom legislativom za ispuštanje otpadnih voda u recipijent<sup>14</sup>. Dimenzioniranje separatora je potrebno vršiti prema BAS EN 858-2:2002.

### **Okno za monitoring**

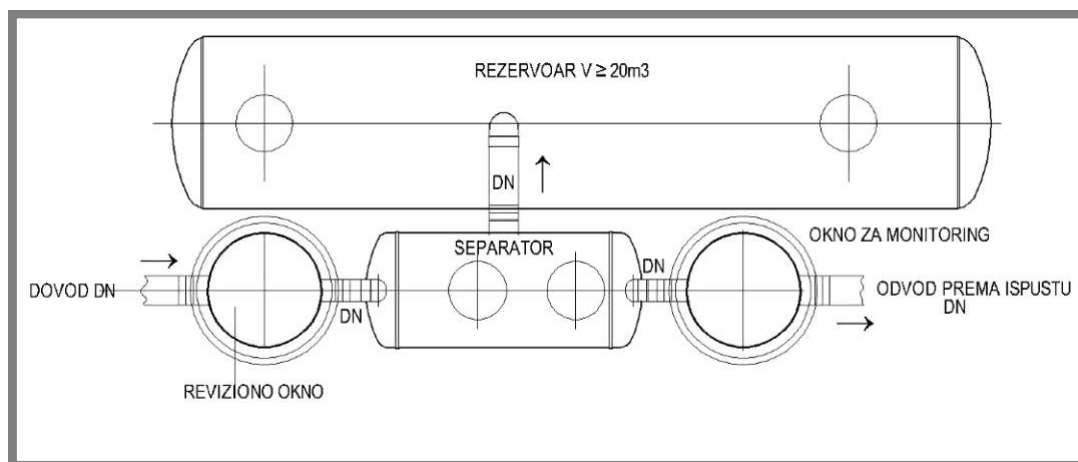
U skladu sa zahtjevima važećih propisa, neposredno prije ispuštanja vode u recipijent (javni sistem kanalizacije, prirodni vodotok, itd) potrebno je predvidjeti okno za monitoring. Dimenzije okna za monitoring se određuju na osnovu važeće zakonske legislative, a to je u FBiH Uredba o ispuštanju otpadnih voda<sup>14</sup>. Lokacija okna za monitoring se mora odrediti tako da je omogućen prilaz oknu iz razloga uzimanja uzoraka i održavanja. Na kraju ispusne građevine potrebno je predvidjeti "žablji" poklopac.

#### **19.1.5.2. Konceptualna rješenja sistema vodozaštite**

Konceptualno, sistem vodozaštite zavisi od hidrogeoloških karakteristika terena i stepena osjetljivosti područja kroz koje prolazi trasa autoceste, te uvjeta propisanih od strane nadležnog vodoprivrednog organa.

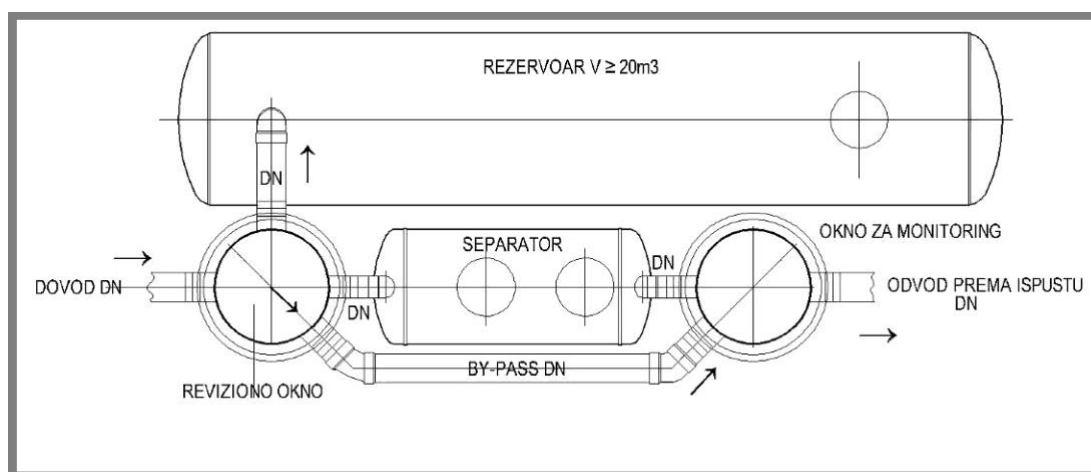
Koncept rješenja prikazan na Slici 13 se primjenjuje kada nadležni vodoprivredni organ zahtijeva i propisuje strožije uvjete za prečišćavanje oborinskih voda, odnosno kada trasa autoceste prolazi kroz zone visokog rizika u kojim se zahtijeva primjena najstrožijih kriterija po

pitanju zaštite i očuvanja voda i okoliša. U tom slučaju se predviđa ugradnja separatora bez bypass-a i rezervoara za prihvatanje incidentne tekućine.



**Slika 13:** Shematski prikaz elemenata sistema vodozaštite za slučaj ugradnje separatora bez bypass-a

Koncept rješenja koji obuhvata izvedbu separatora sa neintegriranim bypass-om se primjenjuje ukoliko se radi o područjima izvan zona visokog rizika. Pri tome je potrebno voditi računa da minimalni stepen prečišćavanja vode treba da iznosi 10% <sup>13</sup>.



**Slika 14:** Shematski prikaz elemenata sistema vodozaštite za slučaj ugradnje separatora sa neintegriranim bypass-om

#### 19.1.5.3. Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema vodozaštite

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika za: elemente sistema vodozaštite (ulazno/razdjelno okno, separator ulja i masti, rezervoar za prihvatanje incidentne tekućine i okno za monitoring), te pregled važećih normi dat je u narednoj tabeli i istih se je potrebno pridržavati tokom projektovanja i izgradnje sistema, a sve u skladu sa važećim propisima i standardima.

| ELEMENTI SISTEMA VODOZAŠTITE                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| OPIS                                                                                                                                                                                                                    | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Relevantni standardi/normativi |
| <b>ULAZNO/RAZDJELNO OKNO</b>                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |
| Detaljan opis za reviziona okna je dat u poglavlju „Reviziona okna/šahтови (RO)“, dok je pregled osnovnih karakteristika za reviziona okna dat u poglavlju 19.1.3.3 (Tabela 3), i iste važe i za ulazno/razdjelno okno. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |
| <b>SEPARATOR ULJA I MASTI</b>                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |
| Klasa                                                                                                                                                                                                                   | - I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                |
| Maksimum mogućeg sadržaja zaostalih ulja                                                                                                                                                                                | - 5.0 mg/l                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | BAS EN 858-1:2005              |
| Preporučene nominalne veličine (l/s)*                                                                                                                                                                                   | - 1,5; 3; 6; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 200; 300; 400; 500                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |
| Preporučeni materijali                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Duroplastični materijali (armirani poliester - GRP) koji garantiraju vodoneropusnost i otpornost na agresivno dejstvo onečišćene vode;</li> <li>- Termoplastični materijali (polipropilen - PP) koji garantiraju vodoneropusnost i otpornost na agresivno dejstvo onečišćene vode.</li> </ul> <p><b>Napomena:</b> Materijali od kojih se izrađuje separator moraju biti otporni na mineralna ulja, goriva (dizel ulje), naftu, benzin, deterdžente i produkte njihove razgradnje.</p> |                                |
| Kvalitet izvedenih radova                                                                                                                                                                                               | - Prije zatrpavanja separatora ulja i masti potrebno je izvršiti ispitivanje vodonepropusnosti;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | BAS EN 1610:2002               |

| ELEMENTI SISTEMA VODOZAŠTITE             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                     | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Relevantni standardi/normativi                                                                     |
| Održavanje                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Svi dijelovi koji se održavaju moraju biti u svakom trenutku dostupni;</li> <li>- Održavanje sistema mora da se vrši najmanje svakih 6 mjeseci;</li> <li>- Održavanje mora da se vrši u skladu sa uputama proizvođača, a najmanje mora da uključuje sljedeće detalje: <ul style="list-style-type: none"> <li><b>a) Taložnik mulja:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Određivanje zapremine mulja;</li> </ul> </li> <li><b>b) Separator:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mjerenje debljine lakih tekućina;</li> <li>✓ Provjeru rada uređaja za automatsko zatvaranje;</li> <li>✓ Provjeru propustljivosti uređaja za koalesciranje,</li> <li>✓ Provjeru funkcije upozoravajućeg uređaja.</li> </ul> </li> <li><b>c) Otvor za uzorkovanje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Čišćenje drenažnog kanala.</li> </ul> </li> </ul> <p>U intervalima do 2 godine, separator se mora isprazniti i podvrgnuti generalnoj inspekciji koja obuhvata sljedeće:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- provjeru nepropusnost sistema;</li> <li>- Stanje konstrukcije;</li> <li>- Stanje unutrašnje obloge, ako postoji;</li> <li>- Stanje ugrađenih dijelova;</li> <li>- Stanje električnih uređaja i instalacija;</li> <li>- Provjeru podešenosti uređaja za automatsko zatvaranje npr. plutajućih tijela.</li> </ul> </li> </ul> | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku. |
| REZERVOAR ZA PRIHVAT INCIDENTNE TEKUĆINE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| Dimenzije                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ukupni kapacitet rezervoara je potrebno odrediti na osnovu proračuna;</li> <li>- Minimalni kapacitet raspoloživog rezervoarskog prostora za prihvatanje incidentne tekućine iznosi 20 m<sup>3</sup>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |
| Materijali                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Termoplastični i duroplastični materijali koji garantiraju vodonepropusnost i otpornost na agresivno dejstvo onečišćene vode;</li> <li>- Materijali koji se upotrebljavaju moraju biti otporni na mineralna ulja, goriva, (tj. dizel ulje), benzin, naftu, deterdžente i njihove produkte pri razlaganju ili odgovarajuće zaštićeni;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | BAS EN 976-1 i<br>BAS EN 976-2                                                                     |
| Kvalitet izvedenih radova                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prije zatrpavanja rezervoara incidentne tekućine, potrebno je izvršiti ispitivanje vodonepropusnosti;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | BAS EN 1610:2002                                                                                   |

| ELEMENTI SISTEMA VODOZAŠTITE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                   | Relevantni standardi/normativi                                                                    |
| Održavanje                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Svi dijelovi sistema (cijevi, reviziona okna, separator, rezervoar) moraju biti redovno održavani i u svakom trenutku dostupni;</li> <li>Ispiranje i čišćenje sistema vršiti svakih 6 mjeseci;</li> </ul> | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku |
| OKNO ZA MONITORING                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                   |
| <p>Detaljan opis za reviziona okna je dat u poglavlju „Reviziona okna/šahтови (RO)“ ovog dokumenta, dok je pregled osnovnih karakteristika za reviziona okna prezentiran u poglavlju 19.1.3.3 (Tabela 3) ovog dokumenta. Pored zahtjeva datih u navedenoj tabeli, prilikom projektovanja okna za monitoring, potrebno se je pridržavati i zahtjeva propisanih važećom zakonskom legislativom<sup>14</sup>.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                   |

Tabela 4: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema vodozaštite i pregled važećih normativa

#### **\*Napomena:**

*U skladu sa zahtjevima BAS EN 858-1, maksimalni kapacitet separatora je 500 l/s. Za sisteme kod kojih se javlja veći protok, potrebno je modificirati koncept sistema vodozaštite. Jedno od rješenja sistema vodozaštite kod protoka većih od 500 l/s jeste da se dovod vode iz razdjelnog okna distribuira i ulazi u dva ili više separatora istog ili sličnog kapaciteta. Ispuštanje vode iz separatora se vrši u okno za monitoring i dalje iz okna za monitoring do recipijenta*

#### **19.1.6. Lagune sa produženom retencijom**

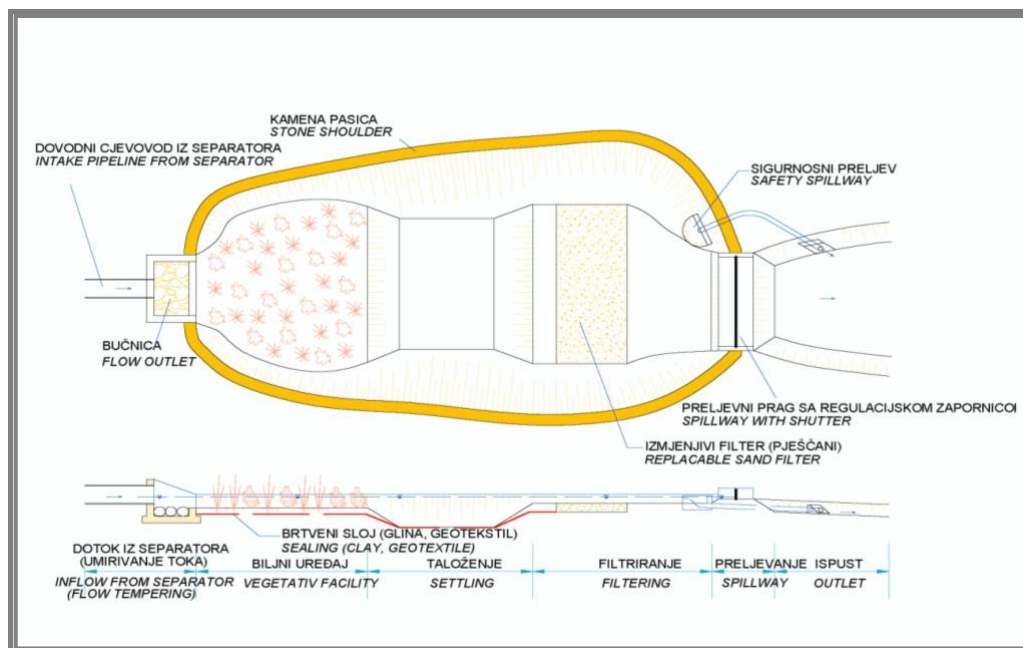
Lagune sa produženim retencijom se koriste za uklanjanje onečišćenja iz oborinskih voda, kao retencije za smanjenje vršnog protoka na nivo prije izgradnje saobraćajnice, te kao recipijenti.

Za uklanjanje onečišćenja iz oborinskih voda, lagune se mogu koristiti u slučaju kada je prisutna velika koncentracija suspendovanih materija, kao i u slučaju uklanjanja teških metala. Iz oborinskih voda uklanjaju se taložive i plivajuće tvari, a s njima i nutrijente, teške metale i toksične tvari, dok se regulacijom otjecanja štite od erozije nizvodni objekti i smanjuje mogućnost plavljenja. Učinkovitost u uklanjanju onečišćenja u lagunama raste s povećanjem vremena zadržavanja vode.

U područjima gdje je otežano ispuštanje prečišćenih voda (nema odgovarajućeg recipijenta u blizini) iz sistema unutrašnje i/ili vanjske odvodnje, lagune se mogu koristiti kao recipijenti. Bitno je naglasiti da se izgradnja laguna u svrhu uklanjanja onečišćenja ne može predvidjeti u osjetljivim i zaštićenim područjima, kraškim područjima, kao i u neposrednoj blizini zona zaštite izvorišta ili na područjima gdje se vrši podzemno zahvatanje vode za piće.

Pored navedenog, prije izrade projektnog rješenja za lagune potrebno je pribaviti vodoprivredne zahtjeve od nadležnog vodoprivrednog organa, te se u potpunosti pridržavati svih uvjeta i zahtjeva navedenih u vodoprivrednom aktu.

Najčešće tipovi laguna su: suhe lagune sa produženom retencijom i mokre lagune sa produženim retencijom. Šematski prikaz lagune prikazan je na narednoj slici.



Slika 15: Šematski prikaz lagune sa produženom retencijom

#### 19.1.6.1. Suhe lagune sa produženom retencijom

Suhe lagune sa produženom retencijom su lagune kojima nije neophodan stalni dotok oborinskih voda i se mogu primijeniti u sljedećim slučajevima:

- Kad se očekuje posebno veliko onečišćenje prijamnika (obično kad je srednje dnevno prometno opterećenje preko 30000 vozila/dan);
- Kad vodoprivredne vlasti traže da se ne poremeti vodni režim uslijed promjene namjene površina.

Zemljište potrebno za suhe lagune sa produženom retencijom iznosi od 0,5-2,0% od ukupne slivne površine. Zbog najčešćeg lociranja unutar eksproprijacijskog pojasa autoceste, ove lagune su geometrijski gledano uske i izdužene. Izgradnju ovih laguna je potrebno predvidjeti u području propusnog tla, kako bi se voda filtrirala u podzemlje, ali izuzev područja koja su navedena u poglavlju 19.1.6 ovog dokumenta. Mogu se smjestiti uz nožicu nasipa, u širokom razdjelnom pojasu ili u slobodnim prostorima saobraćajnih petlji. Gornja granica za primjenu suhih laguna sa produženom retencijom su slivne površine od 20-30 ha. Za veće slivne površine od spomenute granice pogodnija je primjena mokrih laguna.

#### 19.1.6.2. Mokre lagune sa produženom retencijom

Koristeći stalnu prisutnost vode iz oborinskih dotoka sa kolovoza, mokra laguna uklanja konvencionalna onečišćenja kroz taloženje, biološku razgradnju i biljnu filtraciju. Biološkim procesima koji se odvijaju u laguni uklanjaju se metali i otopljeni nutrijenti kao što su nitrati i ortofosfati. Mokre lagune sa produženom retencijom se koriste za uklanjanje teških metala i suspendovanih materija iz oborinskih voda, s tim da se prethodno mora izvršiti uklanjanja ulja i masti.

Mokre lagune mogu također biti regulacijske građevine i kontrolirati dotok preko tzv. živog retencionog volumena iznad stalne radne razine. Mokra laguna pogodna je za primjenu kod slivova s pouzdanim izvorom vode većih od 4 ha, do najviše 260 ha. Za mokre lagune treba osigurati pouzdani izvor vode kroz cijelu godinu. Zbog mogućeg gubitka, vode laguna mora biti smještena na slabo propusnom tlu, ili osigurana geomembranom ili glinenom oblogom. Za mokre lagune potrebno je osigurati 1-3% od ukupne pripadne slivne površine.

#### **19.1.6.3. Održavanja laguna**

Redovni pregledi su potrebni za provjeru curenja preko nasipa, duboko ukorijenjene vegetacije i erozije duž nasipa i strana lagune. Ukoliko se laguna ne održava dobro, voda može postati ustajala, prekrivena algama i plivajućom otpadnom tvari, neprijatnog mirisa s mnoštvom insekta. Tijekom vremena, akumulacija sedimenata može značajno smanjiti kapacitet lagune. Sediment može smanjiti količinu skladištenja u laguni i do 20% u razdoblju od 10 godina. Sediment bi trebao biti ispitan da bi se utvrdilo da li je opasan materijal.

#### **19.1.7. Propusti**

U „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>15</sup> date su detaljne smjernice za projektovanje propusta. Tokom izrade projektnih rješenja potrebno se je pridržavati svih uputa prezentiranih u navedenom poglavlju Smjernica iz 2005. godine.

#### **19.1.8. Ispuštanje vode iz sistema vanjske i unutrašnje odvodnje**

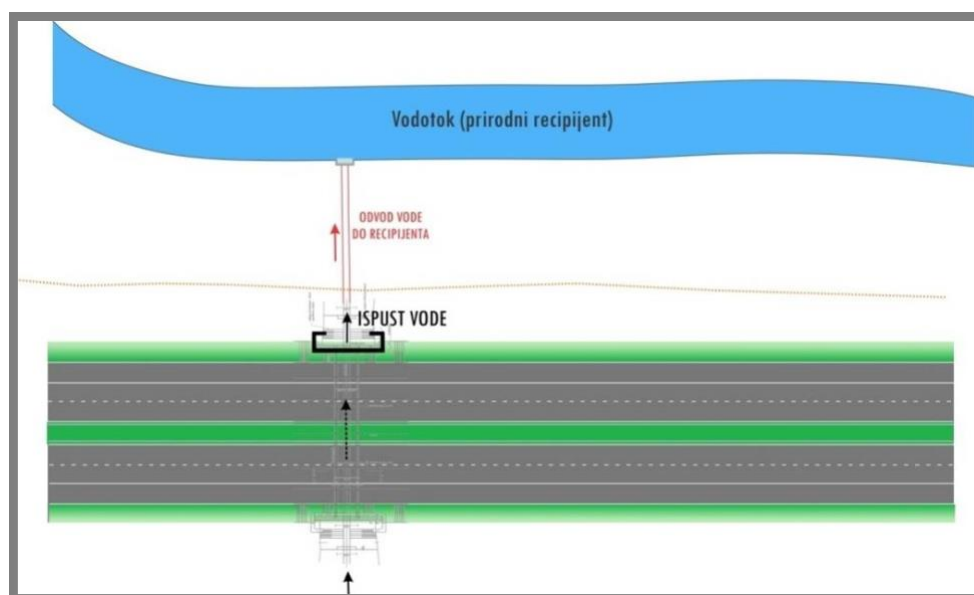
U zavisnosti od lokalnih uvjeta, prikupljene vode sa kolovoza se mogu ispuštati u javnu kanalizaciju ili u prirodne recipijente.

U slučaju ispuštanja vode iz sistema unutrašnje odvodnje u sistem javne kanalizacije, tehničku dokumentaciju je potrebno pripremiti u skladu sa prethodno pribavljenim uvjetima nadležnog javnog komunalnog preduzeća. Ovim uvjetima će se definirati mjesto priključenja, visinske kote i način na koji treba projektovati i izvesti objekat priključka na sistem javne kanalizacije.

U slučaju ispuštanja vode iz sistema vanjske i unutrašnje odvodnje u prirodni recipijent, treba predvidjeti izlivnu građevinu čiji zadatak je da sakupljene oborinske vode ispusti i ubrza njihovo miješanje sa vodom u recipijentu. Građevina na ispustu mora da bude obezbijeđena od potkopavanja i rušenja, tako da je potrebno utvrditi obalu u okolini ispusta.

Ispust treba pozicionirati tako da se uzme u obzir nivo velikih voda recipijenta (prirodni vodotok). Na taj način se sprječava pojava povratnog toka vode u sistem odvodnje, odnosno omogućava slobodno isticanje vode iz sistema odvodnje za vrijeme visokih vodostaja u prirodnom recipijentu. Pored navedenog, potrebno je posebno obratiti pažnju kod projektovanja i izgradnje sistema odvodnje na dionici između ispusta i recipijenta (slika 16).

<sup>15</sup> Knjiga I- Projektovanje, Dio 3: Projektovanje konstrukcija na putevima, Poglavlje 2: Propusti

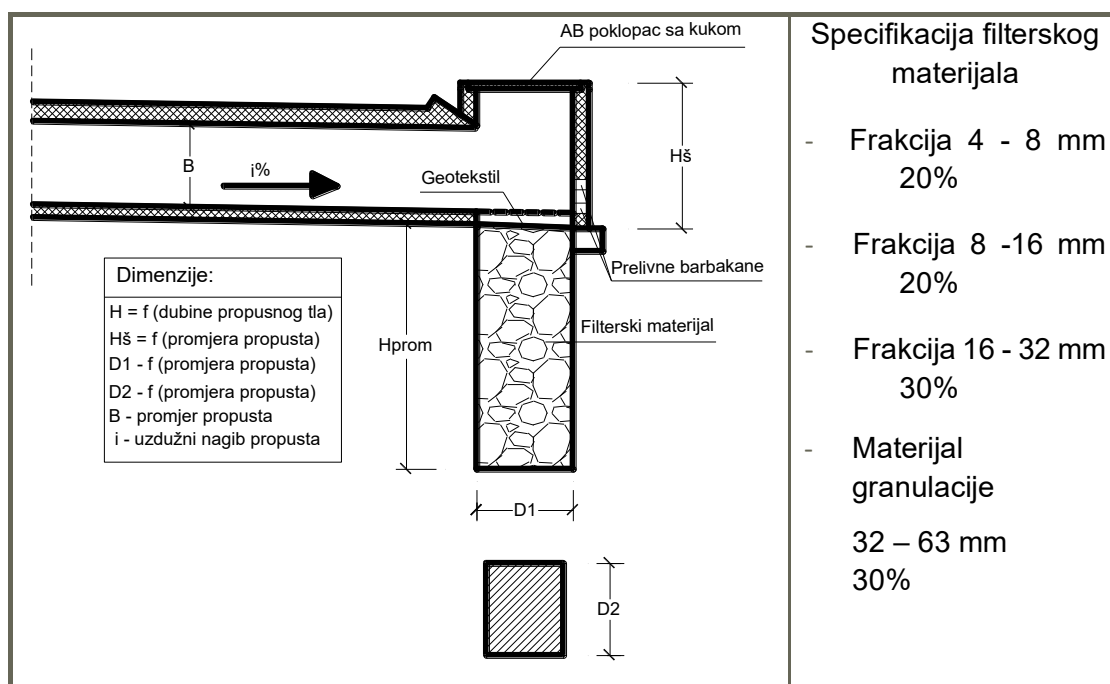


**Slika 16:** Sistem odvodnje na dionici između ispusta i recipijenta

Konceptualno, sistem odvodnje na dionici od ispusta do recipijenta zavisi od lokacije recipijenta i ispusta iz sistema vanjske i/ili unutrašnje odvodnje, te od konfiguracije terena. Shodno navedenom, sistem odvodnje na ovom dijelu se može projektovati kao zatvoreni sistem (sistem kolektora) i/ili otvoreni sistem (otvoreni kanali). Prilikom izrade projektnog rješenja i izgradnje sistema odvodnje oborinskih voda od ispusta do recipijenta, treba se pridržavati zahtjeva i propisa prezentiranih u poglavlju 19.1.2 (ukoliko se radi o otvorenim kanalima) i/ili poglavlju 19.1.3 (ukoliko se radi o sistemu kolektora) ovog dokumenta.

Ukoliko se recipijent za prihvatanje oborinskih voda iz sistema vanjske i/ili unutrašnje odvodnje nalazi na velikoj udaljenosti od mjesta ispusta ili nije dostupan, prilikom rješenja ispuštanja vode, moguće je razmotriti rješenje ispusta sa „upojnim bunarom“. Prije izrade ovakvog rješenja potrebno je uraditi odgovarajuća hidrogeološka istraživanja tla, te samo za slučaj dobro propusnog tla i niskog nivoa podzemnih voda može se predvidjeti rješenje sa „upojnim bunarom“.

Dimenzioniranje „upojnog bunara“ se vrši u skladu sa raspoloživim parametrima (dubina vodopropusnog tla, količina voda koja se prihvata iz propusta, itd). Jedan od primjera „uponog bunara“ prikazan na izlazu iz propusta, tj. sistema vanjske odvodnje, dat je na slici ispod.



Slika 17: Primjer detalja upojnog bunara na izlazu iz propusta

## 19.2. Sistem odvodnje objekata na autocestama ( Mostovi, Vijadukti, Potputnjaci i Natputnjaci )

### Uvod

Sistem odvodnje vode sa objekata autoceste (mostovi, vijadukti, potputnjaci, natputnjaci, itd.) je jedan od najbitnijih elemenata sa aspekta sigurnosti učesnika u saobraćaju, ali i zaštite i trajnosti konstrukcije. Adekvatnim rješenjem odvodnje vode sa objekata se osigurava projektovani vijek trajanja konstrukcije, ali i smanjuju troškovi održavanja objekta.

Pored drugih nepravilnosti izvedbe pojedinih dijelova konstrukcije objekata (npr. loša izvedba hidroizolacije, segregacija betona i sl.), većina oštećenja na objektima nastaje zbog loše projektovanog, izvedenog ili održavanog sistema odvodnje. U cilju poboljšanja saobraćajnih uvjeta, te zaštite konstrukcije i okoliša, potrebno je projektovati i izgraditi sistem odvodnje kojim će se vršiti kontrolirano odvođenje vode sa objekata.

Sistem odvodnje objekata na autocesti obuhvata više dijelova ili podsistema, a to su:

- Dio sistema odvodnje sa saobraćajnih površina (odvodnja vode sa kolovoza);
- Dio sistema odvodnje sa AB ploče i to dijela ispod hidroizolacije i otpuštanje parnog pritiska (odvodnja procjednih voda);
- Dio sistema odvodnje nasipa iza upornjaka;
- Priključak sistema odvodnje sa objekta na sistem javne kanalizacije ili prirodni recipijent

Konceptualno, sistem odvodnje vode sa objekata autoceste se sastoji od uzdužnih i vertikalnih cijevi pomoću kojih se dotok vode odvodi do najbližeg recipijenta.

Za manje objekte (objekti dužine do 20 m, npr. prolazi, objekti na servisnim saobraćajnicama autoceste, itd.) dovoljno je predvidjeti slivnike ili otvorene kanale za odvodnju ispred i iza

mosta. Kod većih objekata, površinska voda skuplja se ugrađenim slivnicima, čiji broj i raspored se određuje hidrauličkim proračunom, a potom se cijevima odvodi izvan objekta. Prilikom planiranja i projektovanja sistema odvodnje, jedno od osnovnih pravila jeste da: svi elementi budu dostupni pregledu i čišćenju, zamjenjivi, te da ne smiju „zadirati“ u nosivu konstrukciju u područje glavne armature i kablova za prednaprezanje objekta. Također, uvjeti adekvatne odvodnje vode sa kolovozne konstrukcije su: odgovarajući nagibi i ravnost kolovozne konstrukcije. Poprečni nagibi kolovoza trebaju iznositi minimalno 2%, s tim da se preporučuje nagib od 2.5%.

### 19.2.1. Elementi sistema odvodnje objekata

Elementi sistema odvodnje objekata su:

- Slivnici
- Šaht-slivnici
- Cijevi za odvodnju (sabrne uzdužne cijevi i vertikalne cijevi) sa pripadajućim fazonskim komadima (spojnice, račve, koljena, itd.) i elementima za vješanje i pričvršćivanje cijevi za konstrukciju (palice, obujmice, vijci);

#### **Slivnici**

Slivnici spadaju u najznačajnije elemente odvodnjavanja objekata i sastoje se od: rešetke, korpe za prihvat otpada i donjeg dijela slivnika. Obzirom da postoji više tipova slivnika u funkciji ugradnje, preporuka je da se koriste slivnici sa direktnim vertikalnim otjecanjem, povoljni sa stanovišta učinkovitosti kod evakuacije mjerodavnog protoka, te održavanja i upravljanja u fazi eksploatacije objekta. Uzimajući u obzir navedeno, u nastavku su opisane karakteristike slivnika sa direktnim vertikalnim otjecanjem.

Slivnici moraju imati mogućnost naknadne regulacije položaja rešetke po visini i nagibu. Kako bi se naknadno mogli prilagoditi korekcijama kolovozne konstrukcije (npr. kod zamjene asfalta), preporučuje se da imaju i mogućnost horizontalnog pomaka. Također moraju imati obrubni pojas širine  $\geq 80$  mm kojim se priključuju na izolaciju (uspostava kontinuiteta izolacije).

Međusobni razmak slivnika na objektima zavisi od uzdužnog nagiba kolovozne ploče i određuje se hidrauličkim proračunom, s tim da razmak ne smije biti veći od 25 m. Na mjestima dilatacija, potrebno je slivnike postaviti obostrano na maksimalnom razmaku 4 m od dilatacije i na taj način smanjiti dotok vode u istu.

U zavisnosti od konstrukcije objekta, vrši se odabir oblika i tip slivnika. Način ugradnje slivnika je potrebno izvesti u potpunosti prema opisu datom u „Smjernicama iz 2005 godine“<sup>16</sup>, uz sljedeću dopunu: Pri izradi projektnog rješenja i ugradnji donjeg dijela slivnika, potrebno je predvidjeti produženje odvodne cijevi slivnika. To se postiže navarivanjem dijela cijevi od nodularnog lijeva (ductil iron) na postojeću cijev slivnika. Dužina navarene cijevi zavisi od debljine kolovozne ploče objekta, uz uvjet da ukupna dužina cijevi slivnika (cijev slivnika + navareni dio cijevi) izlazi oko 10 cm ispod donjeg ruba AB ploče. Cilj produžetka cijevi slivnika

---

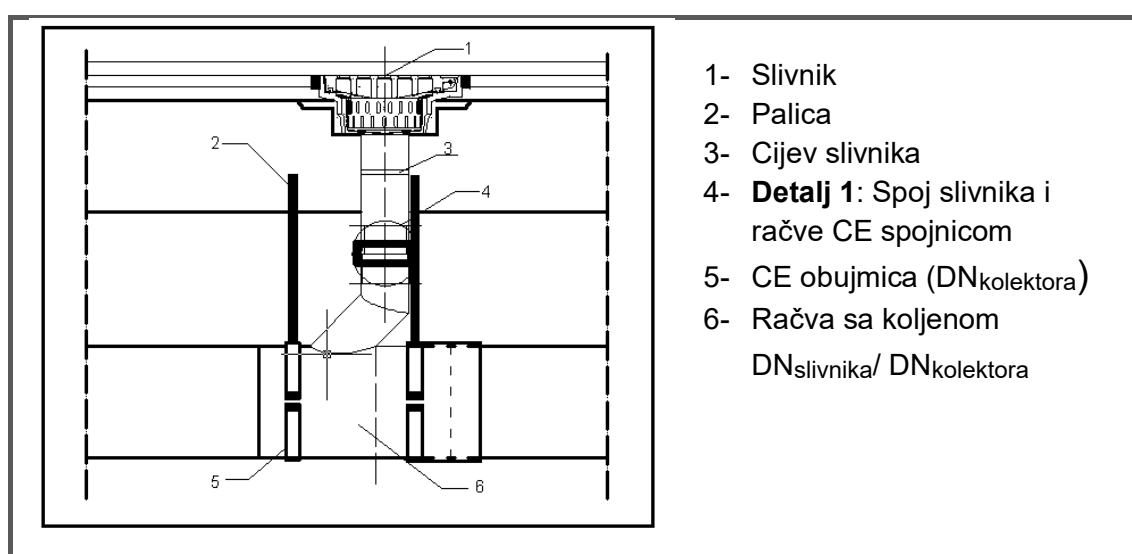
16 Knjiga I- Projektovanje, Dio 2: Projektovanje mostova, Poglavlje 5: Odvodnjavanje i kanaliziranje objekata na cestama

jeste da se omogući nesmetano spajanja slivnika na sabirne uzdužne cijevi za odvodnju. Minimalni unutrašnji promjer odvodne cijevi slivnika iznosi 125 mm.

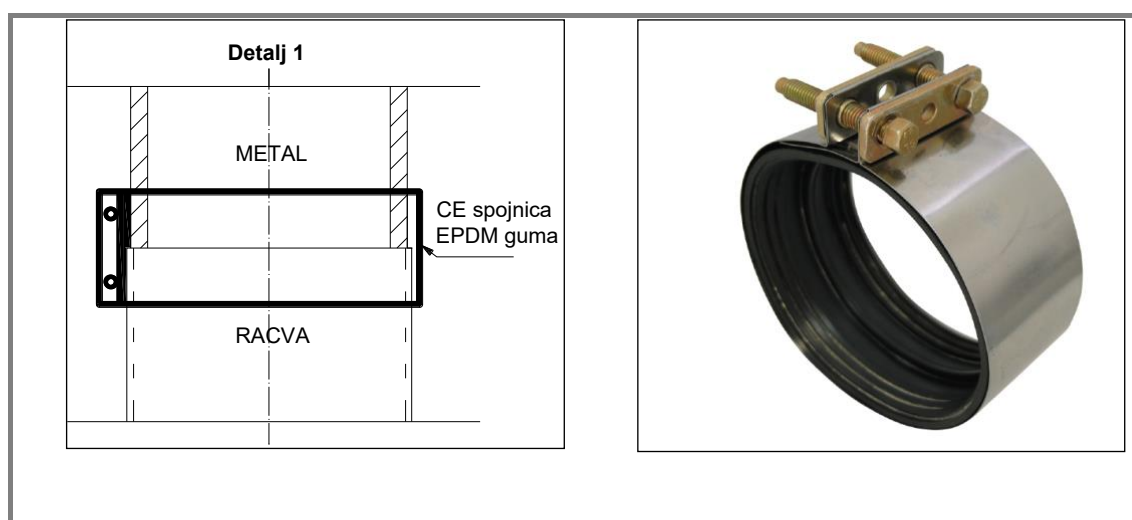
Slivnici i čistilice (kontra-slivnici koji se ugrađuju na maksimalnom. razmaku od 70 m)<sup>16</sup> se ugrađuju direktno iznad sabirnih uzdužnih cijevi i na iste se priključuju pod uglom od 45°. Priključenje/Spajanje slivnika sa sabirnim uzdužnim cijevima se vrši na sljedeći način:

- Spajanje odvodne cijevi slivnika i račve CE spojnicom (Slika 18, Detalj 1);
- Spajanje račve sa uzdužnim cijevima kolektora pod uglom od 45°,

Priključenje/spajanje slivnika i sabirnih uzdužnih cijevi pod uglom od 45° je povoljnije s hidrauličkog aspekta, jer se tokom jačih oborina (kada se javljaju i veće količine vode) smanjuje mogućnost „zagušenja“ cjevovoda na mjestu spoja (Slika 18).



**Slika 18:** Spoj slivnika i račve na uzdužni kolektor na objektu  
Detalj spoja slivnika i račve CE spojnicom dat je na narednoj slici, kao i 3-D prikaz CE spojnice.

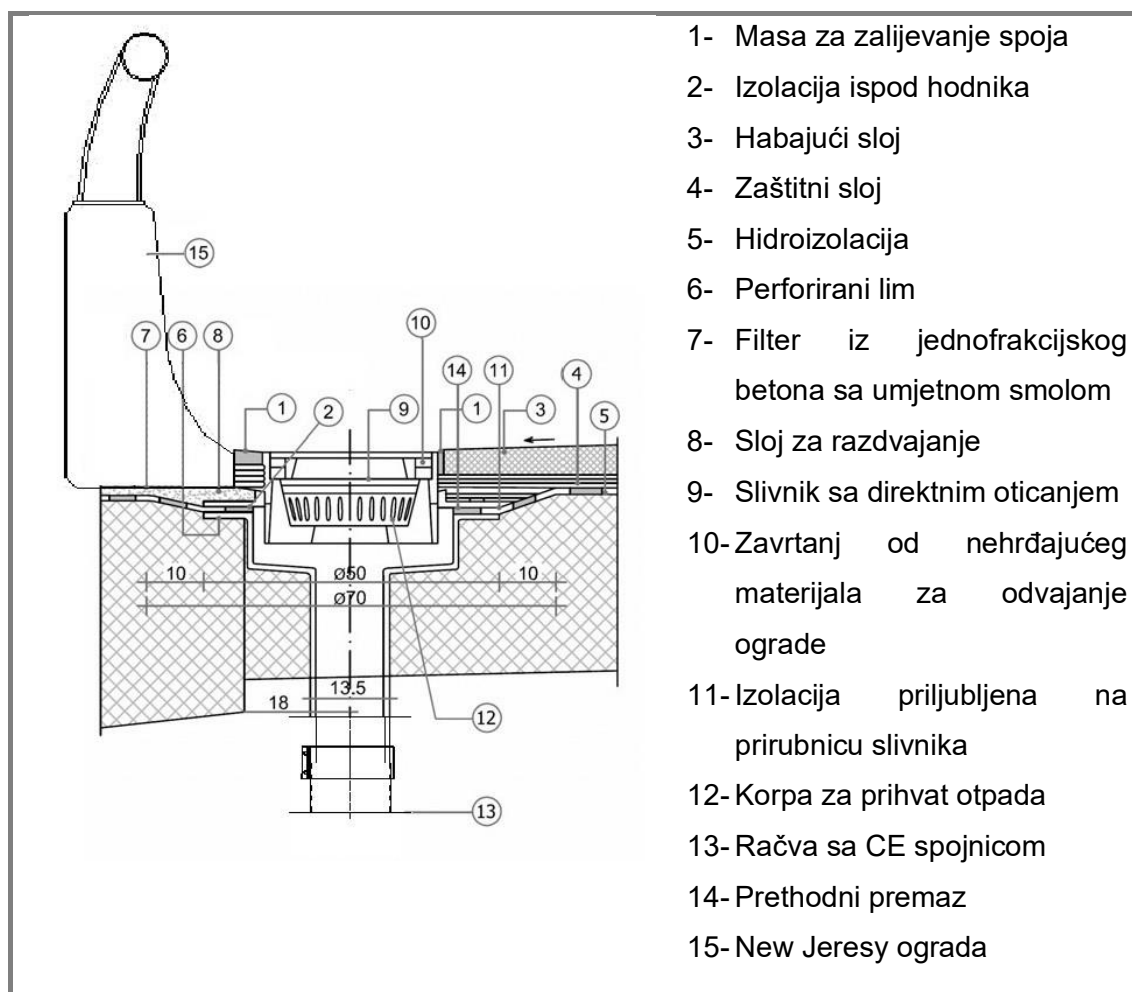


**Slika 19:** Detalj 1: Spajanje slivnika CE spojnicom na račvu i 3D prikaz spojnice

Prilikom odabira CE spojnice (kao prelaznog fleksibilnog komada) koja se ugrađuje za spajanje slivnika sa račvom, karakteristike CE spojnice moraju biti u svemu prema normi BAS EN 877:2001 i BAS EN 877/A1:2009.

Materijal od kojeg se izrađuje CE spojnica jeste Rostfrei „A4“, a sa unutrašnje strane CE spojnice se nalazi EPDM guma. Kako bi se u potpunosti ostvarila vodonepropusnost na mjestu spoja, kod odabira CE spojnice potrebno je voditi računa o odnosu između  $DN_{\text{slivnika}}/DN_{\text{račve}}$ . U praksi je veoma čest slučaj da je promjer cijevi slivnika DN 150 mm, dok je promjer račve na mjestu spoja DN 160, te se kod odabira CE spojnice navodi da se radi o Inox CE spojnici DN150/DN160 mm. Unutar slivnika obavezna je ugradnja korpe za prihvatanje otpada, kojom se sprečava prodor posipnog materijala i/ili drugih čestica u kolektor sistema odvodnje.

Slivnici sa direktnim vertikalnim oticanjem se pozicioniraju uz ivicu kolovoza koji može biti sa jednostranim ili dvostranim nagibom. Količina propuštanja vode slivnika zavisi od vrste rešetke (veličine, površine, oblika palica rešetke) od površine kolovoza, nagiba, itd. Propusna moć slivnika je minimalno 10 l/s. Rešetka slivnika je oblikovana tako da omogućava siguran promet na cesti. Vanjski rub okvira rešetke mora biti 1,0-1,5 cm udaljen od ivičnjaka/New Jersey ograde da bi se spriječilo skupljanje i procjeđivanje vode pored slivnika.



**Slika 20:** Detalj slivnika na objektu sa jendostranim nagibom i sa New Jersey ogradom

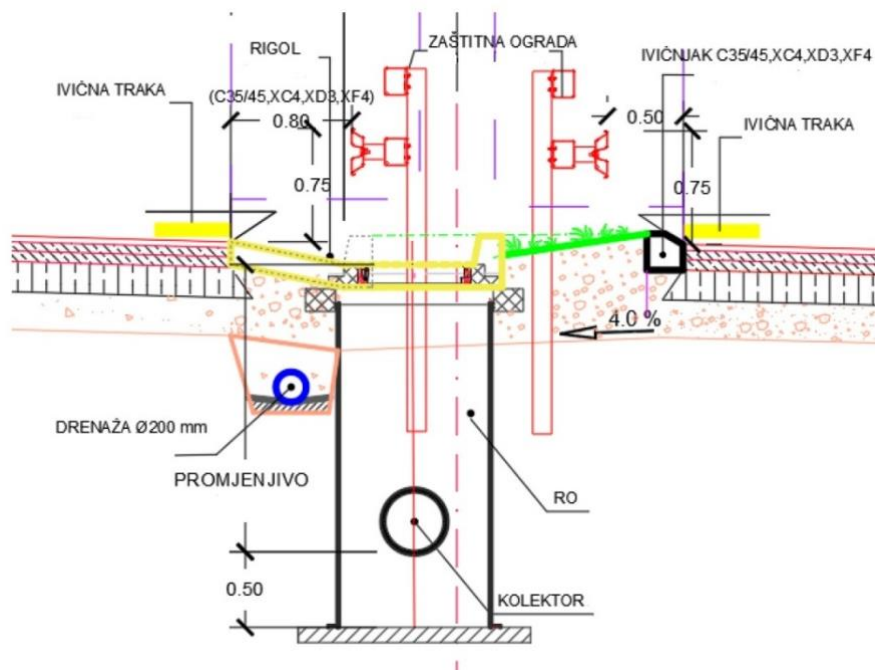
Kako je označeno na slici 20, na mjestima spoja slivnika (slivničke rešetke) sa ivičnjakom/New Jersey ogradom i asfaltnom površinom, potrebno je postaviti trajno elastični kit/bitumensku masu za zalijevanje po cijelom obimu rešetke i na taj način izbjeći prodiranje vode na spojevima.

Spoj sa elastičnom bitumenskom masom ili trajno elastičnim kitom mora biti otporan na hemijske i fizičke uticaje, poput ulja i goriva, temperaturne promjene (niske i visoke temperature), te uticaje od soli ili rastvora na bazi natrij-hlorida ( $\text{NaCl}$ ) i kalcijeva klorida ( $\text{CaCl}_2$ ). Također, bitumenske mase za zalijevanje treba da su obogaćene polimerima, visokog prijanjanja, odnosno da su namijenjene za brtvljenje pukotina, otvorenih spojeva na asfaltnim i betonskim površinama, te otvorenih spojeva između asfalta i betona.

U projektnim rješenja, prilikom odabira pozicije slivnika sa direktnim vertikalnim oticanjem, treba voditi računa da slivnik ne bude udaljen od ograde ili ivičnjaka jer, u tom slučaju, dio asfaltne površine između slivnika i ograde/ivičnjaka treba izvesti u kontra nagibu u odnosu na nagib kolovoza. Zbog složene tehnologije izvođenja radova, ne rijetko se dešava da ovaj dio asfaltne površine bude izveden u istom nagibu kao i nagib kolovoza, što ima za posljedicu zadržavanje vode između slivnika i ograde/ivičnjaka objekta.

### **Šaht-slivnici**

Šaht-slivnici kao i slivnici spadaju u najznačajnije elemente odvodnjavanja objekata i sastoje se od: rešetke, tijela revizionog okna i taložnice minimalne dubine 50cm. To su elementi sa direktnim vertikalnim otjecanjem, povoljni sa stanovišta učinkovitosti kod evakuacije mjerodavnog protoka, te održavanja i upravljanja u fazi eksploatacije objekta. Kao elementi prihvata vode imaju ulogu slivnika, a uslove ugradnje iste kao i revizionna okna, s obzirom da služe i inspekciji glavnih kolektora. Rešetke moraju zadovoljiti iste uslove kao i slivničke rešetke. Trebaju biti postavljeni na pravcima na ne većim rasterima od 25m, a moguće je vršiti i kombinovanje rješenja odvodnje sa slivnicima i šaht-slivnicima ukoliko je prethodni uslov zadovoljen. Svi elementi Šaht-slivnika moraju da zadovolje normative vezane za vododrživost te da su otporni na hemikalije poput ulja, masti, goriva, deterdženata i sl. Sljedeća slika pokazuje detalj lokacije Šaht-slivnika.



Slika 21: Detalj pozicije šaht-slivnika

#### 19.2.1.1. Cijevi za prikupljanje i odvodnju vode

Cijevi za prikupljanje i odvodnju vode sa objekata mogu biti: sabirne uzdužne i vertikalne. Ugao priključka odvodne cijevi iz slivnika na sabirne uzdužne cijevi se vrši putem račve pod uglom od 45°.

**Sabirne uzdužne cijevi** prihvaćaju vodu neposredno iz slivnika (kolovoz sa jednostranim poprečnim nagibom). Minimalni unutrašnji promjer sabirnih uzdužnih cijevi iznosi 250 mm, dok minimalni nagib sabirnih uzdužnih cijevi treba da iznosi 1%. Preporučuje se ugradnja duroplastičnih cijevi, armiranih staklenim vlaknima koje su proizvedene postupkom centrifugiranja – CCGRP, prema odredbama BAS EN 14364:2014 i B 5161. Također, svi spojni elementi koji se koriste tokom izrade sistema odvodnje, (spojnice, dodatne spojnice, koljena, račve itd) moraju zadovoljavati karakteristike i uvjete propisane odredbama BAS EN 14364:2014 i B 5161.

**Vertikalne cijevi** se kod objekata velike dužine po pravilu postavljaju uz stubove. Pravilo je da se pričvršćuju uz stub, a nikako da se ubetoniraju unutar stuba jer bi se time onemogućilo održavanje istih. Ugradnja vertikalnih cijevi se vrši pravolinijski uz stub, sa dilatacijama na svakih 20-30 metara ukoliko se radi o veoma visokim objektima. Na donjem dijelu stuba, neophodno je predvidjeti ulivni šaht za prihvatanje energije pada vode, kao i za odražavanje i čišćenje vertikalnih odvodnih cijevi. Promjer cijevi se određuje na osnovu detaljnog hidrauličkog proračuna.

Na mjestima dilatacija kao i vertikalnim spojevima (spoj upornjaka i rasponske konstrukcije) potrebno je postaviti na cjevovod fleksibilni komad (EPDM guma), kako bi se cjevovod mogao pomjerati zajedno sa pomacima mosta, te kako ne bi došlo do pojave dodatnih naprezanja u cjevovodu.

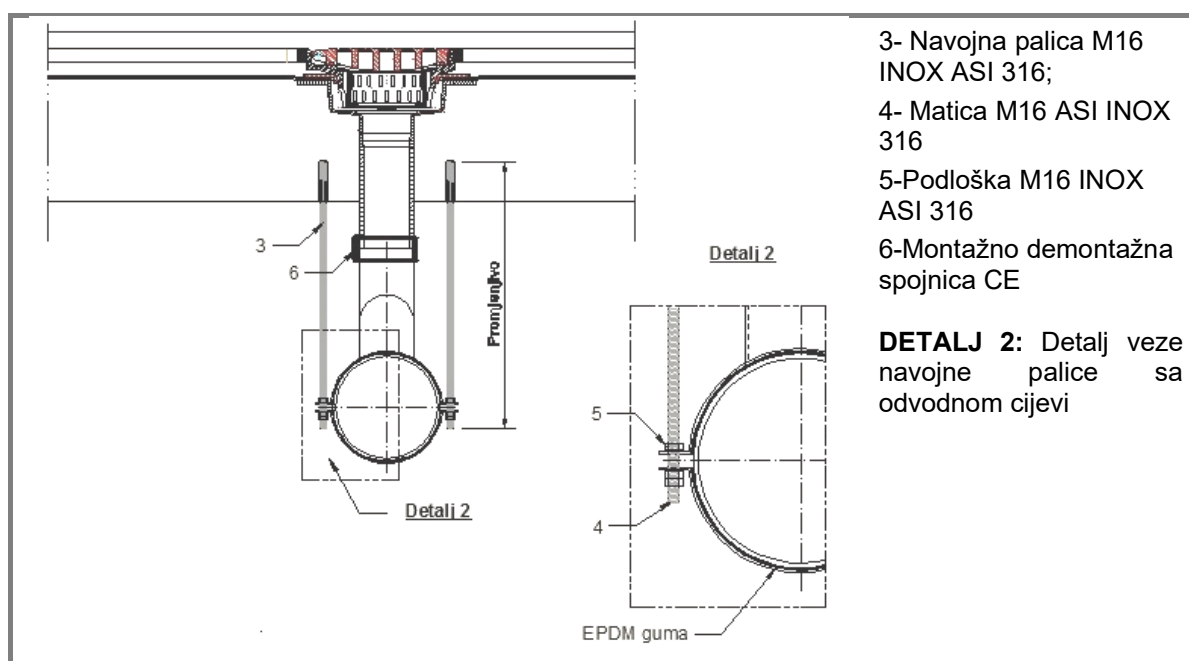
Odvodnja vode sa dilatacija, ležišta, odvod procjedne vode i oslobađanje parnih pritisaka detaljno je obrađena u „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>16</sup>.

### **Uvjeti ugrađivanja i pričvršćivanja cijevi na konstrukciju objekta**

Uvjeti ugrađivanja i pričvršćivanja cijevi na konstrukciju objekta su dati u „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>16</sup>. Sabirne uzdužne cijevi je potrebno vješanjem pričvrstiti za donji dio ploče objekata. Vješanje sabirnih uzdužnih cijevi za objekt se vrši pomoću navojnih palica, koje se mogu ugrađivati vertikalno (vertikalne navojne palice) ili pod uglom (kose navojne palice). Ugradnja navojnih palica se izvodi na način da se sa donje strane AB ploče objekta izvrši ankerovanje (zabušivanje) navojne palice, dok se sa druge strane navojna palica vijcima pričvršćuju za obujmicu koja se postavlja oko uzdužnih cijevi.

Nosivost i stabilnost navojnih palica je potrebno odrediti na osnovu proračuna i to za slučaj da su sabirne uzdužne cijevi u punom profilu napunjene vodom. Za određivanje razmaka i broja palica, potrebno je izvršiti statički proračun i utvrditi broj palica, tako da se na osloncima ne pređe dopušteno opterećenje, te vodeći računa i o pomjeranjima oslonaca. Također, na fazonskim komadima/račvama, obavezno je obostrano postavljanje navojnih palica. Detalj vješanja sabirnih uzdužnih cijevi vertikalnim navojnim palicama prikazan je na slici 22.

Za sve elemente veze potrebno je izvršiti kontrolu napona, te nakon toga izvršiti usvajanje dimenzija elemenata. Pri izboru dimenzija elemenata, treba voditi računa ne samo o opterećenju od punog cjevovoda (napunjenog vodom) nego i o dopunskim uticajima, kao što su vibracije, temperaturne oscilacije kao i eventualna opterećenja od redovnog održavanja i servisiranja.



**Slika 22:** Način vješanja cijevi za donji dio konstrukcije objekta

Elementi vješanja i podupiranja moraju omogućavati regulaciju po visini koja se ostvaruje putem obujmica i zavrtnjeva na vertikalnim nosačima. Svi elementi za vješanje i podupiranje odnosno pričvršćivanje cijevi moraju biti izrađeni od materijala Rostfrei „A4“.

#### **19.2.1.2. Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema odvodnje objekata**

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika za elemente sistema odvodnje objekata je dat u narednoj tabeli. Istih se je potrebno pridržavati tokom projektovanja i izgradnje, a sve u skladu sa važećim propisima i standardima.

| ELEMENTI SISTEMA ODVODNJE OBJEKATA                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                                                                   | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Relevantni standardi/normativi                                              |
| <b>SLIVNICI</b>                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                             |
| Lokacija                                                                               | - Uz New Jersey ogradu/ivičnjak (Slika 20);                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | „Smjernice iz 2005. godine“ <sup>16</sup>                                   |
| Dimenzije i osnovni uvjeti                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Raspored slivnika je potrebno odrediti hidrauličkim proračunom;</li> <li>- Minimalno jedan slivnik na 400 m<sup>2</sup>;</li> <li>- Kod nagiba &gt;1 % maksimalni razmak iznosi 25,0 m, a 10,0 m ako je poprečni nagib 2,5% i uzdužni 0,5 %.</li> <li>- Odvodna cijev slivnika min. DN 125 mm;</li> <li>- Dimenzije slivnika odrediti hidrauličkim proračunom.</li> </ul>                                                      | „Smjernice iz 2005. godine“ <sup>16</sup>                                   |
| Materijali                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Donji dio ili tijelo slivnika („šešir“) ductil iron sa bitumenizirajućim premazom;</li> <li>- Slivnička rešetka: ductil iron rešetka sa bitumenizirajućom zaštitom, klase nosivosti DN 400 kN, sa saobraćajnim zaključavanjem, te dodatnim zaključavanjem protiv krađe;</li> <li>- Korpa za prihvat otpada od nehrđajućeg čelika,</li> <li>- Odvodna cijevi iz slivnika, ductil iron sa bitumenizirajućom zaštitom.</li> </ul> | BAS EN 124:2002/<br>DIN 1229,<br><br>DIN 4052-C3<br>BAS EN ISO<br>1461:2010 |
| Tip izvedbe                                                                            | - Svi dijelovi slivnika se ugrađuju montažno.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | „Smjernice iz 2005. godine“ <sup>16</sup>                                   |
| <b>SABIRNE UZDUŽNE I VERTIKALNE CIJEVI I ELEMENTI ZA PODUPIRANJE I VJEŠANJE CIJEVI</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                             |
| CE SPOJNICA                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ugrađuje se za spajanje cijevi slivnika sa račvom na sabirnim uzdužnim cijevima;</li> <li>- Materijal: nehrđajući čelik –Rostfrei „A4“, a sa unutrašnje strane CE spojnice se nalazi EPDM guma, promjera DN<sub>slivnika</sub>/DN<sub>račve</sub>.</li> </ul>                                                                                                                                                                  | BAS EN 877:2001<br>BAS EN 877/A1:2009                                       |

| ELEMENTI SISTEMA ODVODNJE OBJEKATA                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Relevantni standardi/normativi                                                                                                                            |
| VIJCI,<br>MATICE I<br>PALICE,<br>OBUJMICE                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Učvršćivanje cijevi i fazonskih komada za betonsku konstrukciju;</li> <li>Razmak palica se određuje statičkim proračunom. Preporučuje se da razmak između palica ne bude veći od 3 m;</li> <li>Obujmica sa unutrašnje strane treba da ima EPDM gumu koja je otporna na sol i na UV zračenje;</li> <li>Veza između betonske konstrukcije i navojne palice treba da se radi pod uglom 45 ili 90°, u zavisnosti od proračuna;</li> <li>Materijal: Nehrđajući čelik – Rostfrei „A4“.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>BAS EN 10088-2:2007</p> <p>BAS EN 10088-3:2007</p> <p>BAS EN 10088-4:2010</p> <p>BAS EN 10088-5:2010</p>                                               |
| UZDUŽNE I<br>VERTIKALNE<br>CIJEVI                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Promjer cijevi se određuje hidrauličkim proračunom, Minimalni unutrašnji promjer cijevi je DN/ID 250 mm za uzdužne i vertikalne cijevi;</li> <li>Materijal:</li> <li>Cijevi od armiranog poliestera dobivene postupkom centrifugiranja - CCGRP, a koje su otporne na sol i vanjske uticaje (UV zračenje, mraz, temperaturne oscilacije itd);</li> <li>Svi spojni materijali koji se koriste za spajanje uzdužnih i vertikalnih cijevi treba da su izrađeni od armiranog poliestera dobivenim postupkom centrifugiranja - CCGRP, te da zadovoljavaju iste uvjete koji su propisani za navedenu vrstu cijevi;</li> <li>Kvalitet izvedenih radova uzdužnih cijevi se dokazuje CCTV inspekcijom. Prije CCTV inspekcije uzdužnih cijevi sistema odvodnje potrebno je izvršiti čišćenje i ispiranje cjevovoda pod pritiskom od minimalno 150 bara (pritiska mlaznice).</li> </ul> | <p>„Smjernice iz 2005. godine“<sup>16</sup></p> <p>BAS EN 14364:2014 i B 5161</p> <p>BAS EN 13508-1:2014 i</p> <p>BAS EN 13508-2+A1:2012</p>              |
| ELEMENTI ZA ODVOD PROCJEDNE VODE I OSLOBAĐANJE PARNIH PRITISAKA                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Ductil iron cijevi treba rasporediti po čitavoj izoliranoj površini tako da su u najnižoj tački kolovoza, npr. uzduž hodnika (25 cm od ivičnjaka) na razmaku 3,0 do 10,0 m što zavisi od uzdužnog nagiba kolovoza.</li> <li>Na jednu cijev pripada oko 15-25 m<sup>2</sup> površine objekta.</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>„Smjernice iz 2005. godine“<sup>16</sup></p> <p>C.B5.226</p>                                                                                           |
| ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE SISTEMA ODVODNJE NA OBJEKTIMA                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Čišćenje i održavanje sistema odvodnje vode sa objekata je potrebno vršiti u skladu sa uputvom za čišćenje i održavanje oborinskih kolektora;</li> <li>Ispiranje cjevovoda vršiti pod pritiskom od min 150 bara (pritisk mlaznice).</li> </ul>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku;</p> <p>„Smjernice iz 2005. godine“<sup>16</sup></p> |

Tabela 5: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju elemenata sistema odvodnje objekata i pregled važećih normativa

### 19.2.2. Hidraulički proračun sistema odvodnje objekata

Hidraulički proračun sistema odvodnje (količine vode, određivanje broja i razmaka slivnika, dimenzioniranje sabirnih uzdužnih i vertikalnih cijevi, itd.) oborinskih voda objekata je detaljno obrađen u „Smjernicama iz 2005. godine“<sup>16</sup>.

### 19.2.3. Prečišćavanje i ispuštanje vode iz sistema odvodnje objekata

Prečišćavanje i ispuštanje voda iz sistema odvodnje objekata treba izvesti u skladu sa vodoprivrednim zahtjevima. Ovi zahtjevi se odnose na sprečavanje i smanjenje onečišćenja voda i tla vodama koje dopiju sa kolovoza. Obzirom da objekti na autocesti zajedno sa trasom autoceste predstavljaju jednu cjelinu, potrebno se pridržavati svih zahtjeva, uvjeta i propisa navedenih u Poglavlju 19.1 ovog dokumenta.

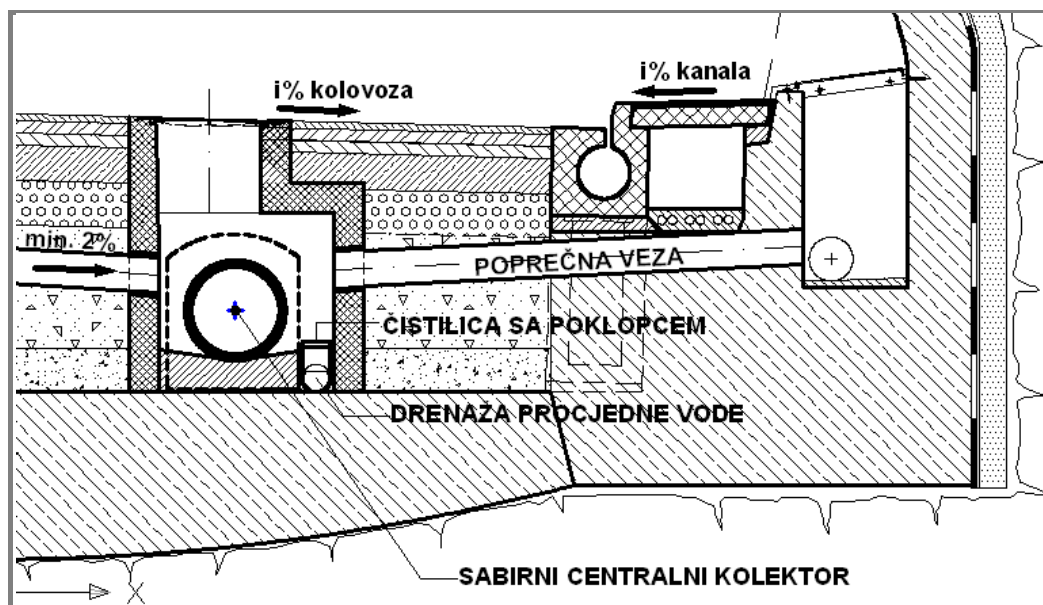
## 19.3. Odvodnja u tunelima

### Uvod

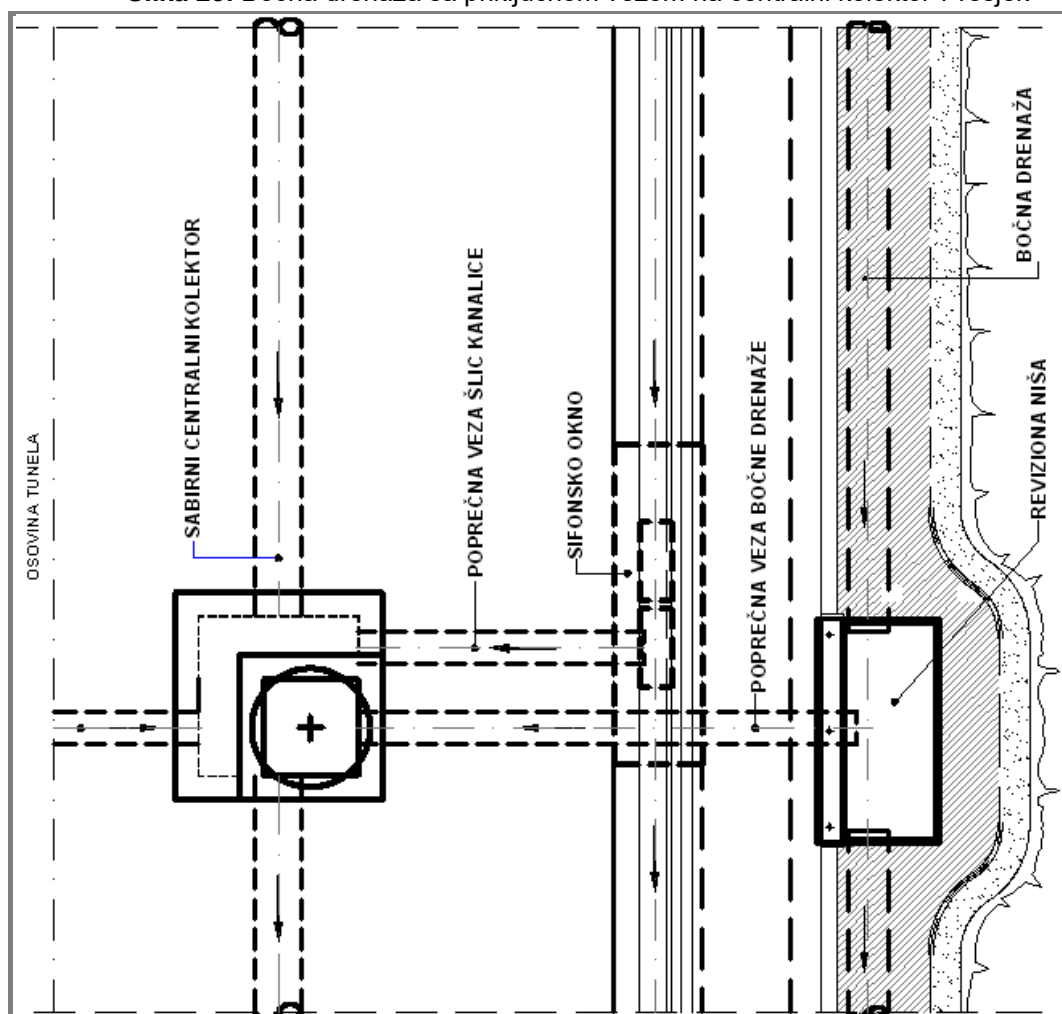
Projektno rješenje sistema odvodnje vode iz tunela treba biti koncipirano tako da sve tekućine, koje na bilo koji način dopiju na kolovozne i druge površine unutar tunela, budu najkraćim putem prikupljene i kontrolirano vođene ka portalima tunela, te dalje do recipijenta, odnosno uređaja za prihvatanje ili tretman prikupljenih voda autoceste. Odvodnju tunela je potrebno projektovati na način koji podrazumijeva izgradnju sistema odvodnje za prihvrat i evakuiranje podzemnih i procjednih voda, te prihvrat i evakuiranje incidentne tekućine.

#### 19.3.1. Sistem vanjske odvodnje - bočne drenaže

Vanjska odvodnja tunela obuhvata sistem bočnih drenaža sa perforacijama na 220° (vodoprijemna zona 200 cm<sup>2</sup>/m') koje imaju svrhu prihvatanja stijenske (podzemne) vode duž tunela. Kako bi se osiguralo adekvatno čišćenje, održavanje i funkcionalnost bočnih drenaža predviđena je izvedba revizionih niša na maksimalnom razmaku  $L \leq 60,0$  m'. U slučaju nefunkcioniranja (začepljenja) sistema bočnih drenaža (na bilo kojoj tački poprečnog presjeka), potrebno je predvidjeti poprečne veze sa ciljem evakuiranja podzemnih voda u zoni između primarne i sekundarne podgrade. Poprečne veze su pozicionirane na razini perforacija cijevi bočnih drenaža, te iste imaju funkciju preljeva. Cijevi poprečnih veza se izvode bez perforacija sa minimalnim nagibom od 2% i unutarnjeg promjera cijevi DN/ID 200 mm. Sve poprečne veze koje prolaze kroz trup kolovoza u tunelu je potrebno izvoditi na način koji podrazumijeva izradu betonske podloge i AB obloge oko cijevi. Kvalitet betona za izradu betonske podloge i AB obloge je C25/30. Armiranje se vrši korištenjem armaturnih mreža Q188. Debljina betonske podloge iznosi oko 10 cm, dok minimalna debljina AB obloge iznosi 15 cm. Prikaz bočne drenaže (presjek i osnova ) sa revizionim nišama predstavljen je u nastavku.



**Slika 23:** Bočna drenaža sa priključnom vezom na centralni kolektor-Presjek



**Slika 24:** Bočna drenaža sa priključnom vezom na centralni kolektor-Osnova

U fazi izrade projektnog rješenja, promjer cijevi bočne drenaže se određuje hidrauličkim proračunom, u skladu sa raspoloživim podacima o količinama podzemnih voda. U projektnoj dokumentaciji je neophodno dati uzdužni profil cijevi bočne drenaže, poprečni presjek, osnovu

i detalje za izvođenje, te specifikaciju cijevnog materijala koja treba da je u svemu prema DIN 4262-1, BAS EN 14364:2014 i ÖNORM B5161, BAS EN 1401-1:2010 i BAS EN 1852-1:2010, u zavisnosti od izbora materijala.

U fazi izvođenja radova u tunelu (bušenje tunela i izrada primarne obloge), a prije izgradnje bočnih drenaža potrebno je izvršiti monitoring količine podzemnih voda i dodatna hidrološka ispitivanja, te na osnovu istih izvršiti provjeru projektantskog hidrauličkog proračuna.

Pored navedenog, u fazi izvođenja radova je potrebno izvršiti ispitivanje kvaliteta i kvantiteta podzemnih voda (koje dotiču do bočne drenaže), te izvršiti analizu mogućnosti korištenja vode iz bočne drenaže u svrhu vodosnabdijevanja tunela (voda za protivpožarnu zaštitu). Sve eventualno dodatne radove i aktivnosti koji nastanu zbog prilagođavanja sistema vanjske odvodnje stanju na terenu, potrebno je uključiti u iznos ponude osnovnih radova.

U fazi izvođenja radova posebnu pažnju je potrebno posvetiti tokom betoniranja revizionih niša i tajače cijevi, kako bi se spriječio prodor betona i cementnog mlijeka u sistem bočnih drenaža. Ugradnja cijevi bočne drenaže se vrši na način da se na prethodno očišćenu betonsku podlogu ugradi sloj betona, te nakon postavljanja cijevi u svježi beton pristupi izradi betonske tajače. Ugrađene cijevi bočne drenaže se zasipaju drenažnim betonom.

Drenažni (porozni) beton se spravlja od cementa, frakcije 16/32 mm i vode. Količina vode koja se upotrebljava ne smije preći količinu potrebnu za pokrivanje svih čestica agregata i cementa. Kvalitet ugrađene bočne drenaže se dokazuje CCTV inspekcijom uključujući i poprečne veze.

#### **19.3.1.1. Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju bočnih drenaža u tunelima**

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika za sistem vanjske odvodnje – bočne drenaže je dat u narednoj tabeli. Istih se je potrebno pridržavati tokom projektovanja i izgradnje, a sve u skladu sa važećim propisima i standardima.

| SISTEM VANJSKE ODVODNJE - BOČNE DRENAŽE                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                                           | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Relevantni standardi/normativi                                                                    |
| BOČNE DRENAŽE                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                   |
| Lokacija                                                       | - Na spoju primarne i sekundarne obloge tunela.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                   |
| Dimenzije i osnovni uvjeti                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Promjer cijevi se određuje hidrauličkim proračunom, a preporučuje se minimalni unutrašnji promjer cijevi DN/ID 200 mm;</li> <li>- Razmak revizionih niša <math>\leq 60</math> m'.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                |                                                                                                   |
| Materijali                                                     | <b>Cijevi bočne drenaže:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                   |
|                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bočne drenaže trebaju biti izrađeni od materijala <b>sa punom stijenkom</b>, perforacijama 220 °, širinom perforacija 1.2 mm, te tjemene krutosti <math>SN \geq 8</math> kN/m<sup>2</sup> i propusne moći od 200cm<sup>2</sup>/m'.</li> </ul>                                                                                                                                               | DIN 4262-1                                                                                        |
|                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materijali koji se mogu upotrebljavati su:</li> <li>- Polipropilenske cijevi - PP sa punom stijenkom i glatkom unutrašnjosti, Tip R3, <math>SN \geq 8</math> kN/m<sup>2</sup>)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                   | BAS EN 1852-1:2010<br>DIN 4262-1 Tip R3                                                           |
|                                                                | <b>Revizione niše</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                   |
|                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armirani beton C30/37 sa sulfatnim cementom;</li> <li>- Poklopac na revizionim nišama: Inox u punoj širini otvora niše;</li> <li>- Inox penjalice za pristup revizionoj niši;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                    | BAS EN 124:2002<br>BAS EN 14396:2008                                                              |
| Kvalitet izvedenih radova                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CCTV inspekcija završenih radova;</li> <li>- Prije CCTV inspekcije potrebno je izvršiti čišćenje i ispiranje cjevovoda pod pritiskom od max. 360 bara (pritisak mlaznice), uključujući lančano čišćenje po potrebi;</li> <li>- CCTV inspekcija se vrši za cjelokupan sistem uključujući i poprečne veze;</li> </ul>                                                                         | BAS EN 13508-1:2014<br>BAS EN 13508-2+A1:2012                                                     |
| Održavanje                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Svi dijelovi bočne drenaže moraju biti redovno održavani i u svakom trenutku dostupni;</li> <li>- Ispiranje i čišćenje sistema vršiti svaka 3 mjeseca, odnosno u skladu sa upustvom za održavanje sistema;</li> <li>- Kvalitet cijevnog materijala treba osigurati postojanost kod ispiranja pod pritiskom od max. 360 bara (pritisak mlaznice), uključujući i lančano čišćenje.</li> </ul> | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku |
| CIJEVI ZA POPREČNU VEZU BOČNE DRENAŽE SA CENTRALNIM KOLEKTOROM |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                   |
| Lokacija                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- U kolovoznoj konstrukciji tunela (od revizione niše bočne drenaže do revizionog okna centralnog sabirnog kolektora)</li> <li>- Podužno na svakih <math>L \leq 60,0</math> m dužine tunela;</li> </ul>                                                                                                                                                                                       |                                                                                                   |

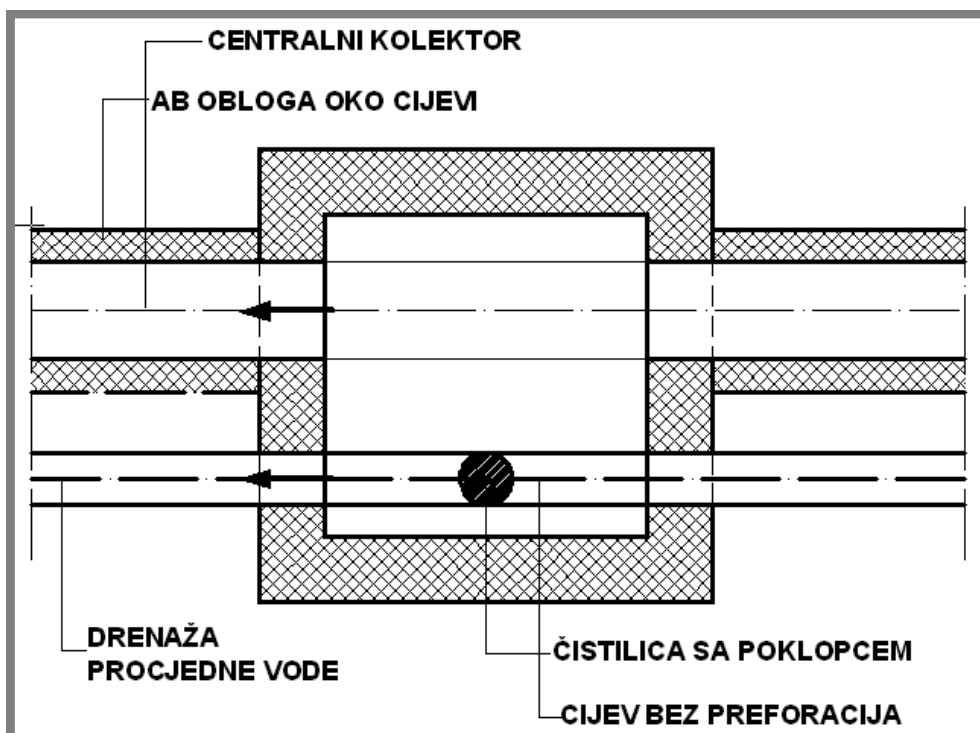
| SISTEM VANJSKE ODVODNJE - BOČNE DRENAŽE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                   |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                    | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Relevantni standardi/normativi                                                                    |
| Dimenzije                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unutrašnji promjer cijevi se određuje hidrauličkim proračunom, a preporučuje se minimalni unutrašnji promjeri cijevi DN/ID 200 mm;</li> <li>- Minimalni nagib cijevi 2 %.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                   |
| Materijali                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cijevi koje se upotrebljavaju za poprečne veze trebaju biti izrađeni od materijala <b>sa punom stijenkom</b>, bez perforacija, tjemene krutosti <math>SN \geq 8 \text{ kN/m}^2</math>. Kvalitet cijevnog materijala treba osigurati postojanost kod ispiranja pod pritiskom od min 150 bara (pritisk mlaznice).</li> </ul>                                                                                                  | DIN 4262-1                                                                                        |
|                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materijali koji se mogu upotrebljavati je: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Termoplastični materijal</li> </ul> </li> <li>- Polipropilenske – PP cijevi <b>sa punom stijenkom</b> i glatkom unutrašnjosti, <math>SN \geq 8 \text{ kN/m}^2</math>) i</li> <li>- Polivinil-hlorid – PVC cijevi <b>sa punom stijenkom</b> i glatkom unutrašnjosti, tjemene krutosti <math>SN \geq 8 \text{ kN/m}^2</math>)</li> </ul> | DIN 4262-1<br>BAS EN 1852-1:2010<br><br>BAS EN 1401-1                                             |
| Kvalitet izvedenih radova               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CCTV inspekcija završenih radova;</li> <li>- Prije CCTV inspekcije potrebno je izvršiti čišćenje i ispiranje cjevovoda pod pritiskom od min. 150 bara (pritisk mlaznice);</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                        | BAS EN 13508-1:2014<br>BAS EN 13508-2+A1:2012                                                     |
| Održavanje                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Svi dijelovi poprečnih veza moraju biti redovno održavani i u svakom trenutku dostupni;</li> <li>- Ispiranje i čišćenje sistema vršiti svaka 3 mjeseca, odnosno u skladu sa upustvom za održavanje sistema;</li> <li>- Kvalitet cijevnog materijala treba osigurati postojanost kod ispiranja pod pritiskom od min. 150 bara (pritisk mlaznice).</li> </ul>                                                                 | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku |

Tabela 6: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju bočnih drenaža i pregled važećih normativa

### 19.3.2. Sistem odvodnje procjednih voda

Za osiguranje evakuiranja procjednih voda iz tunela koristi se sistem podužnog filtriranja i odvodnje vode. Odvodnja procjednih voda podrazumijeva izradu drenažnih slojeva odgovarajuće debljine, uključujući i duboku podužnu drenažu. Prilikom izvođenja sistema odvodnje procjednih voda potrebno je koristiti drenažne i mršave betone, filterske materijale, geotekstile i termoplastične cijevi odgovarajućeg promjera. Obzirom da drenažne cijevi za procjedne vode tunela prolaze kroz reviziona okna sabirnog centralnog kolektora, na cijevima za odvodnju procjednih voda unutar revizionih okana je potrebno predvidjeti čistilicu sa poklopcem. Sistem odvodnje procjednih voda se izvodi perforiranim cijevima do ulaza u reviziona okna, a dio cijevi koji prolazi kroz reviziono okno i na kojem je predviđena čistilica sa poklopcem, izvodi se od cijevi bez perforacija (puna cijev).

Na ovaj način se sprječava eventualni povrat vode iz sabirnog kolektora u drenažni kolektor bez eliminiranja mogućnosti revizije sistema.



Slika 25: Detalj drenaže za procjedne vode

Raspored drenažnih slojeva treba biti takav da, i u slučaju začepjenja podužne duboke drenaže, omogućavaju neometano filtriranje vode izvan tunelske konstrukcije u određenom vremenskom periodu.

Ispuštanje procjednih voda se vrši direktno u recipijent bez prethodnog prečišćavanja. U slučaju priključenja na druge sisteme odvodnje, potrebno je predvidjeti zaštitu od povratnog toka. Kvalitet ugrađenih cijevi za odvodnju procjedne vode se dokazuje CCTV inspekcijom.

#### 19.3.2.1. Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sistema odvodnje procjednih voda

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika za sistem odvodnje procjednih voda je dat u narednoj tabeli. Istih se je potrebno pridržavati tokom projektovanja i izgradnje, a sve u skladu sa važećim propisima i standardima.

| CIJEVI ZA PRIKUPLJANJE PROCJEDNIH VODA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                   |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                   | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Relevantni standardi/normativi                                                                    |
| Lokacija                               | - Donja kota kolovozne konstrukcije.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                   |
| Dimenzije                              | - Promjer cijevi se određuje proračunom, dok se preporučuje da minimalni unutrašnji promjer cijevi bude DN/ID 150 mm.                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                   |
| Materijali                             | - Cijevi trebaju biti izrađene <b>od materijala sa punom stijenkom</b> , perforacijama 220°, širinom perforacija 1.2 mm, te tjemene krutosti $SN \geq 8 \text{ kN/m}^2$ ;                                                                                                                                                                                                | DIN 4262-1.                                                                                       |
|                                        | - Cijevi koje prolaze kroz reviziona okna sabirnog centralnog kolektora trebaju biti izrađene od materijala <b>sa punom stijenkom bez perforacija</b> , tjemene krutosti $SN \geq 8 \text{ kN/m}^2$ sa čistilicom i poklopcem.                                                                                                                                           |                                                                                                   |
|                                        | Materijal koji se upotrebljava za cijevi:<br>- Polipropilenske - PP cijevi sa <b>punom stijenkom</b> i glatkom unutrašnjosti, Tip R3, $SN \geq 8$ );<br>- Polivinil-hlorid - PVC cijevi sa <b>punom stijenkom</b> i glatkom unutrašnjosti, Tip C2, tjemene krutosti $SN \geq 8 \text{ kN/m}^2$ )                                                                         | DIN 4262-1 Tip R3<br>BAS EN 1852-1:2010<br>BAS EN 1401-1                                          |
| Kvalitet izvedenih radova              | - CCTV inspekcija završenih radova;<br>- Prije CCTV inspekcije potrebno je izvršiti čišćenje i ispiranje cjevovoda pod pritiskom od min. 150 bara (pritisak mlaznice).                                                                                                                                                                                                   | BAS EN 13508-1:2014<br>BAS EN 13508-2+A1:2012                                                     |
| Održavanje                             | - Svi dijelovi moraju biti redovno održavani i moraju biti u svakom trenutku dostupni;<br>- Ispiranje i čišćenje sistema vršiti svaka 3 mjeseca, odnosno u skladu sa upustvom za održavanje sistema pripremljenog od strane proizvođača;<br>- Kvalitet cijevnog materijala treba osigurati postojanost kod ispiranja pod pritiskom od min. 150 bara (pritisak mlaznice). | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku |

Tabela 7: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sistema odvodnje procjednih voda i pregled važećih normativa

### 19.3.3. Sistem unutrašnje odvodnje

Vode sa kolovoza u tunelu se prikupljaju putem otvorenog ivičnjaka (kontinualne „šlic“ drenažne kanalice). Kontinualne „šlic“ drenažne kanalice se pozicioniraju na nižoj strani kolovoza, odnosno prate poprečni nagib kolovoza u tunelu.

Sistem unutrašnje odvodnje sastoji se od:

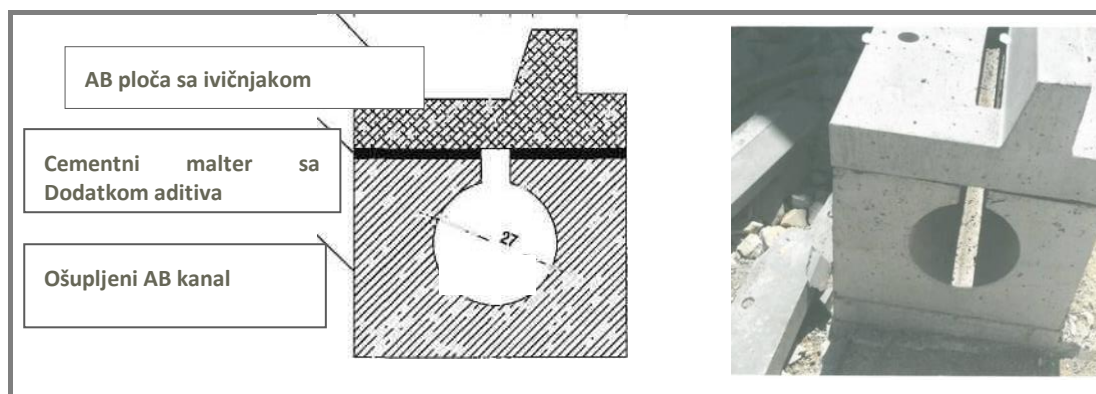
- Kontinualnih „šlic“ drenažnih kanalic i
- Sifonskog revizionog okna sa pregradom i poklopcem;

## **Kontinualne „šlic“ drenažne kanalice**

Kontinualne „šlic“ drenažne kanalice se mogu izvoditi monolitno (na licu mjesta) ili montažno. U slučaju monolitne izvedbe kontinualnih „šlic“ drenažnih kanalica, drenažne kanalice se izvode iz dva dijela. Prvi dio kontinualnih „šlic“ kanalica je AB kanal okruglog poprečnog presjeka, a drugi dio je AB ploča sa ivičnjakom. Tehnologija ugradnje kontinualnih „šlic“ kanalica koje se izvode na licu mjesta je sljedeća:

- Postavljanje armaturnog koša, koji se sastoji od armaturnih mreža Q188 i ankera  $\Phi 16\text{mm}$ ;
- Postavljanje dvostrane oplata;
- Postavljanje unutrašnje klizne oplata od čelične cijevi dužine 12 m;
- Ugradnja betona C35/45 sa mikro vlaknima;

Nakon određenog vremena od završetka betoniranja kampade AB kanala klizna oplata se izvlači ka sljedećoj kampadi. Na mjestu spoja između kampada ostavlja se „žlijeb“- nastavak za sljedeću kampadu. U žlijeb se ugrađuje zaptivna guma, čija je funkcija obezbjeđenje vodonepropusnosti spoja između dvije kampade. Karakteristike zaptivne gume moraju biti u svemu prema BAS EN 681-1:2003 (Elastomerne brtve – Zahtjevi za materijal brtvi za cjevovode namijenjene za transport vode i odvodnju). Obzirom da se kod ovakvog načina izvedbe kontinualna „šlic“ kanalica sastoji iz dva spojna elementa, potrebno je obezbijediti stabilnost i vodonepropusnost spoja donjeg dijela kanalice i AB ploče. Ovaj spoj je potrebno uraditi od sulfatno otpornog cementnog maltera u koji se dodaju aditivi za vodonepropusnost. Prije ugradnje monolitnih kontinualnih „šlic“ drenažnih kanalica u tunelu, potrebno je uraditi probnu dionicu u dužini od dvije kampade (24 m), sa montažom AB ploča sa ivičnjakom, te ispitati vodonepropusnost svih spojeva i stabilnost spojenih dijelova kanalice. Bitno je naglasiti da bez obzira što se kontinualna „šlic“ drenažna kanalica izvodi iz dva dijela, neophodno je obezbijediti kompaktnost i vodonepropusnost elementa kao cjeline. Poprečni presjek AB kontinualne „šlic“ drenažne kanalice je prikazan na sljedećoj slici, dok su tehnički zahtjevi kojih se treba pridržavati tokom projektovanja i ugradnje kanalice dati u poglavlju 19.3.3.1 (Tabela 8).



**Slika 26:** Prikaz kontinualne „šlic“ drenažne kanalice

U slučaju izvedbe montažnih kontinualnih „šlic“ kanalica potrebno je obezbijediti vodonepropusnost spoja između montažnih elementa. Na mjestu spoja između dva elemenata ugrađuje se zaptivna masa (poliuretanska smjesa) koja je otporna na hemijske uticaje, te kojom se postiže vodonepropusnost spoja između montažnih elemenata.

Obzirom da se montaža gotovih elemenata („šlic“ drenažnih kanalica) vrši na podnožni svod, nepohodno je adekvatno osigurati vezu između montažnih kanalica i podnožnog svoda, kao i stabilnost samih kanalica. Također, kod odabira ugradnje montažnih kontinualnih „šlic“

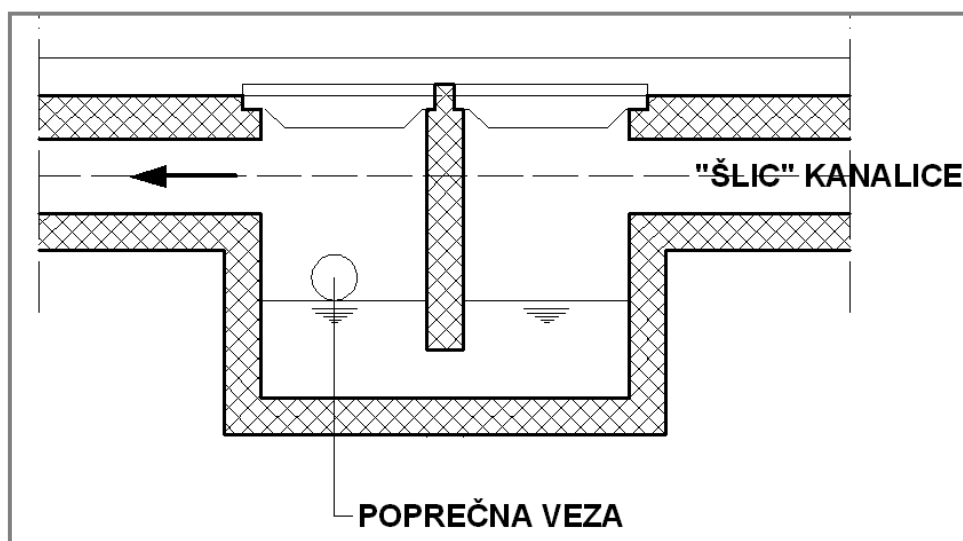
kanalica treba preferirati elemente većih dužina, kako bi se smanjio broj spojeva koji su potencijalne slabe tačke sistema. Prije ugradnje i usvajanja metodologije izvođenja radova, potrebno je uraditi probnu dionicu u dužini od 12 m, te izvršiti provjeru vodonepropusnosti spojeva, kao i stabilnosti elemenata.

### **Sifonsko reviziono okno**

Razmak između sifonskih revizionih okana ne smije biti veći od 65 m. Sifonska revizionna okna u sistemu kontinualnih „šlic“ drenažnih kanalisa, pored revizije, služe i za sprečavanje širenja požara duž tunela.

Visina poprečne veze u sifonskom šahtu ne smije prelaziti visinu donjeg nosivog sloja (tamponskog sloja), predviđenog u sklopu izrade kolovozne konstrukcije. Imajući u vidu navedeno, potrebno je definirati visinu poprečne veze i dubinu pregrade unutar sifonskog okna. Visinska razlika između kote izlaza vode iz sifonskog okna i dna pregrade, odnosno dubina uranjanja pregrade treba da iznosi minimum 15 cm.

Sistem unutrašnje odvodnje se dimenzionira na način koji garantira prihvatanje mjerodavnog dotoka od 100 (l/s) na bilo kom rasteru kontinualne „šlic“ kanalice. Osim ovog ključnog zahtjeva, koji se odnosi prvenstveno na prihvatanje mjerodavne količine incidentnog onečišćenja, podrazumijeva se da je sistem odvodnje projektovan i osposobljen za nesmetani prihvatanje mjerodavne protivpožarne količine vode od 20 (l/s) ili onečišćene vode tokom pranja tunela od mjerodavnih 10 (l/s).



**Slika 27:** Detalj sifonskog šahta sa poprečnom vezom na centralni sabirni kolektor

Samo u iznimnim slučajevima lokacija sifonskog okna može biti u ravni sa revizionom drenažnom nišom. Ukoliko sifonsko okno leži u istoj ravni sa revizionom drenažnom nišom obavezno je poštivanje uvjeta kojim se spriječava mogućnost pojave povratnog toka u sistemu vanjske odvodnje.

Ovaj uvjet definira visinsku razliku kote ulaza i izlaza poprečne veze iz sifonskog okna:

$$K_{up} = K_{izvp} + 2 \times DN \text{ (OD)} \quad (19.3.1)$$

gdje je,

**Kup** – *kota ulaza poprečne veze u sifonsko okno (sekcija: reviziona niša – sifonsko okno);*

**Kizpv** – *kota izlaza poprečne veze iz sifonskog okna (sekcija: sifonsko okno – reviziono okno sabirnog centralnog kolektora).*

**DN (OD)**– *vanjski promjer cijevi*

Uz zadovoljenje uvjeta kojim se sprječava mogućnost pojave povratnog toka u sistemu vanjske odvodnje, moguće je spojiti revizionu nišu sa sifonskim oknom i na taj način smanjiti broj ukupnih poprečnih veza u tunelu.

#### **19.3.3.1. Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sistema unutrašnje odvodnje**

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika za sistem unutrašnje odvodnje tunela je dat u narednoj tabeli. Istih se je potrebno pridržavati tokom projektovanja i izgradnje, a sve u skladu sa važećim propisima i standardima.

| SISTEM UNUTRAŠNJE ODVODNJE           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                 | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Relevantni standardi/normativi                                                                                                                            |
| KONTINUALNE „ŠLIC“ DRENAŽNE KANALICE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                           |
| Lokacija                             | - Rub kolovoza ( na nižoj strani).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                           |
| Dimenzije                            | - Promjer svijetlog otvora se određuje hidrauličkim proračunom;<br>- Minimalni svijetli otvor DN/ID 200 mm, ali je potrebno uraditi hidraulički proračun u cilju usvajanja potrebnih dimenzija.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                           |
| Materijali                           | - Mikroarmirani beton sa plastičnim vlaknima sadržaja $>1,0 \text{ kg/m}^3$ prema ÖVBB smjericama za mikroarmirani beton.;<br>- Uvjeti otpornosti na mraz, sol, te hemijsko-agresivne medije moraju biti ispoštovani uz obavezno korištenje sulfatno-otpornog cementa i dodatak mikrosilike;<br>- Zahtijevana klasa betona je C35/45, XA3/ XD3, $D_{\max} = 16 \text{ mm}$ , F4 konzistencija <sup>11</sup> ;<br>- Alternativno, polimerni beton sa ekvivalentnim osobinama. Uvjeti su: čvrstoća na savijanje $\geq 20 \text{ N/mm}^2$ (srednja vrijednost iz 3 probe), upijanje vode 0 mm i $P_H$ vrijednost 2-12.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | BAS EN 14889-2:2009.<br>BAS EN 1433:2005<br>BAS EN 1433/A1:2010<br>BAS EN 1917:2007<br>BAS EN 1917/Cor2:2010<br>BAS EN 206:2014                           |
| SIFONSKO REVIZIONO OKNO              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                           |
| Lokacija                             | - Na svakih $L \leq 65,0 \text{ m'}$ sistema unutrašnje odvodnje.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                           |
| Dimenzije                            | - Dimenzije sifonskog okna je potrebno odrediti na osnovu proračuna, a u zavisnosti od rasporeda okana i količine vode koja se prikuplja sistemom unutrašnje odvodnje.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                           |
| Materijali                           | - Mikroarmirani beton sa plastičnim vlaknima sadržaja $>1,0 \text{ kg/m}^3$ prema ÖVBB smjericama za mikroarmirani beton.;<br>- Uvjeti otpornosti na mraz, sol, te hemijsko-agresivne medije moraju biti ispoštovani uz obavezno korištenje sulfatno otpornog cementa i dodatak mikrosilike.<br>- Zahtijevana klasa betona je C35/45, XA3/ XD3, $D_{\max} = 16 \text{ mm}$ , F4 konzistencija <sup>11</sup> ;<br>- Alternativno, polimerni beton sa ekvivalentnim osobinama. Uvjeti su: čvrstoća na savijanje $\geq 20 \text{ N/mm}^2$ (srednja vrijednost iz 3 probe), upijanje vode 0 mm i $P_H$ vrijednost 2-12;<br>- Poklopac sifonskog revizionog okna je punog presjeka, izrađen od ductil iron-a, bez bilo kakvih otvora na poklopcu. Na sifonsko reviziono okno se ne smije postavljati rešetka ili poklopac sa otvorima (šupljinama) iz razloga što sifonsko okno služi za sprečavanje širenja požara u tunelu. | BAS EN 1917:2007<br>BAS EN 1917/Cor2:2010<br>BAS EN 1433:2005<br>BAS EN 14889-2:2009<br><br>BAS EN 1433/A1:2010<br>BAS EN 206:2014<br><br>BAS EN 124:2002 |

| SISTEM UNUTRAŠNJE ODVODNJE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                   |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                       | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Relevantni standardi/normativi                                                                    |
| Kvalitet izvedenih radova  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prije izrade slojeva kolovozne konstrukcije potrebno je izvršiti ispitivanje vodonepropusnosti sistema.</li> <li>- Ispitivanje vodonepropusnosti sistema vrši nakon izvršenih svih priključaka, kako bi se cjelokupan sistem bio obuhvaćen (priključne veze, šlic kanalice i sifonska revizionna okna);</li> </ul> | BAS EN 1610:2002                                                                                  |
|                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CCTV inspekcija završenih radova se radi za poprečne veze, i „šlic“ kanalice. Za sifonska revizionna okna vrši se vizualni pregled izvedenih radova od strane Nadzornog inženjera;</li> <li>- Prije CCTV i vizualne inspekcije potrebno je izvršiti čišćenje i ispiranje cjevovoda pod pritiskom.</li> </ul>       | BAS EN 13508-1:2014<br>BAS EN 13508-2+A1:2012                                                     |
| Održavanje                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Svi dijelovi sistema unutrašnje odvodnje ("šlic" kanalice i sifonska okna) moraju biti redovno održavani i u svakom trenutku dostupni;</li> <li>- Ispiranje i čišćenje sistema pod pritiskom vršiti svakih 3 mjeseca;</li> </ul>                                                                                   | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku |

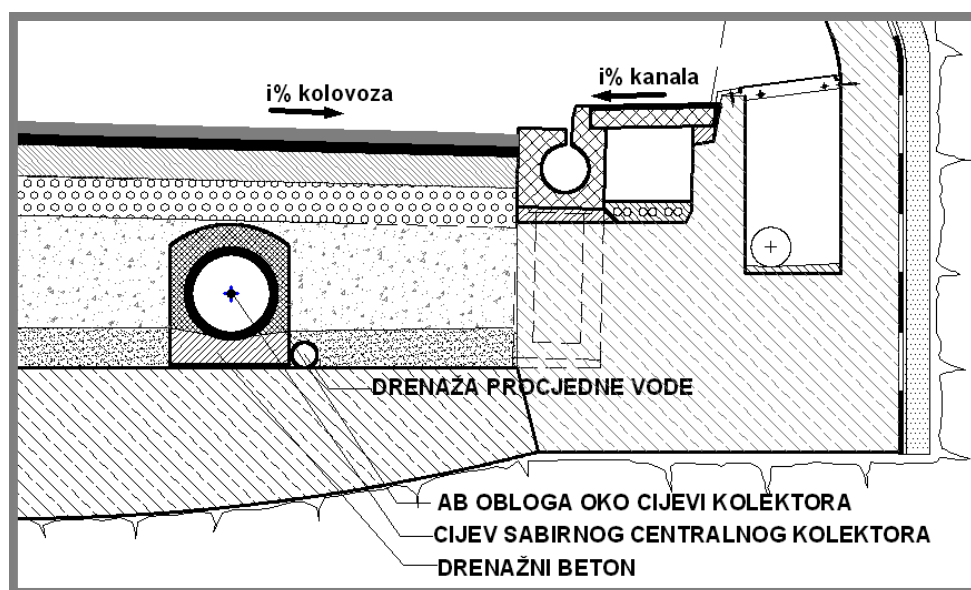
Tabela 8: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju za sistem unutrašnje odvodnje i pregled važećih normativa

#### 19.3.4. Sabirni centralni kolektor

Sabirni centralni kolektor ima funkciju evakuacije podzemnih voda u slučaju nefunkcioniranja sistema bočnih drenaža, kao i vode sa kolovoza (uključujući incidentnu tekućinu/onečišćenje). Bočne drenaže su povezane sa centralnim kolektorom pomoću preliva u revizionim nišama, a sifonska okna kontinuiranih „šlic“ kanalice su spojena sa centralnim kolektorom (na mjestu revizionih okana) poprečnim vezama. Priključak poprečnih veza se ostvaruje na mjestu revizionih okana centralnog sabirnog kolektora.

Sabirni centralni kolektor treba dimenzionirati uzimajući u obzir količinu podzemne vode uslijed eventualnog preljeva iz sistema vanjske odvodnje i hidrauličke parametre korištene kod dimenzioniranja sistema unutrašnje odvodnje tunela. Tehnologija izvedbe sabirnog centralnog kolektora, koji je pozicioniran u sredini prometne trake, obuhvata izradu betonske podloge i AB obloge. Podloga se izvodi od drenažnog (poroznog) betona, kako bi se omogućio dotok procjedne vode do drenažnog kolektora. Za izradu AB obloge oko cijevi koristiti beton klase čvrstoće C25/30, armaturne mreže Q 188 i armaturne šipke (ankere)  $\Phi 16$  mm

Na dijelu tunela gdje se izvodi betonski podnožni svod (Slika 28), cijev sabirnog centralnog kolektora se ugrađuje na način da se u betonski svod ugrade ankeri  $\Phi 16$  mm, na koje se potom zavari horizontalna armaturna šipka istog poprečnog presjeka. Primjenom ove tehnologije izvođenja postiže se bolja strukturalna stabilnost kolektora i povećava stepen efikasnosti odvodnjavanja, što je uvjetovano izvedbom kontinuiranog pada kolektora sa minimalnim odstupanjima u promjeni nagiba cjevovoda tokom ugradnje. Nakon toga, izrađuje se betonska podloga cijevi do drenažnog betona, te se na horizontalne šipke vrši montaža cijevi kolektora. Nakon montaže cijevi centralnog kolektora, pristupa se ugradnji armaturnih mreža i betoniranju obloge oko cijevi.



**Slika 28:** Detalj centralnog sabirnog kolektora u tunelu

Na dijelu tunela gdje se ne izvodi podnožni svod centralni sabirni kolektor se izvodi na način da se prethodno uradi nasipanje ili iskop materijala do donje kote na koju se ugrađuje cijev kolektora. Betonska podloga i AB obloga oko cijevi se izvodi na isti način kao i na dijelu tunela sa podnožnim svodom.

### **Reviziona (kontrolna) okna/šahтови centralnog sabirnog kolektora**

Reviziona okna sabirnog kolektora se izvode na mjestima priključenja poprečnih veza na sabirni centralni kolektor na maksimalnom razmakom od  $L=60$  m. Reviziono okno se sastoji od ulaznog otvora i radne komore, a može se izvoditi kao montažno ili monolitno. Obzirom da se nalaze u kolovozu, potrebno je da se ista izvode od betona klase čvrstoće C30/37. Reviziona okna trebaju biti projektovana i izvedena tako da izdrže sva opterećenja kojima mogu biti izložena tokom izgradnje i eksploatacije tunela bez gubitaka prvobitne namjene i štete po okolinu. Konstruktivni elementi revizionih okana (debljina ploče, zidova itd.) se određuju prema statičkom proračunu u fazi projektovanja.

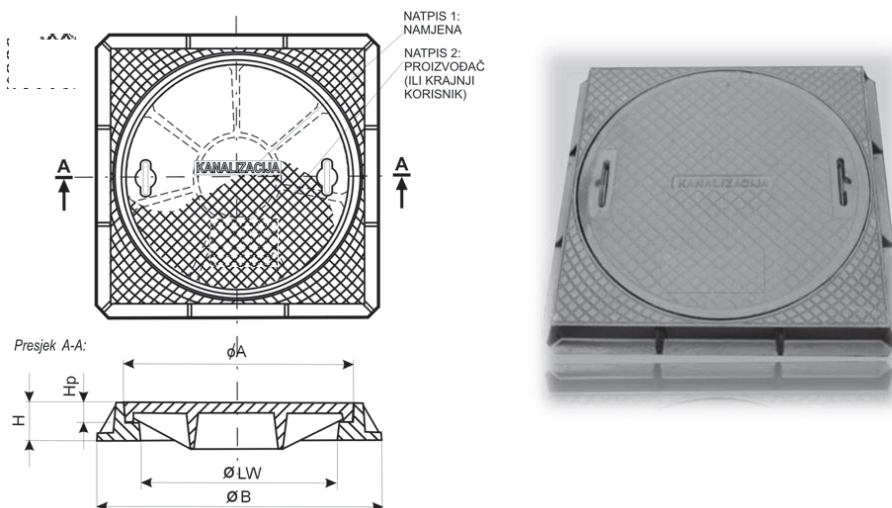
Unutrašnje dimenzije ili promjer revizionog okna zavise od promjera cijevi sabirnog centralnog kolektora. Minimalna unutrašnja dimenzija revizionog okna je: 100x100 cm za reviziona okna kvadratnog poprečnog presjeka ili  $\Phi 100$  cm za reviziona okna kružnog poprečnog presjeka.

Pored statičke otpornosti, reviziona okna sabirnog centralnog kolektora trebaju zadovoljiti zahtjeve koji se odnose na vodonepropusnost i otpornost na agresivna dejstva hemikalija. U unutrašnjosti okna se montiraju Inox penjalice za pristup radnika za održavanje sistema. Dno okna se oblikuje betonom klase C30/37 u obliku kinete kako bi se usmjerilo tečenje otpadne vode. Na ulazni otvor revizionog okna neophodno je ugraditi kružni kanalizacijski poklopac kvadratnog okvira.

Ugrađeni poklopci trebaju zadovoljiti sljedeće:

- Minimalna klasa poklopca treba biti D 400 (nosivost 400 kN);
- Poklopac ne smije imati ventilacijske otvore;
- Minimalni promjer otvora okvira (svijetla širina) je 600 mm;
- Ukupna veličina zazora ( $a_1 + a_2 = a$ ) između poklopca i okvira treba biti manja ili jednaka 9,0 mm;
- Minimalna dubina uklapanja poklopca u okvir (A) treba biti 50 mm;
- Visina okvira za poklopac klase D 400 iznosi minimalno 100 mm. Navedena veličina se može smanjiti do 75 mm, ukoliko:
  - se okvir nalazi u betonskom ležaju minimum C35/45 tako da postoji povezanost između okvira i betona;
  - ako okvir ima sidrišta i ako je učvršćen pomoću istih
- Kontaktne površine okvira i poklopca (površina na kojoj poklopac naliježe na okvir) trebaju biti međusobno usklađene, odnosno izvedene na način koji osigurava stabilan i miran položaj poklopca;
- Ležaj okvira mora biti tako napravljen da pritisak na ležaj okvira pri ispitnoj sili ne prekorači veličinu od 7,5 N/mm<sup>2</sup> i da pod radnim uvjetima osigurava stabilnost;
- Površina poklopca mora biti ravna. Maksimalno odstupanje sa aspekta nivelacije iznosi 0,8% u odnosu na svijetlu širinu poklopca ( $O = 600 \text{ mm} \cdot 0,8\% = 4,8 \text{ mm}$ );
- Površina poklopca i okvira treba biti strukturirana. Visina povišenih dijelova za klasu D 400 iznosi 3-8 mm. Povišena površina ne smije biti manja od 10% niti veća od 70% ukupne površine poklopca i okvira;
- Okvir i poklopac trebaju biti ispitani i označeni, u svemu prema BAS EN 124:2002.

Prikaz okvir i poklopaca revizionog okna dat je na slici ispod.



**Slika 29:** Detalj okvira i poklopca revizionog okna

#### **19.3.4.1. Ispitivanje vodonepropusnosti**

Obzirom da je vodonepropusnost jedan od osnovnih uvjeta koji sistem treba ispuniti, nakon izvršene montaže cijevi neophodno je izvršiti ispitivanje vodonepropusnosti sistema odvodnje. Ispitivanje vodonepropusnosti sistema unutrašnje odvodnje se mora izvesti u skladu sa normom BAS EN 1610:2002. Bitno je napomenuti da se ispitivanje vodonepropusnosti sistema izvodi neposredno nakon ugradnje cijevi, te prije izrade AB obloge oko cijevi, jer svi spojevi moraju biti vidljivi, kako bi se omogućila inspekcija istih.

#### **19.3.4.2. Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sabirnog centralnog kolektora**

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika za sabirni centralni kolektor, te pregled važećih normi dat je u narednoj tabeli i istih se je potrebno pridržavati tokom projektovanja i izgradnje sistema, a sve u skladu sa važećim propisima i standardima.

| SABIRNI CENTRALNI KOLEKTOR |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                    |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                       | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Relevantni standardi/normativi                                                                     |
| Lokacija                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sredina prometne preticajne trake,</li> <li>- Donja kota kolovozne konstrukcije tunela.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                    |
| Dimenzije                  | <p><b>KOLEKTOR:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Promjer cijevi odrediti na osnovu hidrauličkog proračuna. Minimalni unutrašnji promjer cijevi je DN/ID 300 mm;</li> </ul> <p><b>REVIZIONO OKNA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Svijetle dimenzije u tlocrtu: 100x100 cm ili DN /ID 100cm;</li> <li>- Razmak između revizionih okana <math>L \leq 60 \text{ m'}</math>;</li> </ul>                                                                                                                                                                                  |                                                                                                    |
| Materijali                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materijali koji se mogu upotrebljavati za kolektor su:</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                    |
|                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Termoplastični materijali (polivinil hlorid - PVC ili polipropilen - PP) sa <b>punom stijenkom</b> i glatkom unutarnjosti, <math>SN \geq 8 \text{ kN/m}^2</math>)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | DIN 4262-1 TIP C2<br>BAS EN 1852-1:2010                                                            |
|                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>b) Duroplastični materijali (armirani poliester - GRP, <math>SN \geq 5000</math>)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | BAS EN 14364+A1:2009 i<br>ÖNORM B5161                                                              |
|                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reviziona okna u kolovozu tunela koja moraju biti proizvedena od betona klase C30/37, XA3/XD3<sup>11</sup>;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DIN 1045-1<br>BAS EN 206:2014                                                                      |
|                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poklopac revizionog okna treba biti proizveden od ductil iron-a, klase nosivosti min. D 400 kN, kvadratnog okvira i kružnog poprečnog presjeka;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | BAS EN 124:2002                                                                                    |
|                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inox penjalice za pristup RO</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | BAS EN 14396:2008                                                                                  |
| Kvalitet izvedenih radova  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ispitivanje vodonepropusnosti sistema. Ispitivanje vodonepropusnosti uključuje ispitivanje kolektora i revizionih okana sa svim priključnim vezama;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | BAS EN 1610:2002                                                                                   |
|                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CCTV inspekcija završenih radova;</li> <li>- Prije CCTV inspekcije potrebno je izvršiti čišćenje i ispiranje cjevovoda pod pritiskom min. 150 bara (pritisak mlaznice).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | BAS EN 13508-1:2014<br>BAS EN 13508-2+A1:2012                                                      |
| Održavanje                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Svi dijelovi sistema (cijevi, reviziona okna) moraju biti redovno održavani i moraju biti u svakom trenutku dostupni;</li> <li>- Ispiranje i čišćenje sistema vršiti svaka 3 mjeseca;</li> <li>- Kvalitet cijevnog materijala treba osigurati postojanost kod ispiranja pod pritiskom od minimalno 150 bara (pritisak mlaznice).</li> <li>- Čišćenje sistema odvodnje treba vršiti visokotlačnom opremom sa pritiskom mlaznice od min. 150 bara, a sve u skladu sa uputvom za održavanje sistema, pripremljenog od strane proizvođača materijala.</li> </ul> | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku. |

Tabela 9: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sabirnog centralnog kolektora i pregled važećih normativa

### 19.3.5. CCTV inspekcija bočnih drenaža i centralnog sabirnog kolektora

CCTV inspekcija, odnosno snimanje kolektora robot–kamerom mora se vršiti nakon završetka svih radova na centralnom sabirnom kolektoru, bočnim drenažama i odvodnji procjednih voda. Detaljan opis za CCTV inspekciju je prezentiran u sklopu Poglavlja 19.1.3 ovog dokumenta („CCTV inspekcija sistema unutrašnje odvodnje“).

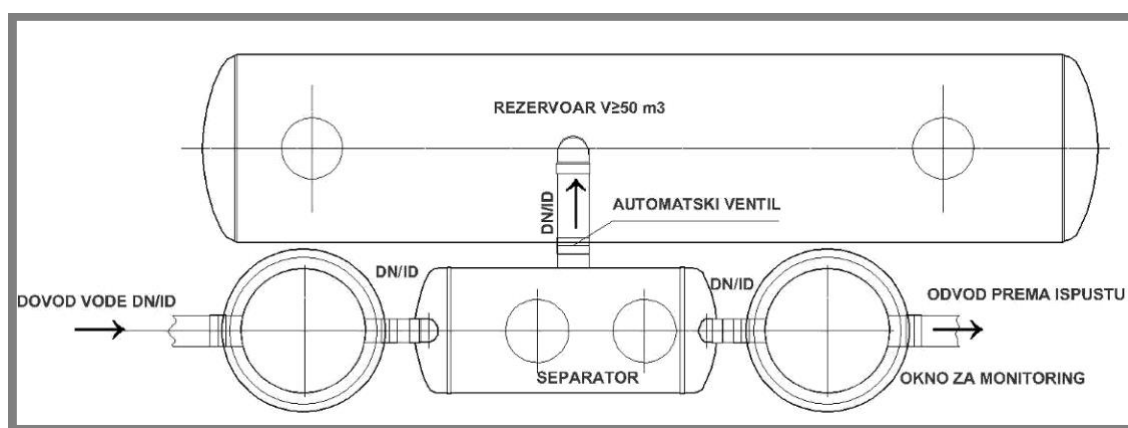
### 19.3.6. Sistemi za prečišćavanje zauljenih voda iz tunela/Sistemi vodozaštite

Ispust iz centralnog sabirnog kolektora je potrebno projektovati na način da se predvidi ugradnja separatora ulja i masti bez bypass-a, koji ima funkciju da prečisti manju količinu otpadne (zauljene) vode koja dopijeva u sistem (npr. uslijed pranja tunela). Step en prečišćavanja otpadne (zauljene) vode treba biti projektovan da ispuni sve uvjete i zahtjeve propisane važećom zakonskom regulativom<sup>17</sup>.

U slučaju incidentne situacije, odnosno pojave onečišćenja koje nije moguće na odgovarajući način prečistiti, ukupna količina otpadne vode se direktno preusmjerava u rezervoar za prihv at incidentne tekućine koji je povezan sa separatorom bez bypass-a (Slika 30). Preusmjeravanje se vrši automatskom regulacijom (automatski ventil) u slučaju povećanja stepena onečišćenja.

Rezervoarski prostor koji služi za prihv at mjerodavnih količina incidentne tekućine treba biti 100% vodonepropustan, te u svemu ispunjavati okolišne zahtjeve i propise.

Dimenzioniranje rezervoara za prihv at incidentne tekućine treba izvršiti pod pretpostavkom maksimalne količine dotoka u slučaju incidentnog onečišćenja, te shodno tome, potrebno je predvidjeti zapreminu raspoloživog rezervoarskog prostora od minimalno 50 m<sup>3</sup>.



**Slika 30:** Šematski prikaz ispusta sistema iz centralnog sabirnog kolektora

Pregled tehničkih zahtjeva za separatore i rezervoare za prihv at incidentne tekućine sa trase autoceste je prezentiran u tabeli 4 (Poglavlje 19.1.5.).

<sup>17</sup>“Uredba o uvjetima ispuštanja otpadnih voda u prirodne recipijente i sisteme javne kanalizacije („Službene novine FBiH” 04/12)” trenutno uređuje ovu oblast

**19.3.7. Sistem protivpožarne zaštite tunela (hidrantska mreža)**

U cilju osiguranja dovoljnih količina vode za protivpožarnu zaštitu u tunelu, potrebno je predvidjeti sistem vodosnabdijevanja tunela vodom, te hidrantsku mrežu unutar i van tunela. Kako je prezentirano u poglavlju „Bočne drenaže“, za vodosnabdijevanje vodom tunela potrebno je provjeriti mogućnost snabdijevanje vodom prikupljanjem podzemnih voda iz tunela.

Ukoliko ovo nije moguće ili su potrebna velika investiciona ulaganja, snabdijevanje vodom tunela treba predvidjeti korištenjem najbližih raspoloživih izvora snabdijevanja. Potrebno je naglasiti, da se prilikom odabira rješenja, vodosnabdijevanje vrši najkraćim mogućim putem kako bi se izbjegle velike dužine dovodnih cjevovoda. U tunelima čije je dužina veća od 500 m, protivpožarni sistem treba da ima cjevovod pod pritiskom i nadzemne hidrante sa pouzdanim vodosnabdijevanjem duž cijelog tunela. Hidranti unutar tunela moraju biti raspoređeni na međusobnoj udaljenosti maksimalno 150 m sa priključcima okrenutim ka otvoru niše (ka vratima). Dovod vode u hidrantsku nišu je potrebno obezbijediti sa glavnog hidrantskog cjevovoda čiji je minimalni promjer DN/ID 100 mm i koji je smješten u instalacionom kanalu. Hidrantska mreža unutar tunela mora biti prstenaste strukture zbog sigurnijeg snabdijevanja vodom protivpožarnog sistema i lakšeg održavanja i upravljanja sistemom.

Hidranti unutar tunela su smješteni u hidrantskim nišama. Oprema koja se postavlja uz hidrante u tunelu mora omogućiti gašenje požara klase A i B s najmanje dva hidranta, te s dva prijenosna vatrogasna aparata kapaciteta 9 i 6 kg (u svemu prema JUS Z.C2.035).

Za gašenje požara klase „A“ (krute materije koje gore plamenom ili žarom) koristi se voda u vidu raspršenog mlaza ili magle koja se stvara mlaznicom. Mlaznica treba da ima mjerodavni protok od 400 l/min (7 l/s) sa dometom 30 m pri pritisku ispred mlaznice od 6 bara.

Gašenje požara klase „B“ (zapaljive tekućine) koristi se pjena 3% koncentracije. Osim toga, sastavni dio opreme su i ventili sa Stortz spojnicom za punjenje vatrogasnih vozila.

Protivpožarna hidrantska niša treba da omogući slijedeće:

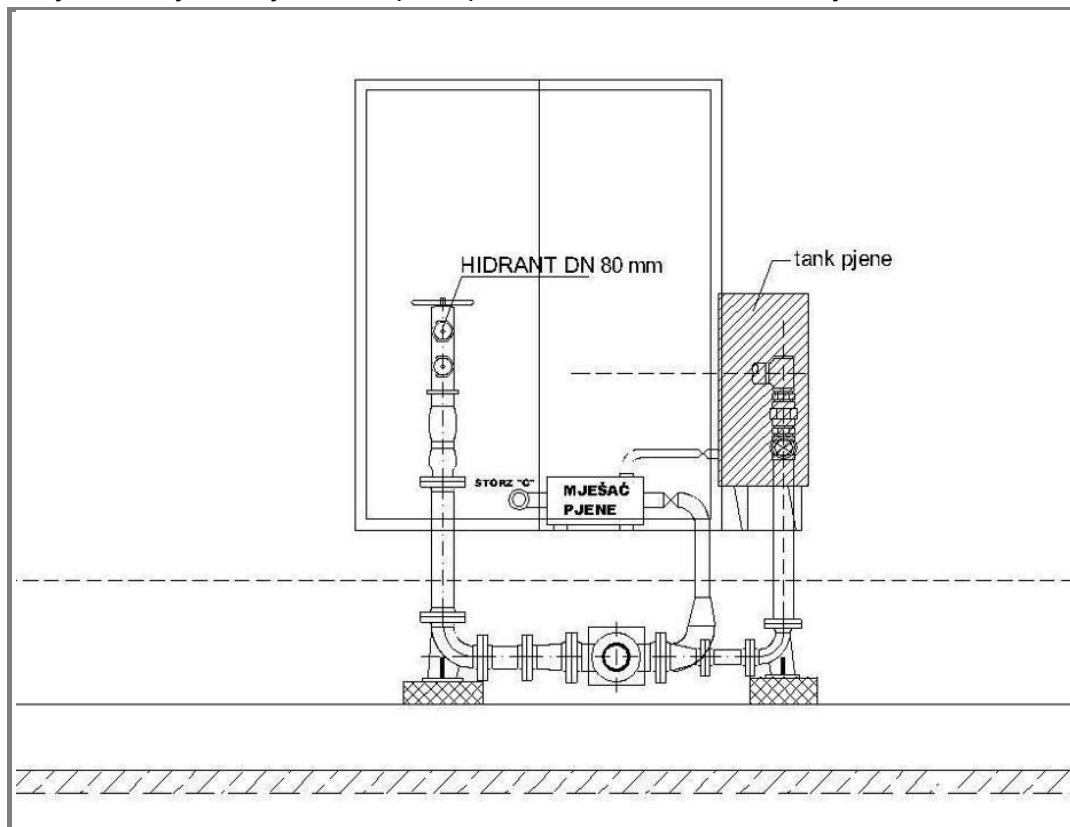
- Gašenje požara pjenom, sa istovremenim punjenjem autocisterne;
- Istovremeno gašenje požara vodom i pjenom;
- Gašenje požara vodom sa istovremenim punjenjem autocisterne.

Unutar niše se, pored tunelskih hidranata s priključcima različitih promjera u zavisnosti od izbora tipa hidranta (tip A, B i C), intalira i dodatna oprema za protivpožarnu zaštitu. U tu opremu spada:

- Odvojak sa ventilom 2" - za miješanje pjene,
- Vatrogasno crijevo 3" (tip A,B,x),
- Univerzalnu mlaznicu i mlaznicu za tešku pjenu,
- Tank pjene i opremu za miješanje pjene,
- Ostalu opremu (univerzalni ključ „A-B-C“, spojnice, rasvjetno tijelo sa transformatorom i prekidačem, ručni aparat za gašenje požara).

U svaku nišu za zaustavljanje vozila (ugibalište) mora se postaviti po jedan hidrantski ormarić. Preporučuje se da dubina hidrantske niše<sup>18</sup> iznosi oko 1,0 m, zatvorena metalnim vatrootpornim vratima sa uglom otvaranja 180° i mogućnošću zaustavljanja u otvorenom položaju.

Na narednoj slici dat je detalj sistema protivpožarne zaštite u hidrantskoj niši.



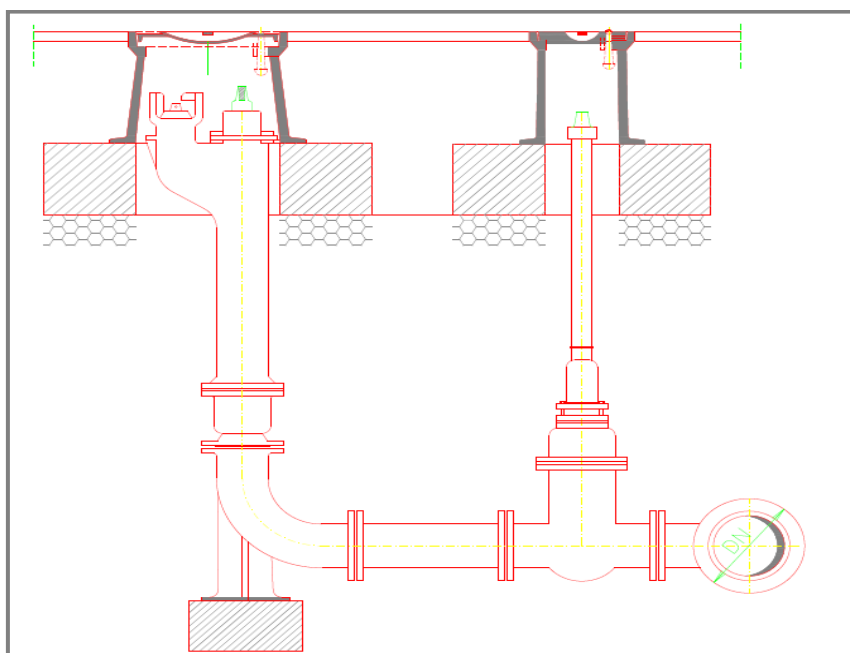
**Slika 31:** Detalj sistema protivpožarne zaštite u hidrantskoj niši

Unutar hidrantskih niša mora biti riješena odvodnja vode kako bi se spriječio prodor vode iz niše u instalacioni kanal uslijed eventualnog kvara na hidrantu ili prilikom upotrebe hidranta. Hidranti izvan tunela moraju biti postavljeni neposredno uz portale tunela (ulaznog i izlaznog portala) i to na način da se na ulaznom portalu ugrađuje minimalno jedan podzemni hidrant, dok se na izlaznom portalu ugrađuje jedan podzemni i jedan nadzemni hidrant.

Mjesto postavljanja podzemnog hidranta mora se označiti na uočljiv način, a sve u skladu sa zahtjevima i propisima navedenim u DIN 4066.

<sup>18</sup> U skladu s austrijskim smjernicama RVS:2009

Na narednoj slici dat je detalj izrade podzemnog hidranta na vanjskoj hidrantskoj mreži.



**Slika 32:** Detalj izvedbe podzemnog hidranta

Fazonski komadi i armature trebaju biti od lijeva visoke kvalitete. Hidrantska mreža koja se izvodi unutar tunela (u instalacionom kanalu) mora biti zaštićena od smrzavanja. Ovaj uvjet se ostvaruje tako da se tokom projektovanja predvidi upotreba cijevnog materijala koji je tvornički termički predizolovan, te se kao takav, ugrađuje na gradilištu.

Za tunele čija ukupna dužina ne prelazi 500 m', potrebno je predvidjeti hidrante na ulaznim izlaznim portalima i to u podzemnoj izvedbi<sup>18</sup>.

#### **19.3.7.1. Tehnički zahtjevi za projektovanje sistema protivpožarne zaštite**

Pregled osnovnih tehničkih karakteristika za: elemente sistema protivpožarne zaštite, te pregled važećih normi dat je u narednoj tabeli i istih se je potrebno pridržavati tokom projektovanja i izgradnje sistema, a sve u skladu sa važećim propisima i standardima.

| SISTEM PROTIVPOŽARNE ZAŠTITE (HIDRANTSKA MREŽA) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                   |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OPIS                                            | KARAKTERISTIKE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Relevantni standardi/normativi                                                                    |
| Lokacija                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Vanjska hidrantska mreža</i>: na ulaznom i izlaznom portalu;</li> <li>- Unutrašnja hidrantska mreža: Instalacioni kanal sa suprotne strane u odnosu na SOS niše.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                   |
| Dimenzije                                       | <b>CIJEVNI MATERIJAL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Promjer cijevi se određuje proračunom. Minimalni unutrašnji promjer cijevi je DN/ID 100 mm i NP 10 bara;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | C.J1.030, C.J1.1031, ISO/R 13-55, DIN 28502, DIN 28513 i BAS EN 545:2012.                         |
| Materijal                                       | <b>CIJEVNI MATERIJAL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ductil iron sa TYTON spojem. Vanjska zaštita: zink – aluminijum minimalno 400 g/m<sup>2</sup> i epoxy obloga &gt;100µm. Unutarnja zaštita: cementni mort;</li> </ul> <b>HIDRANTI; FAZONSKI KOMADI I ARMATURE:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ductil iron sa zaštitnim epoksidnim slojem;</li> <li>- Materijali koji se odabiru moraju biti kvalitetni i otporni na vanjske utjecaje, te garantirati održivost strukture i namjene sistema u fazi eksploatacije i održavanja.</li> </ul> | DIN 28600, ISO 2531; DIN 3476<br>DIN 28603;<br>DIN 30677-2<br>BAS EN 545:2012                     |
| Kvalitet izvedenih radova                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nakon završenih radova na polaganju cjevovoda potrebno je izvršiti ispitivanje sistema-test pritiska;</li> <li>- Prije testa pritiska, potrebno je izvršiti ispiranje cjevovoda,</li> <li>- Test funkcionalnosti sistema protiv požarne zaštite;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                     | EN 805:2000<br>Relevantna važeća zakonska regulativa <sup>19</sup>                                |
| Održavanje                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehnička ispravnost hidrantske mreže mora se permanentno provjeravati svakih 6 mjeseci;</li> <li>- Vanredni pregledi obavezni su kao i redovni<sup>19</sup>, a obavljaju se poslije elementarnih nepogoda, vrlo niskih temperatura i sl.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                             | Upustvo o održavanju sistema, pripremljeno od strane proizvođača i dostavljeno krajnjem korisniku |

Tabela 10: Tehnički zahtjevi za projektovanje i izgradnju sistema protivpožarne zaštite i pregled važećih normativa

#### 19.3.7.2. Ispitivanje cjevovoda na pritiska (EN 805:2000)

Hidrostaticko ispitivanje cjevovoda na pritisak se izvodi po standardnoj metodi datoj u Europskoj normi EN 805:2000. Za ispitivanje je neophodno instalirati posebne X-komade koji će se ukloniti po završetku testiranja.

<sup>19</sup> Propisi koji se trenutno primjenjuju se: Zakon o zaštiti od požara i vatrogastvu ("Službene novine FBiH", br. 64/09) i Pravilnik o tehničkim normativima za vanjsku i unutrašnju hidrantsku mrežu za gašenje požara ("Službene novine FBiH", br. 87/11)

Ispitivanje pritiska se obavlja u 3 faze:

- Faza 1 - preliminarni test
- Faza 2 - test pada pritiska
- Faza 3 - glavni test pritiska

Maksimalni projektovani pritisak (MDPa) na najvišoj tački cjevovoda se može očitati, dok se STP - System Test Pressure se definira na osnovu sljedećih formula:

$$STP = MDPa \times 1,5 \quad (19.3.2)$$

ili

$$STP = MDPa + 500 \text{ kPa} \quad (19.3.3)$$

Uzima se manja vrijednost koja se dobije proračunom po gore navedenim formulama. U izuzetnim slučajevima kada se vrši ispitivanje kraćih dionice (dužine dionice do 100 m), kao STP uzima se vrijednost radnog (operativnog) pritiska sistema.

### **Faza 1: Preliminarni test**

Punjenje cjevovoda se vrši sa najniže tačke, brzinom od 3 l/sec (10,8m<sup>3</sup>/h) sa paralelnom de-aeracijom cjevovoda na najvišoj tački, kao i svih priključaka. Svi zatvarači na liniji se po de-aeraciji zatvaraju i pristupa se podizanju pritiska do vrijednosti STP-a u vremenu od 10 minuta. Pritisak se treba održavati u cjevovodu 30 minuta za brzu metodu ili 24 sata za standardnu metodu.

Ukoliko dođe do opadanja pritiska u vrijednosti većoj od 0,50 bara za navedeno vrijeme održavanja pritiska (30 minuta ili 24 sata), znači da je na cjevovodu prisutno curenje ili oštećenje. U tom slučaju, ispitivanje se prekida i test treba ponoviti nakon saniranog oštećenja. Ukoliko se zabilježi pad pritiska manji od 0,50 bara, prelazi se na drugu fazu testa.

### **Faza 2: Test pada pritiska**

Omogućava procjenu preostalog zraka u cjevovodu. Po završetku I faze od 30 minuta (ili 24 h), gdje se pritisak održava na nivou STP-a, ispušta se mjerljiva količina vode iz cjevovoda  $\Delta V$  (cm<sup>3</sup>) i mjeri pad pritiska  $\Delta p$  (bar) koji pri tome nastane.

Dopuštena promjena volumena vode u cjevovodu  $\Delta V_{zul}$  (cm<sup>3</sup>) se računa na osnovu sljedeće formule:

$$\Delta V_{zul} = 1,5 \times \Delta p \times L \times A \quad (19.3.3)$$

gdje je

$\Delta p$  - pad pritiska (bar);

L - dužina cjevovoda (m);

A – konstanta tlaka, karakteristična za vrstu/promjer cijevi (cm<sup>3</sup>/bar,m);

1,5 – faktor za određivanje dopuštenog udjela zraka u cjevovodu prije glavnog testa pritiska

Ukoliko je ispuštena količina vode iz cjevovoda manja ili jednaka promjeni volumena vode u cjevovodu, tj. ako važi da je  $\Delta V \leq \Delta V_{zul}$ , može se smatrati da je cjevovod pravilno i dovoljno ozračen.

### **Faza 3: Glavni test pritiska**

Po završetku testa pada pritiska (Faze 2), prati se pritisak na manometru u trajanju od 30 minuta, te ukoliko ne dođe do pada pritiska, testiranje je uspješno izvršeno. Međutim, ukoliko dođe do pada pritiska, test se produžava još 60 minuta. Ako se u tom periodu od 60 minuta zabilježi pad pritiska u vrijednosti većoj od 30% od STP-a, test je potrebno ponoviti.

Na prethodno prikazan način (test pritiska) je moguće izvršiti provjeru kvaliteta izvedenih radova na hidrantskoj mreži. Međutim, funkcionalnost cjelokupnog sistema protivpožarne zaštite se vrši nakon završenih svih radova, uključujući i ugradnju hidranata, a sve u skladu sa važećim zakonima i propisima vezanim za sistem protivpožarne zaštite<sup>19</sup>.

## **20. UPUTA ZA PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE MINERSKIH RADOVA NA PROJEKTIMA AUTOCESTE**

## Uvod

Ova uputa definiše projektnu dokumentaciju (glavni i izvedbeni projekat) iskopa miniranjem, sadržaj iste, pravna lica koja je mogu izrađivati i revidovati, mjere i postupanje kod izvođenja minerskih radova na dionicama autocesta i brzih cesta, kao i posebne mjere sigurnosti pri izvođenju minerskih radova. Uputa je namjenjena projektantima i revidentima glavnog i izvedbenog projekta, Izvođačima radova, te nadzornim inženjerima angažovanim prilikom izgradnje autocesta i brzih cesta.

Uputa je izrađena u skladu sa slijedećim Zakonima, Uredbama i Pravilnicima:

- 1) Zakon o rudarstvu Federacije Bosne i Hercegovine.
- 2) Uredba o vrsti, sadržaju, označavanju i čuvanju, kontroli i nostrifikaciji investiciono-tehničke dokumentacije ("Službene novine Federacije BiH", br. 33/10 )
- 3) Pravilnik o tehničkim normama pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu (SL. SFRJ br: 26/88 i 63/88)
- 4) Pravilnik o tehničkim mjerama i zaštiti na radu pri rudarskim podzemnim radovima (SL. 11/67; 35/67; 60/70; 9/71 i 5/73)
- 5) Zakon o zaštiti na radu (SL. SR BiH br: 22/90)
- 6) Pravilnik o zaštiti na radu u građevinarstvu (SL. 42/68)

U slučaju eventualnih kolizija gore navedenih Zakona, Uredbi i Pravilnika važeći su strožiji zahtjevi.

## 20.1. Projektna dokumentacija

Projekte iskopa miniranjem (glavni i izvedbeni) neophodno je izraditi za sve objekte i zahvate na autocesti koji se izvode miniranjem :

- tunel
- usjek
- zasjek
- temeljne i građevinske jame i dr.

### 20.1.1. Glavni projekat iskopa miniranjem

U sklopu izrade Glavnog projekta dionice autoceste, u slučaju iskopa miniranjem, projektant je obavezan da izradi i Glavni projekat iskopa miniranjem.

Glavni projekat iskopa miniranjem treba da sadrži:

- Opis geotehničkih karakteristika stijenske mase (opis geološke građe terena, pukotinskog sistema i sl.) koji mogu da utiču na odabir eksploziva i metode miniranja,
- Opis radova na bušenju (opšte i tehničke karakteristike bušenja minskih bušotina)
- Izbor sredstava i opreme za miniranje
- Mjere zaštite

Glavni projekt miniranja je sastavni dio investiciono-tehničke dokumentacije na koju Federalno Ministarstvo prostornog uređenja (u skladu sa članom 46 Uredbe o vrsti, sadržaju, označavanju i čuvanju, kontroli i nostrifikaciji investiciono-tehničke dokumentacije) daje odobrenje za građenje.

### 20.1.2. Izvedbeni projekat iskopa miniranjem

Prije početka radova na iskopu miniranjem, Izvođač radova je obavezan obezbjediti revidovani Izvedbeni projekat iskopa miniranjem, a sve u skladu sa Članom 48. i 70 Uredbe o vrsti, sadržaju, označavanju i čuvanju, kontroli i nostrifikaciji investiciono-tehničke dokumentacije, kao i u skladu sa Zakonom o rudarstvu Federacije Bosne i Hercegovine.

Izvedbeni projekat iskopa miniranjem treba da sadrži:

- Geotehničke karakteristike stijenskih masa potvrđene u misiji G31, te kategorizaciju stijenskih masa nužnih za dimenzioniranje minerskih radova.
- Opis radova na bušenju (detaljne tehničke karakteristike bušenja minskih bušotina, dužine koraka bušenja i dr.)
- Izbor sredstava i opreme za miniranje. (eksploziv, sredstvo za iniciranje, mašine za paljenje, oprema i dr.)
- Radove na miniranju i to:
  - Proračun parametara miniranja.
  - Osnovne parametre za određivanje šeme miniranja.
  - Elemente profila miniranja.
  - Punjenje minskih bušotina, povezivanje i kontrolu minskog polja.
  - Tehnologiju miniranja
  - Šeme miniranja
- Mjere zaštite na radu.

Projekt izrađuje i reviduje ovlaštena kuća za tu vrstu projektovanja, a sve u skladu sa članom 72. Zakona o rudarstvu FBiH.

Sve izmjene i dopune tokom rada mora prvo odobriti ovlašteni revident za minerske radove, a potom nadzorni inženjer.

Bušotine za miniranje u pravilu se izrađuju pomoću dubinskih bušilica opremljenih i prilagođenih takvoj vrsti rada. Prethodnim geotehničkim ispitivanjima utvrđuju se fizičko-mehanička svojstva stijenskih masa i smjer pružanja i pad slojeva u odnosu na os nasipa, na osnovi čega će se odabrati tehnologija, tj. odrediti način otkopavanja, način bušenja, razmak bušotina i količina punjenja eksplozivom.

Raspored bušotina kao i količina eksploziva po minskoj bušotini trebaju biti takvi da osiguravaju stvaranje najpovoljnije granulacije odminiranog materijala i da potreba za naknadnim usitnjavanjem komada kamena bude minimalna.

Projekt iskopa miniranjem mora biti tako napravljen da minerski radovi izazivaju minimalno oštećenje stjenke mase u pokosu, da se radovima iskopa ne ugrozi stabilnost iskopa u bilo kojoj fazi rada kao i da se osigura da se pri radovima na iskopima na minimum svedu utjecaji koji bi prouzročili ometanje prometa, ljudi i okoliša.

## 20.2. Izvođenje radova

Minerske radove može izvoditi privredno društvo koje ispunjava uslove iz člana 16. Zakona o rudarstvu FBiH. Izvođač radova mora poštovati tehničke propise i normative u rudarstvu, propise o zaštiti na radu, zaštiti okoliša, uvjete utvrđene u urbanističkoj saglasnosti i druge propise, osigurati lična zaštitna sredstva zaposlenicima i provoditi propise o zaštiti ljudi i imovine.

Radove na iskopu miniranjem izvoditi u skladu sa:

- 1) Glavnim projektom iskopa miniranjem
- 2) Izvedbenim projektom iskopa miniranjem
- 3) Zakonom o rudarstvu Federacije BiH
- 4) Pravilnikom o tehničkim normama pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu.( SL. SFRJ br: 26/88 i 63/88 )
- 5) Pravilnikom o tehničkim mjerama i zaštiti na radu pri rudarskim podzemnim radovima ( SL. 11/67; 35/67; 60/70; 9/71 i 5/73 )

Prilikom radova na miniranju Izvođač mora raspolagati izvježbanom i kvalificiranom radnom snagom za takvu vrstu radova.

Pri svakoj upotrebi eksploziva potrebno je postupati u skladu s odobrenim izvedbenim projektom miniranja, važećim zakonima i propisima za takve radove radi sigurnosti vlastitog gradilišta, opreme, objekata, ljudi i okoliša.

Ukupni minerski radovi obuhvaćaju:

- pripremne radove,
- glavne minerske radove
- bušenje i primarno miniranje,
- po potrebi naknadna dorada profila i naknadno miniranje.

Kod miniranja, kao i pri ostalim radovima na iskopima, treba svesti na minimum negativne efekte kao što su seizmički efekti, buka, prašina i eksplozijom odbačeni fragmenti stijenske mase koji bi prouzročili ometanje prometa, ljudi i okoliša. Ako bi došlo do takvih smetnji, Izvođač ih je dužan odmah otkloniti o svom trošku. Zbog negativnih efekata uzrokovanih miniranjem nužno je prije početka radova punim kapacitetom provesti pokusna miniranja manjim kapacitetom kojima se provjerava intenzitet negativnih efekata i pretpostavke dane u projektu miniranja.

Pokusna miniranja provodi Izvođač po odobrenju nadzornog tima. Rezultat pokusnih miniranja se upisuje u Početni izvještaj miniranja i verifikuje od strane nadzora. Tek kada se potvrde teoretski dobiveni parametri može se pristupiti miniranju punim kapacitetom.

Pri izvođenju radova potrebno je postaviti svu potrebnu prometnu i sigurnosnu signalizaciju.

Radi što kvalitetnije izrade pokosa, obvezno je izvesti "glatko miniranje" prije ostalih mina u profilu iskopa. Time se pokosi pri konačnom uređenju lakše urede, pravilnijih su ploha, a i količina rastresitog materijala koji treba očistiti s pokosa je minimalna. Na taj se način sprječava rastresanje stijenske mase u pokosima čime postaju stabilniji i lakše se održavaju.

Ako se izvede odvajanje kamene mase po projektiranoj plohi pokosa do nivelete od ostale mase u jezgri iskopa, prekopavanje profila iskopa smanjuje se na minimum. Taj učinak ovisi o čvrstoći stijenske mase, odnosno pružanju i padu slojeva prema osi nasipa kao i o vrsti slojevitosti i ispucanosti stijenske mase.

Materijal se kopa do projektiranog nagiba pokosa uz obavezno odstranjivanje labavih i rastresitih dijelova stijene do kote posteljice, po kojoj se tako može odvijati gradilišni promet.

Ako materijal iz iskopa treba upotrijebiti za proizvodnju zrnastog kamenog materijala za izradu klinova kod objekata, kao završni sloj - krune nasipa, nosivih slojeva kolničke konstrukcije pristupnih cesta i rampi, agregata za beton i asfaltne slojeve, potrebno je od ovlaštenog tijela dobiti dokaze o upotrebljivosti koje se temelji na rezultatima laboratorijskih ispitivanja.

Ako se na osnovi prethodnih ispitivanja ovlaštenog tijela dobije dokaz o upotrebljivosti kamenog materijala, treba predvidjeti odgovarajuću tehnologiju rada, te obratiti pažnju na to da se isključi miješanje glinovitih primjesa s kamenim materijalom koji je ispitan. Za upotrebu takvih materijala potrebna je saglasnost nadzornog inženjera.

#### **20.2.1. Stručno osoblje**

Sa eksplozivnim sredstvima mogu raditi samo povjerljive i stručno osposobljene osobe koje odredi Tehnički rukovodilac radilišta :

- Palioci mina
- Pomoćnici palioca mina
- Osobe odgovorne za skladištenje eksplozivnih sredstava

Osobe odgovorne za rad sa eksplozivnim sredstvima moraju da budu stručno osposobljene za izvođenje tih poslova. Izvođač radova mora da ima evidenciju svih osoba na radilištu koja rade sa eksplozivnim sredstvima. Evidencija mora da sadrži lične podatke, podatke o stručnoj spremi, o položenim ispitima, ljakarsko uvjerenje svake godine novo, a za paliocce starije od 55 godina najmanje dva puta, uvjerenje o testiranju, evidencija o prekršajima i kaznama. Svake godine je obavezno da se vrši obnova znanja odgovornih osoba i izvrši provijera znanja i o istom vodi evidencija. Osobama koje ne prođu obnovu i provjeru znanja ne može se dozvoliti da rade sa eksplozivnim sredstvima.

Odgovornost za provođenje ovog postupka je na glavnom Izvođaču radova koji imenuje šefa projekta. Nadzor je obavezan da kontoliše provođenje navedenih postupaka i poštovanje zakonskih i podzakonskih akata.

#### **20.2.2. Miniranje**

Prije početka miniranja potrebno je osigurati nabavku, dopremu i skladištenje eksploziva inicijalnih sredstava. Za sigurnost transporta i skladištenja odgovoran je šef projekta Izvođača radova.

U pripremu također spada i obavješćavanje javnosti od strane Izvođača radova, a pogotovu čimbenika koji će osjetiti efekte miniranja. Za obavješćenja javnosti odgovoran je šef projekta Izvođača radova.

Neophodno je prije i nakon završetka miniranja izvršiti detaljan pregled i utvrđivanje stanja svih građevina u području mogućeg utjecaja miniranja. Pregled vrše zajednički Nadzorni tim i predstavnik Izvođača (šef projekta). Nakon izvršenog pregleda, izrađuje se foto dokumentacija i zapisnik.

Miniranje u tunelu se koristi kao alat za rezanje stijenske mase, a ne za njenu potpunu destrukciju. Iako miniranje mora biti učinkovito, najveća pažnja se mora posvetiti što manjoj destrukciji okolne stijene u zidovima iskopa, te postizanju što je moguće preciznije konture iskopa. Treba nastojati da se na minimum svedu prekopofilni iskopi u tunelu, ali i neodminirani dio koji je kasnije potrebno ukloniti.

### **Postupak miniranja**

Prilikom završetka prenošenja eksplozivnih srestava na mjesto izvođenja radova, počinje se sa obezbjeđenjem mjesta miniranja. Sa mjesta miniranja odstranjuju se sva lica koja ne učestuju u fazi miniranja, a na ulazu u zonu miniranja se postavlja fizičko obezbjeđenje koje ne dozvoljava drugim licima pristup na gradilište.

Pored fizičkog lica postavlja se i tabla sa upozorenjem „STOP MINIRANJE“. Palilac mina prije početka punjenja bušotina, mora da ubude upoznat sa količinom eksploziva za svaku bušotinu, kao i sa šemom vezivanja minskog polja. Palilac mina je dužan da pripremi patrone prema šemi miniranja.

U slučaju da dođe do određenih odstupanja prilikom bušenja, koje mogu biti uzrokovane geološkim ili nekim drugim nepredviđenim uslovima, palilac mina može da promijeni šemu miniranja prema datoj situaciji. Novu šemu miniranja odobrava Tehnički rukovodilac miniranja i nadzorni inženjer.

Palilac mina pripremi i postavi u pripremljene bušotine udarne patrone, a nakon toga pomoćnici napune bušotine eksplozivom. Punjenje se može raditi samo stavljanjem pojedinačnih patrona u bušotinu, i to minerskim štapom od drveta. Poslije punjenja bušotina se začepi glinenim čepom ili nekim drugim inertnim materijalom. Vezivanje mina može da radi samo palilac mina. Kod vezivanja potrebno je posvetiti pažnju izradi dobrog kontakata između žica upaljača. Poslije vezivanja potrebno je izmjeriti otpornost i u slučaju nekih odstupanja od izračunate otpornosti, što prije pronaći uzrok i otkloniti isti.

Ako se utvrdi da je sve u redu, žice upaljača se vežu na električni kabal, preko koga se minsko polje veže sa mašinom za paljenje mina.

Prije paljenja potrebno je provjeriti dali su svi radnici otišli sa mjesta miniranja, te upozoriti sve radnike na radilištu na miniranje, kako bi se pravovremeno mogli skloniti na sigurno mjesto.

Palilac je takođe dužan da paljenje mina izvodi sa sigurnog mjesta, kakao ne bi ugrozio sebe i opremu za paljene. Posljednja provjera otpornosti upaljača i kabla izvodi se neposredno prije priključenja žica na mašinu za paljenje, da bi se nakon toga izvršilo miniranje.

Poslije izvođenja paljena mina i provjetravanja radilišta, palilac je dužan da provjeri stanje na mjestu miniranja. Posebnu pažnju treba voditi o eventualno ne eksplodiranim minama, te preuzeti sve mjere za uništenje tih mina prema upustvima proizvođača. Kada se palilac mina uvjeri da situacija na mjestu miniranja, nakon miniranja, bezbjedna za dalji nastavak radova, zvučnim signalom obaviještava sve prisutne na radilištu o tome. Nakon pregleda radilišta palilac mina je dužan predati radilište rukovodiocu gradilišta i to u pismenoj formi na prethodno definisanom i usvojenom obrascu.

Palilac je dužan da sa mjesta miniranja vrati u PS, sva neupotrebljena eksplozivna sredstva. Svi podaci o upotrijebljenim količinama eksplozivnih sredstava moraju se voditi tačno i moraju da budu jednaki sa podacima o stanju zaliha u skladištu. U slučaju da palilac mina obavlja funkciju skaladištara, on mora voditi evidenciju i o stanju zaliha i u skladištu. Odgovornost za provođenje ovog postupka je na paliocu mina. Za kontrolu rada palioca mina odgovoran je tehnički rukovodilac radilišta.

Tehnički rukovodilac gradilišta dužan je da u određenom vremenskom intervalu provjeri stanje zaliha u skladištu te da ispravnost zaliha potvrdi potpisom na knjizi primljenih eksplozivnih sredstava.

Nadzor je obavezan da kontoliše provođenje navedenih postupaka.

### **Prevoz eksplozivnih sredstava**

Prevoz eksplozivnih sredstava javnim putem do radilišta se može vršiti samo odgovarajućim vozilom koje ispunjava uslove po ADR-u. Lica koje prevozi eksplozivna sredstva javnim putem do radilišta takođe mora ispunjavati uslove po ADR-u, kao i suvozač.

Prevoz eksplozivnih sredstava do gradilišta je moguć samo uz pribavljanje posebnog odobrenja za prevoz koje izdaje nadležna PS MUP-a na zahtjev pravnog lica koje vrši prevoz. Prevoz eksplozivnih sredstava organizuje Izvođač.

### **Prijem eksplozivnih sredstava**

Tehnički rukovodilac gradilišta miniranja je inženjer koji vodi poslove miniranja i koji je za to imenovan od odgovornog lica u pravnom licu odgovornom za izvođenje poslova miniranja (Izvođač ili podizvođač za miniranje).

Prijem eksplozivnih sredstava vrši lice koje je ovlastio Tehnički rukovodioc gradilišta miniranja - glavni palioc mina - koji je ujedno i rukovalac priručnog spremišta (u daljem tekstu rukovaoc PS-a ), a na osnovu trebovanja koje potpisuje Tehnički rukovodioc gradilišta miniranja. U tom poslu može mu pomagati još jedno lice, koje je kvalificirano za te poslove, koje mora biti ovlašteno od strane Tehničkog rukovodioca gradilišta miniranja. Glavni palioc mina vodi knjigu primljenih eksplozivnih sredstava koja sadrži sve relevantne podatke o vrsti i količini eksplozivnih sredstava. Knjiga primljenih eksplozivnih sredstava se pohranjuje u gradilišnu dokumentaciju.

Istovar eksplozivnih sredstava iz vozila, i utovar istih u PS vrši se ručno. Prilikom prijema eksplozivnih sredstava, u krugu od 20 m, ne smije se nalaziti niti jedno drugo lice osim rukovaoca PS-a, njegovog pomoćnika i posade vozila. Rukovaoc je dužan odmah upisati u knjigu primljenih eksplozivnih sredstava, primljenu količinu i vrstu eksplozivnih sredstava. Kada se sav eksploziv smijesti u PS, rukovaoc je dužan zaključati PS patent katancem. Kontrolu priručnog spremišta i knjige primljenih eksplozivnih sredstava vrši Tehnički rukovodioc gradilišta.

Nadzor je obavezan da kontoliše provođenje navedenih postupaka i poštovanje zakonskih i podzakonskih akata.

### **Skladištenje i prevoz eksplozivnih materija**

Za privremeno skladištenje potrebnih količina eksplozivnih sredstava Izvođač će upotrebljavati pomoćna skladišta na radilištu. Čitavo područje skladišta će biti obezbijeđeno ogradom. Skladište treba locirati na najbezbednijem mjestu radilišta. U pomoćna skladišta je moguće uskladištiti najviše do 500 kg eksploziva i 1000 upaljača. Sva eksplozivna sredstva moraju se skladištiti u originalnoj ambalaži.

Eksplozivna sredstva smještena u PS izuzimaju se na sljedeći način:

- Odgovorni rukovodilac PS u smijeni izuzima potrebnu količinu eksplozivnih sredstava
- Izuzete količina se evidentira, upisuje u knjigu primljenih eksplozivnih sredstava
- Palioci mina preuzimaju eksplozivna sredstva i evidentiraju izuzete količine u minersku knjižicu.

Prilikom prenosa eksplozivnih sredstava od PS-a do mjesta upotrebe na radilištu, predviđenom trasom ne smiju se kretati vozila a sve ostale mašine moraju biti isključene. Transport eksplozivnih sredstava iz PS-a do mjesta upotrebe na radilištu izvodi se odvojeno za eksplozive i odvojeno za upaljače. Eksplozivna sredstva se iz PS-a do mjesta upotrebe, transportuju-prenose se ručno i u originalnoj ambalaži. Upaljače može da nosi jedino palilac mina i to odvojeno od eksploziva.

Palilac mina je odgovoran za sprovođenje navedenog postupka. Kontrolu skladištenja i prenosa eksplozivnih sredstava vrši Tehnički rukovodioc gradilišta.

Nadzor je obavezan da kontoliše provođenje navedenih postupaka i poštovanje zakonskih i podzakonskih akata.

### **Evidencija**

Palioci mina moraju da vode minersku knjižicu (dnevni karton), u kojoj se vodi evidencija o upotrebi količina, upotrebljenih količina minsko eksplozivnih sredstava. Svaka upotrebljena količina mora biti potvrđena od Tehničkog rukovodioca radilišta ili njegovog zamjenika, koji je obavezan da poslije svakog miniranja potvrdi upotrebu navedenih količina eksplozivnih sredstava.

## **20.3. Posebne mjere sigurnosti pri izvođenju minerskih radova**

### **20.3.1. Mjere sigurnosti kod neeksplozirane mine**

Ukoliko palilac mina pregledom gradilišta utvrdi da postoje neeksplozirane mine dužan je evidentirati broj i poziciju neeksplozirane mine i pristupiti preduzimanju mjera za uništenje neeksplozirane mine prema upustvu proizvođača eksploziva. Poslije identifikovanja neeksplozirane mine i njenog označavanja, potrebno je da se pažljivo izvadi inertni materijal iz bušotine da bi se mogao utvrditi smjer bušotine. Na udaljenosti od 8 prečnika bušotine od neeksplozirane mine vrši se bušenje nove bušotine, paralelno sa bušotinom neeksplozirane mine. Nova bušotina se napuni eksplozivom te prema postupku miniranja izvrši iniciranje. Punjenje eksplozivom, obezbijedjenje i pregled se radi kao i kod početnog miniranja. Odgovornost za provođenje ovog postupka je na paliocu mina.

Za kontrolu rada palioca mina odgovoran je Tehnički rukovodilac radilišta. Nadzor je obavezan da kontoliše provođenje navedenih postupaka.

### **20.3.2. Mjere sigurnosti od seizmičkog učinka miniranja**

Potresi uzrokovani miniranjem su u direktnoj vezi sa količinom eksploziva koji se inicira. Na jačinu potresa utječu i drugi faktori, kao što su vrsta tla, udaljenost od mjesta miniranja, zasićenost vodom, način otvaranja minskog polja i drugo. Pošto su navedeni faktori konstantni Izvođač radova može uticati samo na faktor količine eksplozivnog punjenja minskih bušotina, količina eksploziva na milisekundni interval.

Drugi bitan podatak je dozvoljena granica potresa, koji je uzrokovan miniranjem. Pošto domaći normativi nisu usvojeni potrebno je primjeniti strane normative. Preporučuju se austrijske norme ONORM S 9020 i njemački DIN 4150. ONORM S 9020 sadrži informacije za racionalnu izradu optimalno prilagođene procijene potresa prouzrokovanog miniranjem na 4 stepena. Potrebno je takođe da se izvedu seizmička mjerenja na bližim objektima. Provođenje ovog postupka kontoliše nadzor upisom u građevinski dnevnik.

### **20.3.3. Mjere sigurnosti od razbacivanja materijala**

Obično na početku izrade tunela i početnih miniranja postoji mogućnost od razbacivanja miniranog materijala. Prekomjerna razbacivanja odminiranog materijala potrebno je smanjiti tehničkim korekcijama i to:

- Optimalizacijom minskog punjenja bušotina tj. optimalanom specifičnom potrošnjom eksploziva.
- Optimalnom koncentracijom eksploziva u bušotinama
- Dovoljna izbojnica i dovoljna dužina glinastog naboja – čepa.
- Prekrivanje minskog polja ili zatvaranje ulaza sa filcom.

Sigurnosni radijus razbacivanja iznosi cca 100 m.

#### 20.3.4. Sigurnost od pojave udarnog vala

Svako miniranje uzrokuje trenutačnu promjenu vazdušnog pritiska u okolini. Ta pojava se rezultira kao udarni val. Prije iniciranja minskog polja potrebno je maknuti sve zaposlenike iz zone ugroženog područja, koje se definše na osnovu probnih miniranja i mjerenja zračnog udara. Za provođenje ovog postupka odgovoran je palioc mina, a zonu ugroženog područja utvrđuje Tehnički rukovodilac gradilišta miniranja.

#### 20.3.5. Sigurnost od pojave otrovnih, zagušljivih i toplotnih učinaka miniranja

Kod miniranja u tunelu opasnost od otrovnih i zagušljivih učinaka uvijek je prisutna. Zbog velike opasnosti od pojave otrovnih i zagušljivih učinaka, poslije svakog miniranja porebno je sačekati neko vrijeme (cca 20 minuta), da se slegne prašina, da se plinovi koji su nastali miniranjem razrijede ventilacijom i da se radilište provjetri.

Obavezno je potrebno izmjeriti koncentracije opasnih plinova i tek nakon toga obaviti pregled radilišta poslije miniranja. Sva mjerenja koncentracije opasnih plinova potrebno je obavljati u propisnim intervalima.

Poslovođa smjene i palilac mina su dužni kontrolisati provjetravanje radilišta i to:

- a) Paloci mina
  - Na početku smjene
  - U toku smjene, prije početka bušenja minskih polja, prije i poslije punjena minskih rupa prije i poslije miniranja, na mjestu odakle se vrši miniranje
  - Na kraju smjene
- b) Poslovođa smjene
  - Pri svakom obilasku, dolasku i odlasku sa radilišta
  - Za vrijeme svakog i najmanjeg poremećaja u ventilaciji i uvijek kada se za to ukaže prilika

Palioci mina i poslovođe smjene su dužni rezultate kontrole plinskog stanja u tunelu upisati u odgovarajuću evidenciju.

#### 20.3.6. Sigurnost od pojave metana ( CH<sub>4</sub> )

Metan je bezbojan plin, spoj ugljika i vodika sa hemiskom formulom CH<sub>4</sub>. Osnovni stojak je zemnog plina. Metan je lakši od vazduha i javlja se u krovinskim dijelovima tunela, gdje ga po pravilima treba i mjeriti. Često se pojavljuje u ležištima uglja, a ponekad se nalazi pod pritiskom u stijenskoj masi u obliku „džepova“. Pri nailasku na te džepove dolazi do izboja metana u obliku puhača, pri čemu koncentracija metana u vazduhu naglo poraste, obično iznad MNK ( minimalno dozvoljene količine ).

Metan zapaljen gori svijetlim modrikastim plamenom a njegovim sagorijevanjem nastaje ugljikdioksid i voda. Ne topljiv je u vodi a u smijesi sa vazduhom u granicama od 5 do 15% je vrlo eksplozivan, najveće eksplozivno dejstvo ima u koncentraciji od 9,5%. Eksplozivnu smjesu metana i vazduha može upaliti varnica ili otvoreni plamen.

U slučaju pojave metana veće od 0,5% postupak je slijedeći:

- zaustaviti svaki rad na čelu radilišta (gdje se pojavio metan)
- isključiti rad svih mašina na radilištu
- povući radnike iz tunela odnosno kontaminiranog mjesta
- isključiti napajanje električne energije (na sklopici izvan tunela)
- kontrolisati rad ventilatora
- zabraniti ulazak u tunel odnosno prilazak kontaminiranom mjestu do dolaska inspekcijskih organa.

Pored gore opisanog postupka, Izvođač je dužan da se pridržava i pozitivnih zakonskih propisa te podzakonskih akata iz oblasti zaštite na radu kako je ispod nabrojano:

- 1) Zakon o zaštiti na radu (SL. SR BiH br: 22/90)
- 2) Pravilnik o zaštiti na radu u građevinarstvu (SL. 42/68)
- 3) Pravilnik o tehničkim normama pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu. ( SL. SFRJ br: 26/88 i 63/88)
- 4) Pravilnik o tehničkim mjerama i zaštiti na radu pri rudarskim podzemnim radovima (SL. 11/67; 35/67; 60/70; 9/71 i 5/73)
- 5) FIDIC 6.7 zdravlje i sigurnost

Ažuriranje Seta uputa, odjeljak za sistem unutrašnje odvodnje izvršili:

:

Rukovodilac Odsjeka za Hidrotehniku  
i okolišno inženjerstvo

Emeritus profesor

Prof.dr. Haris Kalajdzisalihović, dipl.inž.građ.

Prof.dr. Zoran Milašinović, dipl.inž.građ.

Dana 19.11.2025.god.