

# Sanacija cestovnog klizišta i rekonstrukcija trupa ceste kroz primjenu programa "Plateia"

---

Hrgić, Dragana

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:528025>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**

**Odjel Graditeljstvo**



ZAVRŠNI RAD br.

**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE KROZ  
PRIMJENU PROGRAMA PLATEIA**

Dragana Hrgić, 5724/601

Varaždin, rujan 2016. godine

**SVEUČILIŠTE SJEVER**

**Odjel Graditeljstvo**



**ZAVRŠNI RAD**

**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE KROZ  
PRIMJENU PROGRAMA PLATEIA**

**Studentica:**

Dragana Hrgić

5724/601

**Mentor:**

prof. dr. sc. Božo Soldo

Varaždin, rujan 2016. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Dragana Hrgić	MATIČNI BROJ	5724/601
DATUM	1. IX. 2016.	KOLEGIJ	GEMEHANIKA II. / PROMETNICE
NASLOV RADA	SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE KROZ PRIMJENU PROGRAMA "PLATEIA"		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	REMEDICATION OF LANDSLIDES AND ROADBED RECONSTRUCTION THROUGH THE IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM "PLATEIA"		
MENTOR	Dr. sc. Božo Soldo	ZVANJE	redoviti profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. dr.sc. Matija Orešković, viši predavač 2. Željko Kos, predavač 3. Aleksej Aniskin, viši predavač 4. dr.sc. Božo Soldo, red. prof. 5. Predrag Presečki, predavač		

VŽKC

MMI

## Zadatak završnog rada

BROJ	275/GR/2016
OPIS	

Pod temom Završnog rada: Sanacija cestovnog klizišta i rekonstrukcija trupa ceste kroz primjenu programa plateia, pristupnik će u radu obraditi ponuđeni primjer sanacije i rekonstrukcije trupa ceste i to uz slijedeća poglavlja:

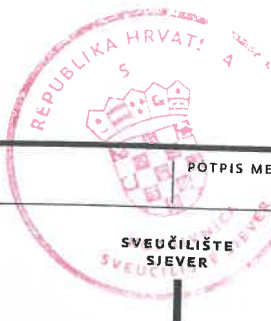
1. Uvod
  2. Općenito o klizištima
  3. Odvodnja prometnica
  4. Potporni zidovi
  5. Podjela prometnica
  6. Osnovni tlocni elementi trase prometnice
  7. Vertikalno vođenje linije
  8. Tehničko rješenje sanacije klizišta
  9. Plateia
  10. Zaključak
- Literatura

ZADATAK URUČEN

30. 09. 2016.

POTPIS MENTORA

*Božo Soldo*





### **Zahvala:**

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svom mentoru prof.dr.sc. Boži Soldi koji mi je pomogao svojim savjetima pri izradi ovog završnog rada, i što je uvijek imao strpljenja i vremena za moje brojne upite.

Također, zahvaljujem se svim svojim prijateljima i prijateljicama, koji su uvijek bili uz mene i bez kojih ove tri godine mog studiranja ne bi prošle tako lako i zabavno.

Posebnu zahvalnost iskazujem cijeloj svojoj obitelji koja me je uvijek podržavala i upućivala na pravi put.

I na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigla pripisujem svojim roditeljima i braći, koji su uvijek bili tu, uz mene, bez obzira da li se radilo o teškim ili sretnim trenucima i bez kojih sve ovo što sam dosad postigla ne bi bilo moguće.

Velika **HVALA** svima!

## SAŽETAK

*U ovom završnom radu analizirano je klizište kroz postupke rekonstrukcije ceste uz primjenu programskih CAD alata, a koje je nastalo na dionici državne ceste D22, dionica 001 od Moždenca do Sudovca tj. od stacionaže 8+125 do stacionaže 5+580 ukupne duljine do 455 metara.*

*Kroz provedene istražne radove utvrđeno je stanje u tlu i razlog nastanka klizišta, na osnovu čega se krenulo u projekt sanacije klizišta s donošenjem konačnog rješenja uz primjenu potpornog AB zida. U prvom dijelu ovog rada opisana su klizišta uzroci i vrste dok se u nastavku rada obrađuje i opisuju prometnice općenito, njihova podjela i osnovni elementi kako bismo dobili uvid u njihovu strukturu, važnost i namjenu. Svi opisi potkrijepljeni su slikama za bolje razumijevanje teksta.*

*Kroz praktični dio rada pojašnjen je način izrade digitalnih modela terena uz primjenu CAD programa te detaljniji opis primjene programske aplikacije Plateia koja radi na bazi CAD-a. Program Plateia opisuje modele: situaciju, osi, uzdužne i poprečne profile kao osnovu za rekonstrukciju prometnica.*

*U radu je dan cjeloviti prikaz grafičkih geotehničkih rješenja te rješenja koja se odnose na rekonstrukciju ceste tj. njenih elementa vođenja horizontalne i vertikalne linije. Posebna pažnja u radu dana je izradi detaljnih rješenja pojedinih građevinskih elemenata koji su predmetom sanacije klizišta.*

*Ključne riječi: klizište, potporni zid, projekt prometnice i Plateia*

## ABSTRACT

*In this final paper analyzes the landslide through processes of reconstruction of the road with the application software CAD tools, which occurred on a section of the state road D22, section 001 of Moždenca to Súdovce ie. From km 8 + 125 to km 5 + 580 total length of 455 meters .*

*Through conducted exploratory work has been found in soil and cause the landslide, on the basis of which started in landslide remediation project with the adoption of a final settlement with the application supporting AB wall. In the first part of this paper describes the types and causes of landslides as the continuation of the work processes and cursed roads in general, their division and the basic elements in order to get insight into their structure, value and purpose. All descriptions are supported by pictures for better understanding of the text.*

*Through practical work explained the method of preparation of digital terrain models using CAD programs and the detailed description of the application software applications Plateia which works on the basis of CAD.*

*Program Plateia describes models: situation, axes, longitudinal and transverse profile as the basis for the reconstruction of roads.*

*This paper presents an integrated graphical geotechnical solutions and solutions related to the reconstruction of the road ie. Its element management horizontal and vertical lines. Special attention in the work of the day was the preparation of detailed solutions to specific building elements that are the subject of rehabilitation of landslides.*

*Keywords: landslide, retaining wall, project roads and Plateia*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. KLIZANJE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. KLIZIŠTA.....</b>	<b>4</b>
<i>2.2.1. OBILJEŽJA KLIZIŠTA.....</i>	<i>6</i>
<b>3. ODVODNJA PROMETNICA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. POVRŠINSKA ODVODNJA.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2. ODVODNI JARCI.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3. ZAŠTITNI JARCI .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4. RIGOLI.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5. PODZEMNA ODVODNJA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6. DRENAŽE .....</b>	<b>22</b>
<i>3.6.1. DRENAŽNA CIJEV .....</i>	<i>25</i>
<i>3.6.2. DRENAŽNA ISPUNA .....</i>	<i>25</i>
<i>3.6.3. PROJEKTIRANJE I IZRADA DRENAŽA.....</i>	<i>28</i>
<b>3.7. ODVODNJA POSTELJICE I KOLNIČKE KONSTRUKCIJE.....</b>	<b>29</b>
<b>3.8. ODVODNJA PRIBREŽENE VODE.....</b>	<b>32</b>
<b>3.9. POBOLJŠANJE STABILNOSTI POKOSA DRENAŽOM .....</b>	<b>36</b>
<b>3.10. PROPUSTI .....</b>	<b>38</b>
<i>3.10.1. VRSTE PROPUSTA .....</i>	<i>38</i>
<i>3.10.2. CIJEVNI PROPUST.....</i>	<i>40</i>
<i>3.10.3. OSTALE VRSTE PROPUSTA .....</i>	<i>43</i>
<i>3.10.4. PROJEKTIRANJE I GRADNJA PROPUSTA .....</i>	<i>44</i>
<b>4. POTPORNİ ZIDOVI.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1. IZBOR POLOŽAJA I VRSTE ZIDA.....</b>	<b>53</b>
<b>4.2. PRORAČUN STABILNOSTI ZIDA .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3. GRAVITACIJSKI ZIDOVI .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4. ZIDOVI OD BETONA.....</b>	<b>67</b>
<b>4.5. ZIDOVI OD MONTAŽNIH PREDGOTOVLJENIH ELEMENATA .....</b>	<b>67</b>

4.6. ZIDOVI I KONSTRUKCIJE OD GABIONA.....	69
4.7. ZIDOVI I KONSTRUKCIJE OD ARMIRANE ZEMLJE.....	70
4.8. OBLOŽNI ZIDOVI.....	73
<b>5. PODJELA PROMETNICA .....</b>	<b>75</b>
5.1. MJERODAVNE BRZINE.....	78
5.2. POPREČNI PRESJEK PROMETNICE.....	79
5.3. PROMETNI TRAK.....	80
5.4. RUBNI TRAK.....	81
5.4. BANKINA.....	82
5.5. BERMA .....	84
5.5.1. TRAK ZA ZAUSTAVLJANJE.....	84
5.5.2. TRAK ZA SPORU VOŽNJU .....	85
5.5.3. TRAK ZA VOZ JAVNOG PROMETA .....	85
5.5.4. PJEŠAČKE STAZE.....	85
5.5.5. BICIKLISTIČKE STAZE.....	86
5.5.6. RAZDJELNI TRAK .....	86
<b>6. OSNOVNI TLOCRTNI ELEMENTI TRASE PROMETNICE .....</b>	<b>87</b>
6.1. PRAVAC .....	87
6.2. KRUŽNI LUK .....	89
6.3. PRIJELAZNICA.....	93
<b>7. VERTIKALNO VOĐENJE LINIJE .....</b>	<b>98</b>
7.1. UZDUŽNI NAGIB .....	98
7.1.1. NAJVEĆI UZDUŽNI NAGIB NIVELETE .....	98
7.1.2. NAJMANJI UZDUŽNI NAGIB NIVELETE.....	99
7.2. ZAOBLJAVANJE PRIJELOMA NIVELETE .....	100
<b>8. TEHNIČKO RJEŠENJE SANACIJE KLIZIŠTA .....</b>	<b>104</b>
8.1. OPIS KLIZIŠTA.....	104
8.2. TEHNIČKO RJEŠENJE STABILIZACIJE I UREĐENJA PADINE .....	105
8.3. TEHNIČKO RJEŠENJE STABILIZACIJE I UREĐENJA PADINE .....	108
8.3.1. OPIS NABUŠENE JEZGRE .....	109
8.4. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA .....	110

<b>8.5. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE TEMELJNOG TLA .....</b>	<b>111</b>
<b>8.6. RAČUNSKÉ ANALIZE .....</b>	<b>115</b>
<b>8.7. PRORAČUN STABILNOSTI POTPORNOG ZIDA .....</b>	<b>117</b>
<b>8.8. PRORAČUN ARMATURE : .....</b>	<b>124</b>
<b>8.9. TEHNIČKOG RJEŠENJE STABILIZACIJE TRUPA CESTE.....</b>	<b>125</b>
<b>8.10. TEHNIČKOG RJEŠENJE POVEĆANJA NOSIVOSTI RUBNOG DIJELA POTPORNE KONSTRUKCIJE .....</b>	<b>126</b>
<i>8.10.1. CIJEVNI MIKROPILOTI .....</i>	<i>126</i>
<i>8.10.2. PRIKAZ REZULTATA SANIRANOG KLIZIŠTA.....</i>	<i>129</i>
<b>9. PLATEIA.....</b>	<b>132</b>
<b>9.1. MODUL „SITUACIJA“ .....</b>	<b>136</b>
<b>9.3. MODUL „UZDUŽNI PROFIL“ .....</b>	<b>141</b>
<b>9.4. MODUL „POPREČNI PROFIL“ .....</b>	<b>144</b>
<b>10. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>147</b>
<b>11. POPIS LITERATURE.....</b>	<b>148</b>
<b>11.1. POPIS URL-OVA: .....</b>	<b>150</b>
<b>11.2. POPIS TABLICA:.....</b>	<b>151</b>
<b>11.3. POPIS SLIKA: .....</b>	<b>152</b>
<b>11.4. PRILOZI: .....</b>	<b>160</b>
<i>Prilog 1: Topografska karta M 1:25000.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 2: Hrvatska osnovna karta M 1:5000 .....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 3: Digitalna ortofoto karta M 1:5000.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 4: Geodetski situacijski nacrt M 1:500.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 5: Geotehnički elaborat G1 M 1:500.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 6: Geotehnički elaborat G2 M 1:100.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 7: Geotehnički elaborat G3 M 1:100.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 8: Geotehnički elaborat G4 1:500.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 9: Geotehnički elaborat G5.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 10: Geotehnički elaborat G6 .....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 11: Građevinska situacija trase ceste M 1:500 .....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 12: Građevinska situacija M 1:500.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 13: Normalni poprečni profil A – A M 1:50.....</i>	<i>160</i>

<i>Prilog 14: Normalni poprečni profil B – B M 1:50.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 15: Uzdužni profil trase M 500/500 M 1:500.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 16: Poprečni profil P1 M 1:100.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 17: Poprečni profil P2 M1:100.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 18: Poprečni profil P3 M 1:100.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 19: Situacija – prometno rješenje M 1:500.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 20: Prometni znakovi.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 21: Detalj montažnog kablenskog zdenca MZ D1-E/150kN M 1:20.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 22: Detalj polegnutog i uspravnog rubnjaka 15/25/80.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 23: Detalj trapeznh kanala M 1:10.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 24: Detalj okna i kanalskog poklopca M 1:10.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 25: Detalj odbojne ograde na potpornom AB zidu M 1:10.....</i>	<i>160</i>
<i>Prilog 26: Detačj zaštitne ograde upojasu bankine M 1:10.....</i>	<i>160</i>

## 1. UVOD

Ovim projektnim zadatkom definiraju se uvjeti za izradu projektne dokumentacije na nivou glavnog i izvedbenog projekta s potrebnim terenskim istražnim radovima i geodetskim radovima za sanaciju cestovnog klizišta i odrona na državnoj cesti D22: Možđanec – Sudovec i to na stacionaži 8+125 do 8+580. Iz razlika stacionaža vidljivo je da prometna dionica ima ukupnu duljinu 455 m.

U poglavlju 2. općenito se opisuju klizišta kao posljedični uzroci prirodnih procesa, ali i ljudskih aktivnosti s posebnim naglaskom na geodinamičke pojave (fenomeni) koje predstavljaju obilježja geološkog okoliša koja nastaju kao rezultat aktivnih geoloških procesa: erozije i akumulacije, eolskih procesa, klizanja, permafrosta, formiranja krških uvjeta, sufozije, volumnih promjena u tlu, seizmičke i vulkanske aktivnosti. U geodinamičke pojave se ne ubrajaju one koje nastaju procesima depozicije ili alteracije (izmjene) budući da su oni uključeni u opis značajki stijena i tala. U okviru inženjerskogeoloških istraživanja proučavaju se značajke geodinamičkih pojava i procesa: tip pojave/procesa; geometrija pojave (oblik i dimenzije); i aktivnost procesa. Svrha inženjerskogeoloških istraživanja je utvrditi uvjete u kojima su nastali, njihov intenzitet i učestalost, kako bi se procijenila opasnost koju mogu prouzročiti, tzv. geološki hazard.

Najčešći geodinamički proces je **klizanje**, nakon kojega kao posljedica ostaju klizišta. I u slučaju kada nisu katastrofalna, klizanja predstavljaju ozbiljan problem gotovo u svim dijelovima svijeta, jer uzrokuju ekonomske ili socijalne gubitke, izravne ili neizravne, na privatnim i/ili javnim dobrima. Izravne štete nastaju u trenutku aktiviranja klizišta, oštećivanjem objekata i ljudskim gubicima (smrt ili povreda) unutar granica prostiranja klizišta. Indirektne štete se iskazuju i kroz duže vremensko razdoblje: reduciranjem vrijednosti nekretnina u ugroženim područjima, gubitkom produktivnosti zbog oštećenja na dobrima ili prekidom prometa, smanjenjem produktivnosti prouzročenim smrću ljudi, ozljedama ili psihološkim traumama i, konačno, troškovima sanacije šteta. Mnoga klizanja povezana su s drugim istovremenim nepovoljnim događajima: bujicama, erozijom tla, poplavama itd. Stoga će u ovom dijelu, od geodinamičkih pojava/procesa, biti detaljnije razrađena samo klizanja, odnosno klizišta.

U nastavku rada teorijski se detaljnije opisuju prometnice kroz podjelu i geometrijske elemente.

Praktični dio rada predstavlja značajniji doprinos primjeni računalnih programa u postupku projektiranja te se pojašnjava način izrade digitalnih modela terena uz primjenu CAD programa te detaljniji opis primjene programske aplikacije Plateia koja radi na bazi CAD-a. Program Plateia opisuje modele: situaciju, osi, uzdužne i poprečne profile kao osnovu za rekonstrukciju prometnica.

U radu je dan cjeloviti prikaz grafičkih geotehničkih rješenja te rješenja koja se odnose na rekonstrukciju ceste tj. njenih elementa vođenja horizontalne i vertikalne linije.

Posebna pažnja u rada dana je izradi detaljnih rješenja pojedinih građevinskih elemenata koji su predmetom sanacije klizišta.



## 2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA

U zaštiti okoliša važno je poznavati prirodne opasnosti koje prouzrokuju promijene okoliša prirodnim procesima. Među prirodnim opasnostima (prirodni hazardi) značajno mjesto zauzimaju geološke opasnosti. Najčešća geološka opasnost u Hrvatskoj su klizišta. Za razliku od drugih geoloških opasnosti kao što su potresi i vulkanske erupcije, geomorfološki procesi (klizišta) se mogu ljudskom aktivnošću umanjiti ili čak spriječiti. Stoga je potrebno provesti pravilnu procjenu geoloških hazarda kako bi se mogle provesti mjere njihovog umanjivanja i izbjegavanja. Uz to je potrebno stvoriti učinkovitu, ekonomičnu i znanstveno utemeljenu metodologiju upravljanja geološkim hazardima u skladu sa svjetskim znanstvenim trendovima. (*Valent 2014.*)

### 2.1. KLIZANJE

Klizanje je najčešća prirodna pojava nestabilnih masa na nagnutim terenima koja sudjeluje u oblikovanju današnjeg morfološkog reljefa. Do klizanja dolazi kada se površinska stijena ili tlo odvoji od stabilne temeljne stijene duž područja oslabljenja. Tlo je mješavina pohabane stijene, minerala, zraka, vode i raspale organske tvari koja pokriva površinu, a podložna stijena je stabilan, čvrsti sloj ispod gornjeg sloja tla.

Slom kosine se događa poremećajem prirodne ravnoteže. Sila koja gura padinu prema dolje je gravitacija i ona nadilazi čvrstoću zemljanih materijala koji čine padinu. Kada posmična naprezanja postanu veća od čvrstoće, dolazi do sloma i klizanja materijala. Klizanje prestaje kada se promjenom oblika kosine ponovno uspostavi ravnoteža. Klizanje je raznovrsna pojava po obliku, veličini pokrenute mase, načinu, brzini kretanja i drugim svojstvima. Potrebno je identificirati i opisati značajke klizišta: tip klizanja, dijelove klizišta, dimenzije klizišta, aktivnost klizišta, brzinu kretanja, vrstu pokrenutog materijala i njegovu vlažnost. Kao posljedica klizanja ostaju klizišta.

Sa napredovanjem civilizacije, korištenjem razorne energije, gradnjom sve većih objekata i korištenje moćnijih i većih građevinskih strojeva sve češće dolazi do klizanja. I u slučaju kada klizišta nisu katastrofalna predstavljaju ozbiljan problem u svim dijelovima svijeta, jer uzrokuju ekonomske ili socijalne gubitke, izravne ili neizravne.

Izravne štete nastaju unutar granice prostiranja klizišta u trenutku aktiviranja klizišta gdje oštećuje objekt i donosi ljudske gubitke. Indirektne štete se iskazuju kroz duže vremensko razdoblje, smanjivanjem vrijednosti nekretnina na tim područjima, gubitkom produktivnosti zbog oštećenja na dobrima ili prekidom prometa i troškovima sanacije šteta. Klizanja su povezana sa mnogim drugim nepovoljnim događajima koji mogu nastupiti istovremeno: bujice, erozija tla, poplave, itd. (Valent 2014.)

## 2.2. KLIZIŠTA

Klizište je ograničeno područje na nagnutom (kosom) terenu koje se zbog narušene stabilnosti pokreće i premješta određenu masu tla iz nestabilnog u stabilan položaj. Nestabilnost masa na nagnutim terenima i njihovo klizanje prirodna su pojava koja ima velikog udjela u oblikovanju današnjeg morfološkog reljefa, a posljedica su prirodnih procesa kao i ljudskih aktivnosti (Nonveiller).

Postoje mnogo različitih vrsta klizišta koja se kategoriziraju po vrsti materijala u tlu, načinu kretanja i brzini kretanja. Jedna od najjednostavnijih metoda klasifikacije klizišta je klasifikacija po Varnesu (1978.): odroni, prevrtanje, klizanje, bočno širenje, tokovi, kompleksna klizišta.

Odroni nastaju na vrlo strmim ili uspravnim kosinama u stjenovitim ili koherentnom materijalu kao posljedica potkopavanja stope, povećanjem visine kosine umjetnim zahvatima ili prirodnom erozijom. Materijal je pri velikoj visini preopterećen u stopi kosine i nastaju deformacije, zbog kojih se stopa izbočuje, a na gornjem rubu nastaju vlačne pukotine. Neposredni povod odrona je oborinska voda. Početne deformacije mogu trajati dulje vremena, a sam odron nastaje velikom brzinom.

Prevrtanje je rotacija odvojene mase oko osi koja se nalazi u njezinoj bazi ili u blizini baze. Ponekad može biti izraženo kao međusobno prislonjeni odvojeni blokovi.

Klizanje je kretanje masa po jednoj ili više dobro definiranih kliznih ploha (ploha sloma). Klizanja po svom obliku klizne plohe mogu biti rotacijska ili translacijska. Rotacijsko klizanje nastaje pretežito u homogenim glinovitim kosinama i u stjenovitim raspucanim kosinama. Na gornjem dijelu potencijalnog klizišta nastaju pukotine i dolazi do

slijeganja, a na stopi se materijal izdiže i prignječuje. Odnos duljine i dubine obično je od 6/1 do 3/1. Ploha klizanja zna biti kružno cilindrična, oblika logaritamske spirale, cikloide ili izdužene krivulje. Translacijsko klizanje susrećemo kad na kosini vlada diskontinuitet svojstava materijala u manjoj dubini približno paralelno s njezinom površinom. Često se pojavljuje u stjenovitom materijalu kad tanji sloj leži na sloju manje posmične čvrstoće. Translacijsko klizanje se javlja u glinovitim materijalima, raspucanoj prekonsolidiranoj glini. Složeno klizanje se javlja kada materijal u kosini nije homogen, nego je uslojen, a ploha sloma se može sastojati od više zakrivljenih i ravnih dijelova.

Bočno širenje je razmicanje blokova uslijed kojega nastaju smičuće ili tenzijske pukotine. Javlja se na vrlo blagim padinama ili ravnom terenu. Slom je uzrokovan likvefakcijom, kada koherentni materijal leži na vodom zasićenom materijalu koji je izgubio čvrstoću i ponaša se kao tekućina, a u gornjem sloju dolazi do lomljenja i proširenja, zatim do slijeganja, zakretanja i tečenja.

Tečenje je rezultat miješanja vode sa sedimentima koji čini mješavinu mase stijena, vode, tla i drugih nekonsolidiranih materijala. Tečenje je raznovrsno kretanje sa znanim varijacijama brzine i sadržaja vode, a iskazuje se kao prostorno kontinuirana deformacija. Tečenje često počinje kao klizanje, odronjavanje ili kao prevrtanje na strmim padinama, pri čemu dolazi do brzog gubitka kohezije pokrenutog materijala. Tokovi se obično javljaju tijekom razdoblja intenzivnih kiša ili topljenja snijega. Opasni su jer se mogu kretati vrlo brzo i bez upozorenja uništavati sve što im je na putu. Primjer tečenja su zemljani i blatni tok, tok krševitog materijala, lavina krševitog materijala i puzanje. Blatni tokovi i lavine su primjer ove vrste klizanja koje može biti osobito destruktivno.

Zemljani tok je najsporija vrsta klizanja, javlja se kad u mokrom tlu dođe do sloma te se materijal obrušava niz padinu.

Blatni tok nastaje kad tlo postane toliko zasićeno vodom da se obruši niz brdo u blatnjavoj rijeci noseći dijelove tla i ostale materijale koji joj se nađu na putu. Sadrži najmanje 50% čestica veličine pijeska, mulja i gline. To je najbrža i najvodenija vrsta toka.

Tok krševitog materijala je oblik masovnog gibanja u kojoj je kombinacija oslabljenog tla, stijena, organske tvari, zraka i vode pokrenuta u obliku kaše koja teče niz kosinu.

Tokovi krhotina uključuju manje od 50% sitnih čestica. Materijali se mogu kretati brzo i katastrofalno, pa tako krševiti tokovi mogu putovati niz padinu i brzinama do 200 km/h (češće 30-50 km/h).

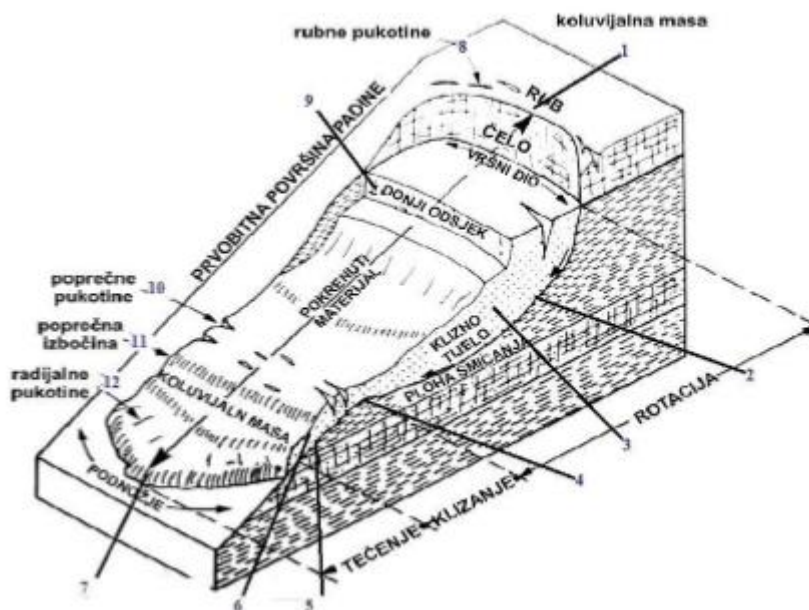
Lavine krševitog materijala je varijanta vrlo brzih tokova krševitog materijala. Javljaju se u strmim kosinama, a kretanje mase je kombinacija odrona, klizanja i toka.

Puzanje je polagano, postojano gibanje sedimenata niz kosinu – toliko polagano da koji put traje i godinama. Gibanje je uzrokovano posmičnim naprezanjem dovoljnim za postizanje trajne deformacije, ali premalim za postizanje sloma. Puzanje se prepoznaje po zakrivljenim („pijanim“) drvećem, nagnutim ogradama, stupovima ili namreškanim tlom.

Kompleksna klizanja nastaju u brojnim varijantama ovisno o morfologiji, sastavu tla, uvjetima okoline i uzročnicima poremećenja ravnoteže. Uzastopno klizanje uz padinu ili niz nju sastavljeno je od više plitkih rotacijskih klizanja. Nastaju tako da prvo klizanje nastaje širenjem nestabilnosti uz padinu oduzimanjem oslonca gornjem dijelu, ili niz padinu, opterećujući otkliznutim materijalom njezin donji dio. Višestruko retrogresivna klizanja počinju od stope padine prvo rotacijskim ili složenim pomakom koji smanjuje stabilnost gornjeg dijela, pa se postupno nova klizanja sličnog tipa propagiraju niz kosinu. Na kraju se može pretvoriti u jedinstveno translacijsko klizanje velikih razmjera.

### *2.2.1. OBILJEŽJA KLIZIŠTA*

Za proučavanje stabilnosti kosina i klizišta dobro je poznavati karakteristične oblike i izgled klizišta (slika 2.1). Unatoč raznolikosti morfologije, vrsti materijala, pojave nestabilnosti klizišta imaju neka zajednička obilježja po kojima se svrstavaju u osnovne tipove. Na gornjem rubu svakog klizišta pojavljuju se vlačne pukotine i čelo klizanja. Niz padinu uzduž rubova nestabilnog područja, između stabilne i pokrenute zone kosine nastaju bočne tangencijalne pukotine, a na donjem rubu pokrenute mase materijal je poprečno raspucan i radijalno deformiran. Svako klizište ima svoju duljinu L, širinu B i dubinu D.



**Slika 2.1:** Osnovni model klizišta sa svojim elementima

(1. Čelo klizišta, 2. Klizna ploha, 3. Klizno tijelo, 4. Nožica klizne plohe, 5. Granica materijala, 6. Stopa klizanja, 7. Nožica, 8. Rubne pukotine, 9. Tangencijalne bočne pukotine, 10. Poprečne pukotine, 11. Poprečni nabori, 12. Uzdužne pukotine).

Obilježja po kojima se mogu prepoznati potencijalna klizišta su strmi nagib padine, temeljni slojevi su u smjeru doline, površine su nepravilnog izgleda, područja prekrivena mladim drvećem, curenju vode i područja na kojima su se klizišta već događala. Prije velikih klizanja moguće su pojave novih izvora ili ako je tlo saturirano u području koje inače nije bilo mokro, pojava novih pukotina ili naguranog materijala na tlu, pojava odmicanja tla od temelja, pojava naginjanja ili kretanja pomoćnih građevina (terasa) u odnosu na glavnu građevinu, pucanje ili naginjanje betonskih konstrukcija, prekinuti razni podzemni komunalni vodovi, pojava zakošenja telefonskih stupova, drveća, potpornih zidova ili ograda, naginjanje ili slijeganje cesta, željezničkih tračnica, pojava naglog smanjenja razine vode u vodotocima u vrijeme obilnih kiša, itd.

Klizišta se mogu pojaviti na bilo kojem terenu s obzirom na uvjete u tlu, vlagu i nagib kosine. Nastaju uslijed prirodnih uzroka kao što su kiše, poplave, potresi i antropogenih uzroka (ljudskih uzroka) kao što su podsijecanje, prekomjerni razvoj, promjena terena zbog izgradnja ceste, kuća, komunalija ili zgrada. (Valent 2014.)

Terzaghi (1950. godine) je podijelio uzroke klizanja u dvije grupe: vanjski uzroci uslijed kojih se povećavaju posmična naprezanja (npr. geometrijske promjene padine, rasterećenje klizišta u nožici, opterećenje vrha klizišta, šokovi i vibracije, promjena razine podzemne vode, itd.) i unutarnji uzroci zbog kojih se smanjuje posmična čvrstoća (npr. progresivni slom, trošenje, erozija, procjeđivanje, itd.).

Trošenje je prirodno razaranje tla na manje čestice. Ponekad se pogrešno poistovjećuje sa erozijom, iako se radi o dva različita procesa. Trošenje je trenutačno usitnjavanje materijala, dok je erozija proces transporta tog trošenog materijala. Sila trošenja je povezana sa utjecajem vode, kisikom, temperaturnim promjenama. Trošenje može biti mehaničko i kemijsko. Mehaničko trošenje je razaranje tla i stijena na manje čestice bez promjena u njezinom kemijskom sastavu. Uzrokuju ga promjene u temperaturi, a prije svega voda (odmrzavanje i zamrzavanje). Kemijsko trošenje je usitnjavanje stijene kemijskim reakcijama, gdje dolazi do promjene izvornog mineralnog sastava pa čestice mogu biti vrlo lako odnesene. Glavni uzrok je voda, koja može u reakciji s kiselinama i alkalnim otopinama prvobitne minerale pretvoriti u glinu.

Erozija predstavlja prirodan proces kojim se ispiru i odnose od krupnih do najsitnijih čestica zemljišta. Erozija uz rijeke, ledenjake i oceane može dodatno povećati strminu padine. Dolazi do prijenosa ili pomicanja trošnog materijala (zemlje, blata, kamena, itd.) na neku drugu lokaciju, kroz utjecaj vjetra, vode ili silom gravitacije. Rezultati erozije su produbljivanje korita rijeka. Nakon prestanka djelovanja agensa erozije, materijal se taloži. Može se reći da su klizišta vrlo ekstremni, brzo djelujući načini erozije u kojima dolazi do prijenosa sedimenta niz padinu i taloženja na kraju njihovog puta.

Jedna od glavnih uzroka klizanja terena u našim krajevima je bujična erozija, koja nastaje mehaničkim radom atmosferskih voda. Atmosferske padaline koje padaju na nagnutu površinu, slijevaju se u niz padinu i odnose dio tla. Bujična erozija predstavlja proces koji ima karakter ispiranja (denudacije) površinskog sloja tla. Intenzitet denudacije zemljišta ovisi o:

- Vrsti i gustoći biljnog pokrivača. Što je rjeđi biljni pokrivač intenzitet bujične erozije je jači.
- Karakteristike reljefa. Uvjeti reljefa ovise o strmini, dužini i formi nagiba pri čemu je denudacija sve jača što je nagib strmiji i duži.

- Klima. Količina i intenzitet kiše, debljina i brzina topljenja ledenog pokrivača, količina i brzina otjecanja vode po površini tla. Najjaču eroziju uzrokuju velike količine vode koje u kratkom roku dopijaju na tlo. U takvim slučajevima tlo nije u stanju da brzo upije i zadrži veliku količinu dospjele vode.
- Osobine tla: mehanički sastav, struktura, poroznost, brzina upijanja i procjeđivanja vode, kišni vodni kapacitet, itd.

Kao posljedica bujične erozije nastaju voderine i jaruge. Voderine predstavljaju oblik reljefa u obliku relativno dubokih i strmih nezatravnjenih korita, formiranih privremenim vodotocima. Voderine nastaju na povišenim ravnicama ili brdima, od rahlog, lako erodirajućeg tla. Duljina se kreće od nekoliko metara do nekoliko kilometara. Voderine uzrokuju velike štete jer raskomadaju i uništavaju teren. Kako bi se spriječila erozija zbog voderina, učinkovito je uklanjanje ili smanjenje otjecanja površinskih voda. Na područjima gdje se razvijaju voderine koriste se hidrotehnički uređaji, drenažni kanali, brane, potporni zidovi, kao i pošumljavanje i zatravljivanje padina i dna, kroz koji se zaustavlja razvoj mreža voderina.

Jaruge su česta posljedica erozije od urezivanja potoka. Izgledaju kao mala dolina, uže kanjon, ali veće od voderina. Općenito jaruga je nagnuti oblik terena, relativno strmog poprečnog presjeka. Jaruge mogu i ne moraju imati aktivne potoke koji teku niz nagib duž kanala koji ih je prvobitno formirao, ali ne mogu biti dovoljno veliki kako bi se zadržao stalan vodotok. (*Valent 2014.*)

Zasićenost tla vodom smatra se primarnim uzorkom pojave klizišta. Do zasićenja padine dolazi zbog različitih pojava: intenzivnih kiša, otapanja snijega, promjene razine podzemne vode, promjene razine vode uz obale jezera, rijeka i kanala. Dodatkom vode iz oborina ili topljenjem snijega povećava se težina kosine. Ulaskom u geomedij voda zamjenjuje zrak u prostorima pukotinama i radi veće težine od zraka povećava samu težinu tla. Težina kao sila koja djeluje na površinu uzrokuje pritisak koji može uzrokovati nestabilnost padina. U pjeskovitim i glinovitim tlima mala količina vode može povećati stabilnost, a previše vode može uzrokovati tečenje sedimenta (pr. kule od pijeska). Prekomjernim povećanjem količine vode u tlu, minerali u tlu mogu adsorbirati ili prekinuti vodu u tlu. Ako do adsorpcije dolazi blizu površine doći će do gubitka kontakata između zrna, što dovodi do gubitka kohezije i smanjenja stabilnosti tla.

Voda otapa vezivo koje drži zrna zajedno, posebice ako vezivo sadrži kalcit, gips ili halite koji su topivi u vodi.

Pomoću faktora sigurnosti razlikuju se stabilne padine od nestabilnih. Međutim, korisnije je promatrati padine s aspekta sljedeća tri stupnja: stabilne, granično stabilne i aktivno nestabilne. Stabilne padine su one kod kojih je granica stabilnosti dovoljno visoka da se mogu oduprijeti silama koje ih destabiliziraju. Granično stabilne padine će doživjeti slom u trenutku kada destabilizirajuće sile dosegnu određenu razinu aktivnosti. Aktivno nestabilne padine su one kod kojih destabilizirajuće sile uzrokuju kontinuirano ili povremeno kretanje.

Stabilnost kosina temelji se na uzajamnom djelovanju aktivnih sila i sila otpora. Faktor sigurnosti  $F_s$ , predstavlja odnos između aktivnih sila (čvrstoće na smicanje materijala) i sila otpora (napona na smicanje mobiliziranih za održavanje ravnoteže segmenta na odabranoj plohi sloma). Faktor sigurnosti je omjer posmičnog naprezanja koje se može ostvariti i onog koje se stvarno događa u prirodnoj potencijalnoj plohi. Ako je faktor sigurnosti veći od 1 ( $F_s > 1$ ) kosina je stabilna, a ako je manji od jedan ( $F_s < 1$ ) onda je nestabilna.

$$F_s = \tau_f \tau$$

Aktivne sile potpomažu kretanju materijala niz kosinu, dok sile otpora sprječavaju kretanje. Kada aktivne sile prevladaju sile otpora, padina je nestabilna i dolazi do klizanja. Aktivne sile mogu biti uzrokovane gravitacijom, vodom u tlu i kemijskim oslabljenjem. A glavna sila otpora je posmična čvrstoća materijala. Posmična čvrstoća je funkcija kohezije (sposobnost čestica tla da se međusobno privlače i drže na okupu) i unutarnjeg trenja. Stabilnost kosina je dakle funkcija materijala, čvrstoće stijena ili tla, nagiba kosine, klimatskih prilika, vremena, itd. Svaki od ovih faktora ima važnu ulogu u silama koje potpomažu klizanju ili stabiliziraju padinu. (Valent 2014.)



### 3. ODVODNJA PROMETNICA

Najveća i najčešća opasnost za stabilnost građevina donjeg ustroja prometnica jest različito djelovanje vode. Djelovanje vode ovisi o načinu njezine pojave, geološkoj građi i hidrogeološkim obilježjima terena, geomehaničkim svojstvima materijala od kojih je građevina izgrađena, o vrsti građevine i o drugim vanjskim uvjetima.

Na građevine donjeg ustroja voda može utjecati:

- tijekom građenja,
- tijekom uporabe.

Tijekom građenja moguće su teškoće pri iskopu, ugrađivanju i zbijanju iskopanog materijala te prometovanju građevinske mehanizacije koje može biti otežano ili nemoguće.

Usljed djelovanja vode može doći do pojave erozije, ugrožavanja stabilnosti pokosa usjeka i nasipa te potpunog gubitka nosivosti građevina donjeg ustroja prometnice, što za posljedicu ima smanjenje predviđenog razdoblja uporabe građevine.

Štetna djelovanja vode (slika 3.1) uzrokuju:

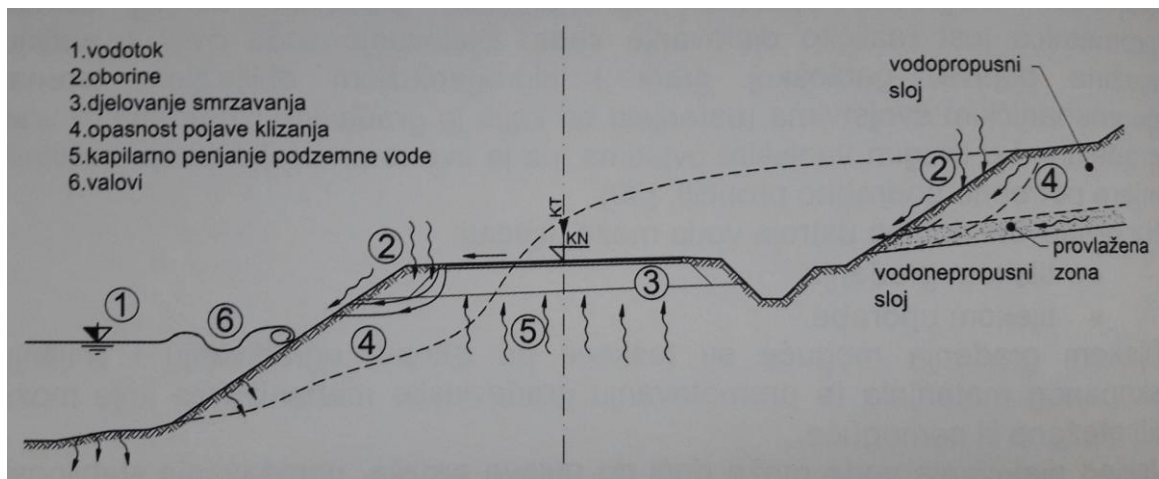
- vode tekućice i stajaćice,
- oborine (kiša, snijeg),
- voda u zoni smrazavanja,
- podzemne vode.

Vode tekućice i stajaćice, a osobito njihove oscilacije, mogu ugroziti stabilnost građevina donjeg ustroja prometnica. Zbog ispiranja i provlaživanja materijala dolazi do promjene njegove struke, promjene geomehaničkih svojstava, dolazi do promjene njegove strukture, promjene geomehaničkih svojstava, drugim riječima do gubitka nosivosti. Naročito su opasni vodeni valovi koji svojim abrazivnim djelovanjem razaraju pokose nasipa ili obalu. Površinske vode, rijeke ili jezera, mogu utjecati na režim podzemnih voda, na promjenu geomehaničkih parametara materijala od kojeg je izgrađen objekt donjeg ustroja, a time i na njegovu stabilnost. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

Oborine u obliku kiše i snijega, zbog stvaranja bujičnih tokova po pokosu građevina donjeg ustroja, dovode do ispiranja materijala. Po pokosima nastaju brazde. Ako se one pravodobno ne saniraju, u estetskom smislu neuredno izgledaju, a veća oštećenja mogu dovesti i do ugrožavanja stabilnosti građevina donjeg ustroja.

Usljed djelovanja smrzavanja u zoni planuma prometnice, u razdoblju odmrzavanja dolazi do smanjenja njegove nosivosti, posljedica čega je pojava deformacije gornjeg ustroja pod djelovanjem prometa.

Podzemne vode nastale infiltriranjem ili kapilarnim penjanjem, ovisno o vrsti materijala, mogu izazvati klizanje pokosa usjeka i nasipa (slika 3.1). U vodopropusnim materijalima podzemne vode izazivaju pojavu strujnih tlakova uslijed kojih dolazi do školjkastih odronjavanja (klizanja) na pokosima usjeka.



**Slika 3.1:** Djelovanje vode na prometnicu (Dragčević, Rukavina 2006.)

Sustav za odvodnju i drenažu projektira se tako da se površinske i podzemne vode najbrže, dakle najkraćim putem odvedu s bilo kojeg mjesta na objektu donjeg ustroja i iz njegove okoline do mjesta odakle više za njega ne predstavljaju opasnost. Ovisno o načinu pojavljivanja vode koju treba odvesti razlikujemo dva sustava odvodnje:

- površinski (skupljanje ili odvođenje površinskih voda),
- podzemni (skupljanje i odvođenje podzemnih voda i voda dospjelih u trup prometnice ili na posteljicu).

### 3.1. POVRŠINSKA ODVODNJA

Ispravna površinska odvodnja veoma je važan čimbenik za trajnost i stabilnost svake građevine. Građevinama površinske odvodnje prihvaća se oborinska voda u obliku kiše ili od topljenja snijega i leda. Ta se voda odvodi s površine građevine ili gornjeg ustroja (kolnika i željezničke pruge) otvorenim jarcima, rigolima različitih presjeka i propustima te ispušta u recipijente. Oblik i dimenzije uređaja za površinsku odvodnju ovise o količini vode koju trebaju prihvatiti, vrsti materijala u kome su izgrađeni, uzdužnom nagibu i njihovoj namjeni. (Dragčević, Rukavina 2006.)

Površinski odvodni sustav čine:

- odvodni jarci,
- zaštitni jarci,
- rigoli.

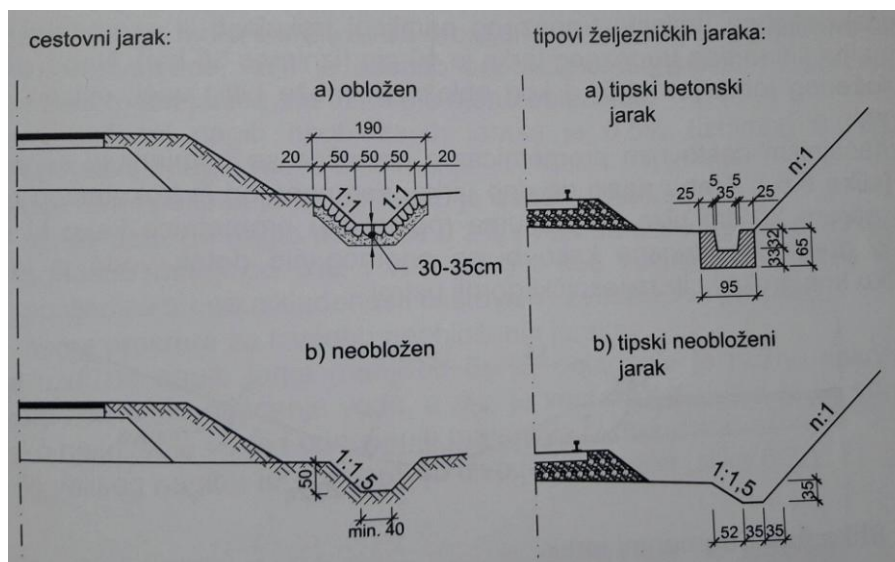
### 3.2. ODVODNI JARCI

Najjednostavniji je način odvođenje vode s kolnika pomoću otvorenih jaraka. Odvodni jarci primaju vodu s kolnika pomoću otvorenih jaraka. Odvodni jarci primaju vodu s kolnika i s pokosa usjeka. Poprečni presjek jarka mora odgovarati količini vode koju mora odvesti, a njihovi oblici prikazani su na slici 3.2.



**Slika 3.2:** Poprečni presjeci jaraka (Dragčević, Rukavina 2006.)

Odvodni jarci moraju imati odgovarajući uzdužni nagib, koji ovisi o vrsti tla kao i o tome je li jarak obložen ili nije, a sve radi djelotvorne odvodnje.



**Slika 3.3:** Trapezni jarak cestovni i željeznički (Dragčević, Rukavina 2006.)

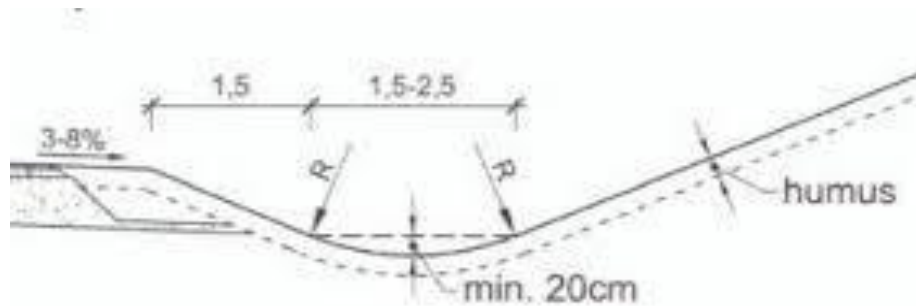


**Slika 3.4:** Trapezni odvodni jarak (Dragčević, Rukavina 2006.)

Trapezni jarci upotrebljavaju se za odvođenje većih količina vode te ako se radi o cestovnim jarcima uz ceste manje važnosti. Iskustvo je pokazalo da pri prometnim nezgodama s posljedicom izljetanja s ceste, posebice ako se radi o cesti višeg reda (veće brzine vožnje), posljedice nesreće (oštećenja na vozilu, povrede sudionika prometne nezgode) veće su u slučaju ako se umjesto trapeznog primjeni trokutasti ili segmentni

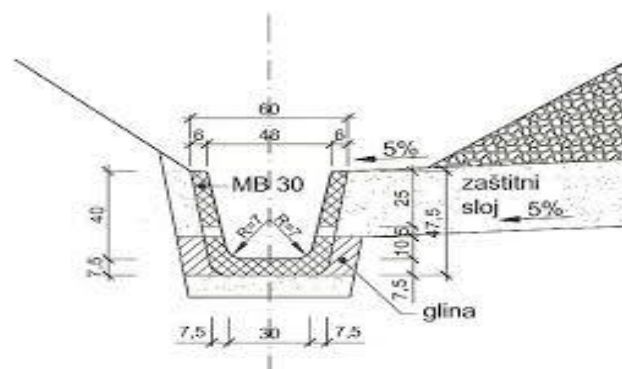
jarak. Minimalna širina dna trapeznog jarka je 40 cm (iznimno 35 cm). Nagib pokosa neobloženog jarka je 1:1,5, a kod obloženih može biti i veći, ovisno otipu obloge.

Na značajnim cestovnim prometnicama najčešće se primjenjuju segmentni jarci (slika 3.5). Treba paziti da dno jarka, segmentnog ili trokutastog oblika, bude barem 20 cm niže od planuma (posteljice) prometnice kako bi se on mogao drenirati, odnosno kako bi se onemogućio dotok vode iz jarka u kolničku konstrukciju ili željeznički gornji ustroj.



**Slika 3.5:** Segmentni jarak

Uzdužni nagib jaraka mora se prilagoditi uvjetima odvodnje. Ako je uzdužni nagib premali dolazi do taloženja materijala i zamuljivanja, a ako je prevelik, do erozije dna i pokosa zbog velike brzine protjecanja vode. U oba slučaja jarak se mora obložiti. Izbor obloge jarka ovisi o vrsti građevine, lokalnim uvjetima, raspoloživim materijalima i cijeni izrade. Oblaganje se može izvesti kamenom, betonom, betonskim elementima, asfaltnim mješavinama ili obradom tla kemijskim proizvodima (cement, bitumen i sl.). U novije se vrijeme za oblaganje jaraka sve više upotrebljavaju montažni elementi (slika 3.6) jer se na taj način smanjuje utrošak ručnog rada, a time i ukupni troškovi izrade obloge.



**Slika 3.6:** Željeznički armiranobetonski jarak

Izgrađena obloga mora biti takva da promjene temperature, a posebno štetno djelovanje smrzavice, koja je osobito nepovoljna u glinovitim i prašinstim koherentnim materijalima, ne uzrokuje njeno oštećenje.

Najmanji uzdužni nagib neobloženih jaraka je 0,5% (iznimno 0,3%). Na kratkim potezima nagib može biti i manji.

Oblaganje dna i pokosa jaraka potrebno je izvesti u slučaju ako je:

- njihov uzdužni nagib manji od 0,2% i veći od 4% kod cestovnih jaraka, odnosno manji za 3‰ i veći od 3% kod željezničkih (takve razlike posljedica su neusklađenosti cestovnih i željezničkih propisa),
- nema prostora za izvedbu neobloženih jaraka.

Ako je uzdužni nagib jaraka manji od 0,2%, oblaganje je nužno kako bi se osiguralo normalno otjecanje vode i odnošenje materijala iz dna jaraka.

Kod vrlo velikog nagiba terena jarci se izvode kaskadno (slika 3.7).

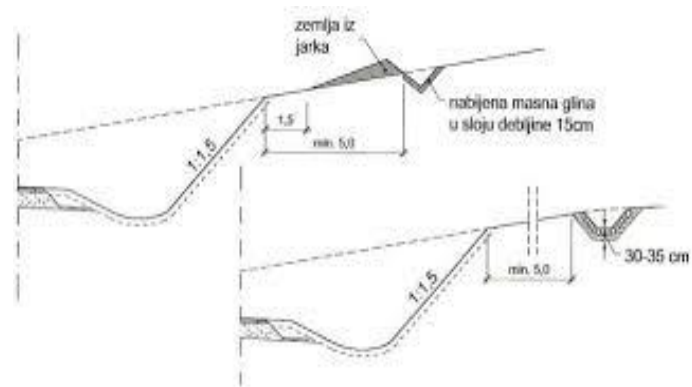


**Slika 3.7:** Kaskadno izveden jarak

### 3.3. ZAŠTITNI JARCI

Zaštitni jarci su odvodni jarci, izvan područja usjeka i nasipa, koji prihvaćaju površinske vode sa širega slivnog područja i štite prometnicu od razornog djelovanja površinskih voda. Odvodnjavanju površinskih voda velikog slivnog područja prije svega treba rješavati gradnjom jaraka udaljenih od prometnice, pošumljavanjem, zabranom sjeće drveća i ogoljivanja padina. Zaštitni jarci grade se na padinama iznad usjeka paralelno s prometnicom.





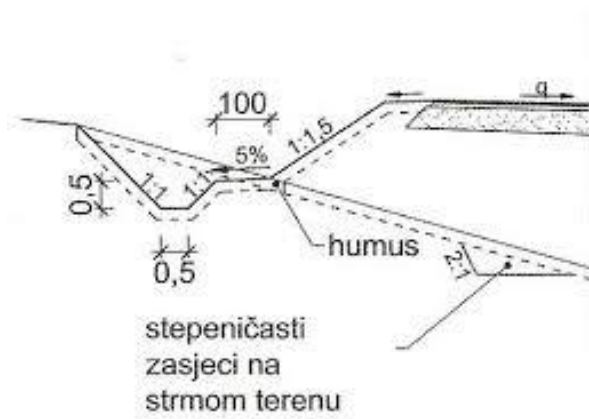
**Slika 3.8:** Tipovi zaštitnih jaraka na padini iznad usjeka

Pri tome treba izbjegavati njihovu gradnju uz rub usjeka zbog mogućega klizanja pokosa. Ako se izvode na manjoj udaljenosti od vrha usjeka, treba ih graditi i održavati tako da ne dođe do izlivanja vode iz jaraka i njezinog slijevanja niz pokos (slike 3.8 i 3.9). U krškim kamenim područjima takvi jarci nisu potrebni.



**Slika 3.9:** Zaštitni jarak na padini iznad usjeka

U nasipu se izvode zaštitni jarci segmentnog, trokutastog ili trapeznog oblika, kako bi štitili nožicu nasipa od štetnog djelovanja pribrežnih voda (slika 3.10). Minimalni uzdužni nagib jaraka je 0,5%. Uzdužni nagib jaraka obzidanih lomljenim kamenom ili izvedenim kanalicama može biti veći od 10%. U stjenovitim materijalima uobičajeno se primjenjuju trokutasti jarci, a rjeđe segmentni.



**Slika 3.10:** Zaštitni jarak uz nožicu nasipa

### 3.4. RIGOLI

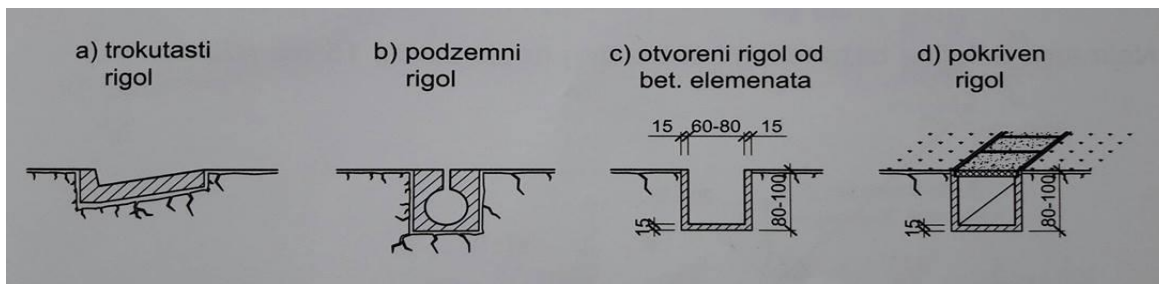
Rigoli su mali odvodni uređaji, a na cestama se rade kao element odvodnje u usjeku ili zasjeku kako bi prikupljali vodu s kolničke konstrukcije i pokosa usjeka (slika 3.11).



**Slika 3.11:** Rigoli

Rigoli mogu biti otvoreni (slika 3.12a), podzemni (slika 3.12b), otvoreni rigol od betonskih elemenata (slika 3.12c) i pokriveni rigoli (slika 3.12d).





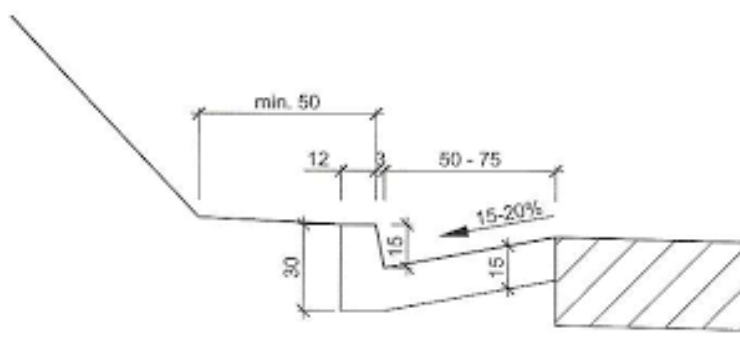
**Slika 3.12:** Tipovi rigola (Dragčević, Rukavina 2006.)

Rigoli se, kad je riječ o željeznici, izvode između i pokraj kolosjeka. Rigoli se najčešće rade od betona MB 20. Danas se najčešće rade kontinuirano, na mjestu ugradnje (slika 3.13). Razdjelnice se rade na razmaku 2 m. Uzdužni nagib betonskih rigola ne smije biti manji od 0,2% (iznimno 0,1% na kratkoj duljini).



**Slika 3.13:** Betonski trokutasti rigol izveden kontinuirano

Najmanja debljina betonskog trokutastog rigola iznosi 15 cm (slika 3.14)



**Slika 3.14:** Betonski trokutasti rigol



Ovisno o izvedbi, uzdužni nagib rigola je 0,5 do 4%, a kada se izvede na kraćim potezima, nagib može biti 0,2%.

Podloga za rigole različita. Najpogodniji je mehanički zbijen nosivi sloj kolničke konstrukcije produljiti i ispod rigola.

Voda se iz rigola odvodi slivnicima u sustav unutarnje odvodnje ili se ispustima koji ne bi smjeli biti na razmacima većima od 200 m odvodi u odvodne jarke.



**Slika 3.1:** Otvoreni kanal niz pokos nasipa do odvodnog jarka



**Slika 3.18:** Detalj otvorenog kanala niz pokos nasipa ili usjeka

Na visokim nasipima (slike 3.16, 3.17, i 3.18) izgrađenima od nevezanih ili slabo vezanih sitnozrnih materijala, a naročito u područjima s većim količinama oborina vode koja se

na određenim razmacima, pomoću otvorenih kanala obloženih kamenom, betonom ili predgotovljenim elementima, ispušta niz pokos nasipa do prihvatnog kanala.

### **3.5. PODZEMNA ODVODNJA**

Prikupljanje i odvodnja podzemne vode dospjele u trup prometnice ili u teren izvan nje obavlja se kako bi se:

- odvela voda koja prodire iz posteljice, kroz bankine ili kroz gornji ustroj,
- snizila razina podzemne vode,
- prihvatila podzemna voda iz vodonosnog sloja sa strane i spriječilo njeno štetno djelovanje na pokose usjeka ili trup prometnice (osiguranje drenažama),
- poboljšala stabilnost građevine donjeg ustroja ili terena poremećene stabilnosti (klizišta)

U podzemnu odvodnju ubrajaju se podzemni odvodni uređaji koji prihvaćaju i odvode podzemnu i procjednu vodu, tj. vodu koja miruje ili teče ispod površine terena. Podzemnim sustavima isušuje se i mijenja hidrodinamički tok, čime se stabilizira tlo i građevina. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

### **3.6. DRENAŽE**

Za prihvati i odvodnju podzemne vode služe različite vrste drenaža; uzdužne – paralelne s osi usjeka, kose, poprečne i drenažni sustavi.

Drenaže se najčešće polažu ispod okna jarka ili rigola u usjeku, odnosno ispod zelenog pojasa na autocestama. U tu svrhu se primjenjuju plitke drenaže različite građe. Drenažni sustavi projektiraju se tako da istodobno osiguraju stabilnost terena ili građevine donjeg ustroja i djelotvorno odvodnjavanje. Oni se koriste pri saniranju klizišta, u terenima na kojima su izgrađene prometnice, odnosno u samoj prometnici. Značajna je uloga drenaža i pri odvodnjavanju ispune iza stupova mostova, potpornih i obložnih zidova, galerija i drugih građevina. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

Položaj, dubina i duljina drenaža određuju se na osnovi prethodnih terenskih istražnih radova i laboratorijskih ispitivanja. Pri projektiranju drenaža mora se paziti da dno drenaže bude niže od maksimalne dubine djelovanja smrzavice.

Ispravnost djelovanja drenaža mora se redovito provjeravati i ako se uoče nedostaci, pravodobno intervenirati. U tu svrhu obavljaju stalne revizije i pregledi ispusta, revizijskih okana i drugih elemenata sustava za odvodnju.

Prema položaju u odnosu na os prometnice, drenaže se dijele na:

- uzdužne,
- poprečne.

Prema načinu djelovanja, drenaže mogu biti:

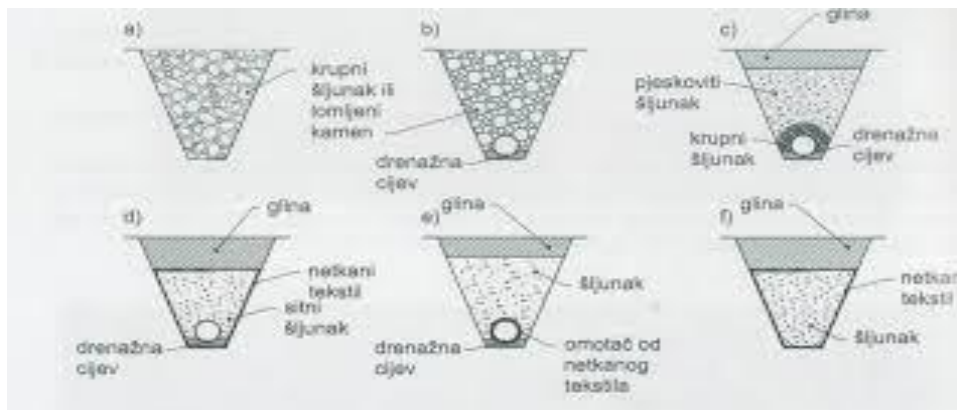
- pojedinačne,
- vezane u zajednički sustav.

Ovisno o položaju i dubini, odnosno namjeni, mogu biti:

- otvorene (površinske),
- zatvorene (vertikalne ili horizontalne), na različitim dubinama.

Ovisno o funkciji, drenaže se mogu projektirati isključivo radi:

- odvodnje,
- osiguranja stabilnosti pokosa,
- višestruke uloge.



**Slika 3.19:** Povijesni razvoj sustava plitkih drenaža

Spoznaje o izvedbi drenaža mijenjale su se u skladu sa spoznajama o mehanizmima filtriranja i s razvojem odgovarajućih materijala.

Na slici 3.19 prikazan je razvoj drenažnih rovova – od rovova ispunjenih krupnim kamenom do današnjih, u kojima se rabe geotekstili. Do sredine dvadesetog stoljeća filtarska se ispuna drenažnih rovova sastojala samo od krupnozrnog kamenog materijala bez pijeska i bez drenažne cijevi (slika 3.19a) ili s njom (slika 3.19b). Djelotvornost i dugotrajnost takvih drenaža bila je mala, jer kamena ispuna nije zadovoljavala filtarska pravila. Zbog toga je za filtarsku ispunu kasnije uveden pjeskoviti šljunak koji je u odnosu na okolno tlo zadovoljavao filtarska pravila. Da bi se spriječilo ulaženje sitnih čestica u drenažnu cijev, oko nje je stavljen krupni šljunak. S gornje je strane drenažni rov zatvaran glinom kako u njega na bi ulazila oborinska ili površinska voda (slika 3.19c). Drenažna cijev ugrađivana je na betonsku ili glinenu podlogu. Takve drenaže imale bolje djelovanje, ali su i one tijekom vremena bile podložne zamuljivanju i postajale su manje djelotvorne. Ipak, to je danas klasični način izvedbe.

U novije vrijeme umjesto filtracijskog sloja sve češće se upotrebljava odgovarajuća vrsta geotekstila. Sustav drenaže uz primjenu geotekstila (slika 3.19) sastoji se od zrnatog materijala kao ispune većega dijela drenažnog rova, omotača od geotekstila, drenažne cijevi i sloja gline za zatvaranje rova. To je suvremeni sustav koji ima znatne prednosti pred klasičnim načinom. Geotekstil u ovom rješenju ima važnu ulogu filtriranja vode, tako da sitne čestice tla ne mogu ulaziti u drenažu. Ispitivanja takvih drenaža nakon dužega vremena njihova djelovanja pokazala su da se s vanjske strane tekstila stvorio tanki sloj (oko 2 - 3 mm) sitnih čestica, a da su takve čestice djelomično prodrle i u zrnati sloj do dubine približno 20 mm. Takvo stanje odgovara ravnotežnom stanju u kojem drenaža nastavlja svoje dugotrajno učinkovito djelovanje. Geotekstili su omogućili daljnu racionalizaciju i poboljšanja sustava. Omatanje drenažne cijevi geotekstilom (slika 3.19e) omogućilo je da se iskuša i sitnozrnija filtarska ispuna (pijesak), čime se u nekim slučajevima mogu postići znatne novčane uštede. Konačno, uporaba geotekstila omogućila je i primjenu drenaža bez drenažnih cijevi (slika 3.19f). Geotekstili moraju imati odgovarajuća hidraulična svojstva kako bi mogli propuštati vodu, a istodobno zadržavati prijenos sitnih čestica iz okolnog tla te na taj način ispravno i dugo djelovati. Potrebna se svojstva geotekstila u tom smislu određuju proračunom.

### 3.6.1. DRENAŽNA CIJEV

Drenažna cijev može biti od različitih materijala – pečene gline, betona, azbest – cementa, platike, promjera 10, 15 ili 20 cm. Najčešće su na gornjoj polovici perforirane (rupe promjera 10 mm). Kod nas se većinom upotrebljavaju plastične drenažne cijevi (slika 3.20) koje su pokazale mnogo dobra svojstva i prednosti pred drugim vrstama cijevi. Proizvode se cijevi različite veličine otvora i duljine do 5 m. Pri ugradnji se jednostavno spajaju (slika 3.21). Lake su za prijevoz i rad, postoje su i dobro propusne zbog ureza i kanalića te glatkoće unutarnje površine. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 3.20:** Dvoslojne plastične drenažne cijevi

### 3.6.2. DRENAŽNA ISPUNA

Iznimno je važno da sustav drenažne ispune bude ispravan. Pri izradi drenaža često se za ispunu upotrebljavaju razni otpadni materijali ili materijali koji nisu prikladni (lomljeni kamen, drobljenac, krupni odsijani šljunak i sl.).

Takvi materijali ne mogu obavljati funkciju filtra jer se brzo ispune česticama tla. Drenažna ispunna može biti uspješna samo ako njezin sastav odgovara sastavu okolnog terena koji drenira.





**Slika 3.21:** Plastična drenažna cijev na podlozi od betona

Uloga je filtarskih slojeva da omoguće učinkovito filtriranje podzemne vode i da spriječe ispiranje čestica prirodnog tla koje se drenira, odnosno zamuljivanje procjdnog tijela, što se postiže pravilnim izborom granulometrijskog sastava, primjenom takozvanih filtarskih pravila koja je 1920. godine postavio Terzaghi. Primjenom tih pravila nastalo je više metoda određivanja sustava ispune. Njima je predviđen odgovarajući odnos o granulometrijskom sastavu i udjelu zrna određene veličine materijala za filtarske slojeve i prirodno tlo iz kojeg se drenira voda.

Filtarski materijal mora zadovoljiti ove zahtjeve:

- $K_1 = d_{15\% \text{ ispune}} / d_{85\% \text{ osnovnog tla}} > 5$ ;
- $K_2 = d_{15\% \text{ ispune}} / d_{15\% \text{ osnovnog tla}} < 5$

gdje je:  $K_1$  – koeficijent zamuljivanja,

a.  $K_2$  – koeficijent propusnosti,

b.  $d_{15}$  – promjer čestica kojih ima 15% u materijalu,

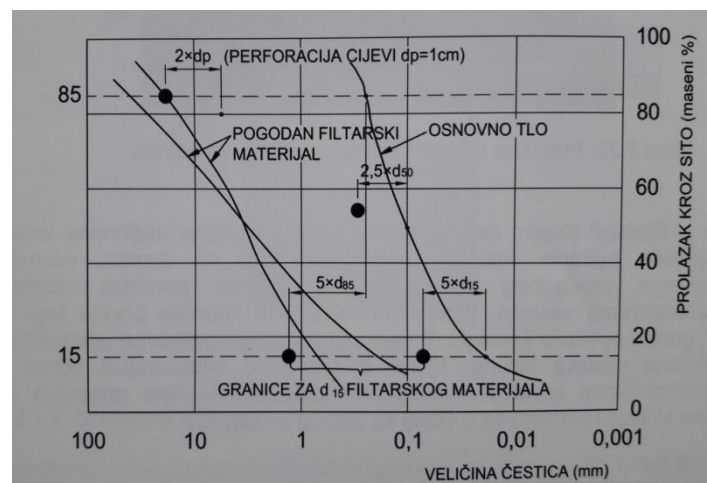
c.  $d_{85}$  – promjer čestica kojih ima 85% u materijalu.

Promjer čestica kojih ima 15% odnosno 85% u materijalu određuje se iz granulometrijskog dijagrama izrađenog na temelju rezultata prosijavanja.

Ovi zahtjevi moraju biti zadovoljeni kako bi drenaža bila dovoljno propusna i kako ne bi došlo do brzog zamuljivanja. Ako to nije ostvareno, mora se predvidjeti novi filtarski sloj (pješčani) debljine 10 do 15 cm koji ispunjava pravila, ili sloj geotekstila;



- ako su drenažne cijevi s rupama ili međurazmacima, potrebno je da promjer zrna kojih ima 85% u ispuni bude veći od dvostruke veličine otvora kako materijal ispune ne bi upadao u cijev  
 $d_{85\% \text{ ispune}} > 2 d \text{ perforacije};$
- da se spriječi segregacija materijala  
 $d_{50\% \text{ ispune}} / d_{50\% \text{ osnovnog tla}} < 25;$
- količina frakcija manjih od 0,074 mm u filtarskom materijalu mora biti manja od 10%.



**Slika 3.2.:** Izbor filtratemelem filtarskih pravila (Dragčević, Rukavina 2006.)

Ovi su zahtjevi grafički prikazani na slici 3.22 Granulometrijska krivulja mora prolaziti između označenih točaka, a njezin tok mora biti sličan tijeku krivulje osnovnog tla.

Materijal za filtarsku ispunu mora biti jednolične granulacije, čist, neosjetljiv na djelovanje smrzavice s odgovarajućim udjelom pijeska te s ograničenim udjelom organskih sastojaka, sitnih frakcija i trošnih stijena.

U novije vrijeme kao filtar sve se više primjenjuje geotekstil, čime se zamjenjuje slaganje filtarskog sloja po granulometrijskoj krivulji. Filtarski uvjeti postižu se odabirom geotekstila karakteristične veličine pora, takve da ne propušta čestice tla, a ipak propušta vodu. Filtarska ispuna tada je od dostupnoga, obično krupnozrnog materijala. Razni proizvođači geotekstila na temelju svojih istraživanja propisuju tehničke uvjete uporabe geotekstila za izradu drenaže, no općenito vrijede ova pravila:

1.  $d_w < 2,5 d_{50}$
2.  $d_{50} < d_w < d_{90}$

gdje je:

$d_w$  – karakteristični otvor pora geotekstila,

$d_{50}$  - promjer čestica kojih ima 50% u matreijalu,

$d_{90}$  - promjer čestica kojih ima 90% u matreijalu.

### *3.6.3. PROJEKTIRANJE I IZRADA DRENAŽA*

Izrada drenaža, obavlja se u nekoliko faza:

1. iskopa se drenažni rov s podgrađivanjem ili bez podgrađivanja, odnosno iskopa se drenažni potkop, ovisno o vrsti drenaže,
2. uredi se dno drenažnog rova, tj. izradi vodonepropusni sloj ili temelj od mršavog betona (tajača),
3. postavi se drenažna cijev ili betonski, odnosno kameni kanal za odvodnju,
4. ugradi se procjedno tijelo sa pješčanim filtrom ili geotekstilom,
5. ugradi se vodonepropusni dio (glineni čep).

Iskop drenažnog rova obavlja se, ako je to moguće učiniti bez štetnih posljedica, na cijeloj dužini i od najnižega dijela jer se na taj način osigurava posljedica, na cijeloj dužini i od najnižega dijela jer se na taj način osigurava odvodnja i stječe potpuni uvid u stanje na terenu (vrste slojeva i njihov raspored, razina vodonosnog sloja, uzdužni nagib i količina vode, geotehničke značajke tla i drugi elementi) te je moguća provjera projekta i ispravljanje uočenih nedostataka.

O izvođenju radova na nestabilnom terenu treba iznimno paziti jer pogreške učinjene tijekom gradnje vrlo teško otkloniti. Otklon treba obavljati u dijelovima, kampadama uz podgrađivanje i poduzimanje svih mjera predviđenih projektom i Zakonom o zaštiti na radu.

Najmanja dubina na koju se može položiti dno drenaže (drenažnog jarka ili drenažne cijevi) mora biti veća od maksimalne dubine smrzavanja (u našim uvjetima najmanje 0,8 do 1,0 m, ovisno o lokalnim klimatskim uvjetima), a radi osiguranja njene stabilnosti, najmanje 60 cm ispod klizne površine odnosno vodonosnog sloja.

Širina drenažnog rova ovisi o vrsti drenaže, njenoj dubini, načinu razupiranja, vrsti tla i bočnim pritiscima.

Funkcija dreniranja i stabilizacije terena postiže se višestrukim učincima drenaža kao što su:

- povećanje posmične čvrstoće tla zahvaljujući smanjenju njegove vlažnosti,
- usmjeravanje strujnog pritiska,
- zamjena provlaženoga ili lošega materijala u drenažnom rovu pogodnijim materijalom (kameni ili šljunkoviti),
- razbijanje mase zemljanog materijala sklonog klizanju na manje dijelove, čime se poboljšava stabilnost pokosa,
- stvaranje sila trenja na dodiru između ispune i prirodnog tla, čime se osigurava stabilnost pokosa.

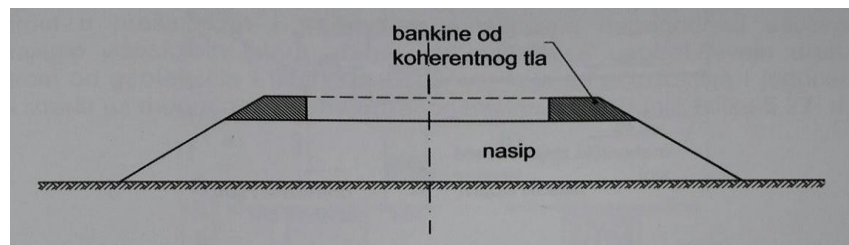
### **3.7. ODVODNJA POSTELJICE I KOLNIČKE KONSTRUKCIJE**

Mehanički zbijeni nosivi sloj mora imati mogućnost odvođenja vode koja bi se u njemu mogla akumulirati. Istraživanja su pokazala da oštećenja mehanički zbijenog nosivog sloja mogu nastati zbog kondenzacije vodene pare, a pod određenim uvjetima temperature i vlage. Tada se u njemu mogu pojaviti znatne kolničke vode. Ako ta voda nema dobru ili čak nikakvu mogućnost da se odvede izvan trupa prometnice, može se posteljica (planum) jako navlažiti i mogu nastati uvjeti koji pri projektiranju nisu bili predviđeni, pa dolazi do preranog propadanja kolničke konstrukcije odnosno gornjeg ustroja željezničke pruge.

Kako bi se voda odvela iz mehanički zbijenog nosivog sloja cestovne prometnice, potrebno je projektirati posteljicu u poprečnom nagibu najmanje 4% kod koherentnog tla, odnosno 2,5% kod nekoherentnih vrsta materijala. Ako se cesta nalazi u većem uzdužnom nagibu, postoji opasnost nastanka uzdužnog podzemnog toka vode kroz mehanički zbijeni nosivi sloj i pojave ispiranja sitnih čestica. Na takvim dijelovima poželjno je da poprečni nagib posteljice bude i veći. Za uzdužni nagib 3 do 5% poprečni nagib posteljice trebao bi biti 5%, a za nagib 5 do 8% trebao bi biti oko 6%.

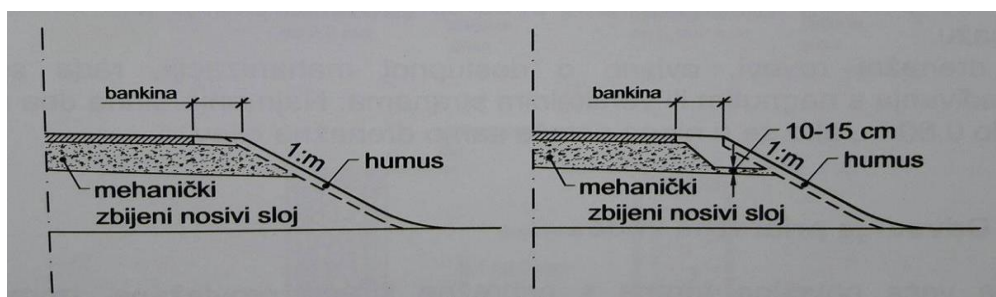
Također je važno da na posteljici odnosno planumu ne bude lokalnih neravnina u kojima se može skupljati voda. Ravnost mora biti u granicama  $\pm 3$  cm, mjerno letvom duljine 4 m na razmacima od 100 m, u zemljanim i miješanim te  $\pm 5$  cm u kamenim materijalima.

Kada je cesta u nasipu, važno je kako su izvedene bankine. Najveća je pogreška graditi bankine od nabijenog glinovitog materijala prije izvedbe konstrukcije. Tako se stvaraju korita koja ne propuštaju vodu, pa već za vrijeme gradnje nastaju problemi ako padne kiša (slika 3.23). Da bi se to izbjeglo, izvode se takozvani drenažni presjeci kroz bankinu otprilike na 10 m udaljenosti koji se ispunjavaju granuliranim materijalom. Njihova je učinkovitost mala jer ubrzo prestanu djelovati zbog zamuljivanja. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 3.26:** Odvodnja – izvedba bankina prije konstrukcije (Dragčević, Rukavina 2006.)

Tehnološki i funkcionalno najpovoljnije je da se mehanički zbijeni nosivi sloj izvede preko cijelog planuma donjeg ustroja (slika 3.24). Tada se bankine samo dopunjuju zemljanim materijalom ili kamenom sitneži u debljini gornjih nosivih slojeva.

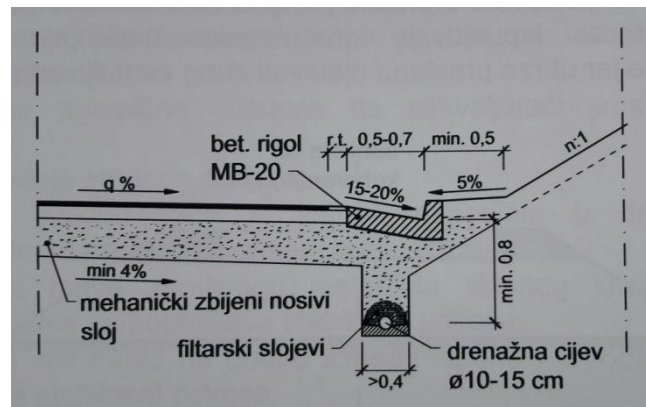


**Slika 3.24:** Odvodnja mehanički zbijenog nosivog sloja (Dragčević, Rukavina 2006.)

Da bi se uštedjelo na materijalu mehanički zbijenog nosivog sloja, njegova se debljina smanjuje na 10 do 15 cm na dijelu ispod bankine (slika 3.24). Nije li mu cijena visoka, takvo se smanjenje ne izvodi.

Kada se konstrukcija izvodi u usjeku ili zasjeku, a ne mogu se izvesti otvoreni jarci, mehanički zbijeni nosivi sloj i posteljica odvodnjavaju se pomoću plitkih drenaža (kopanih drenažnih jaraka), slika 3.25.

Primjenjuju se različite konstrukcije plitkih drenaža, s perforiranom drenažnom cijevi te drenažnom ispunom i filtrom od pjeskovito šljunkovitog materijala odgovarajućega granulometrijskog sastava uzimajući u obzir filtarsko pravilo.



**Slika 3.25:** Detalj drenaže ispod betonskog rigola (Dragčević, Rukavina 2006.)

Plitke drenaže najčešće se rade tako da se drenažna cijev polaže na pripremljenu vodonepropusnu glinenu ili betonsku podlogu (tajaču). Iznad nje radi se ispuna odnosno filtarski sloj, a drenažni se rov zatvara nepropusnim čepom od glinenog materijala kako bi se spriječilo prodiranje površinske vode u drenažu.

Plitki drenažni rovovi, ovisno o dostupnoj mehanizaciji, rade se bez podgrađivanja s nagnutim ili vertikalnim stranama. Najmanja širina dna rova je 0,40 do 0,60 m, ako se u njega polaže samo drenažna cijev.

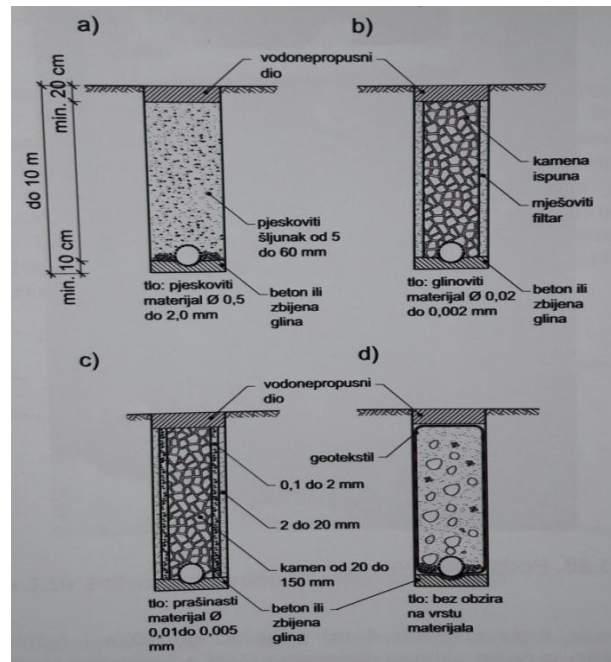
### 3.8. ODVODNJA PRIBREŽENE VODE

Ako je veća površina terena s pribrežene strane provlažena, izgradnjom prometnice bez poduzimanja posebnih mjera može se ozbiljno ugroziti stabilnost padine i izazvati klizanje. Takve se zone obavezno moraju drenirati. Kad voda koja podzemnim putem bočno pritječe u tijelo prometnice s padine brda, takozvana pribrežna voda, i ako spuštanjem razine podzemne vode postoji opasnost njenog prikupljanja u zoni djelovanja smrznutice ili je njena razina visoka, takva se voda odvodi dubokim drenažama postavljenim s obje strane prometnice ispod odvodnih jaraka ili u slobodnim površinama.

Vertikalne duboke drenaže su vertikalni drenažni rovovi različite dubine i širine, ispunjeni vodopropusnim kamenim materijalom odgovarajućega granulometrijskog sastava, na čijem je dnu postavljena drenažna cijev ili betonski jarak koji prikuplja vodu i odvodi ju do ispusta.

Vertikalna se drenaža sastoji od procjednog tijela (filtarski sloj i ispuna), nepropusnog dijela, čepa (radi sprječavanja prodiranja površinske vode u drenažu) i odvodnog dijela (odvodne cijevi, skupljajući kanali, ispusti i revizijska okna). Na slici 3.26 prikazano je nekoliko načina izrade vertikalnih drenaža ovisno o vrsti tla, i to: bez filtera ako je zemljani materijal krupnozrni (a), s filtrom od mješovitog sastava u glinovitim materijalima (b) i s dvoslojnim filtrom u prašinastim i muljevitim materijalima nepogodnog sastava (c).

Umjesto višeslojnih filtera, danas se sve češće upotrebljavaju i jednostavnije za izradu od geotekstila i filtarskom ispunom koje su učinkovitije i jednostavnije za izradu uz mogućnost mehaniziranog načina ugrađivanja (slika 3.26d.). (*Dragčević, Rukavina 2006.*)



**Slika 3.26:** Tipovi vertikalnih drenaža (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

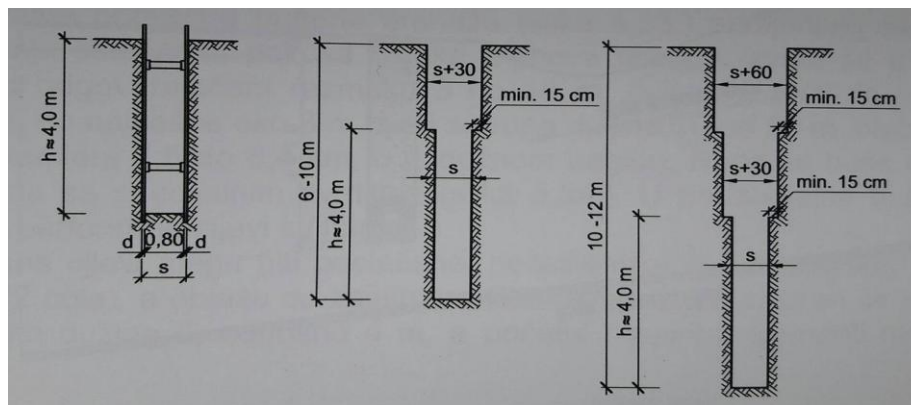
Duboki drenažni rovovi rade se samo s vertikalnim stranama, a ako je podgrađivanje na klasičan način, širina je ista po cijelom profilu (za visine do 4,0 m). Drenažni rovovi većih dubina podgrađuju se drvenom ili čeličnom oplatom (slika 3.27).



**Slika 3.27:** Podgrada rova

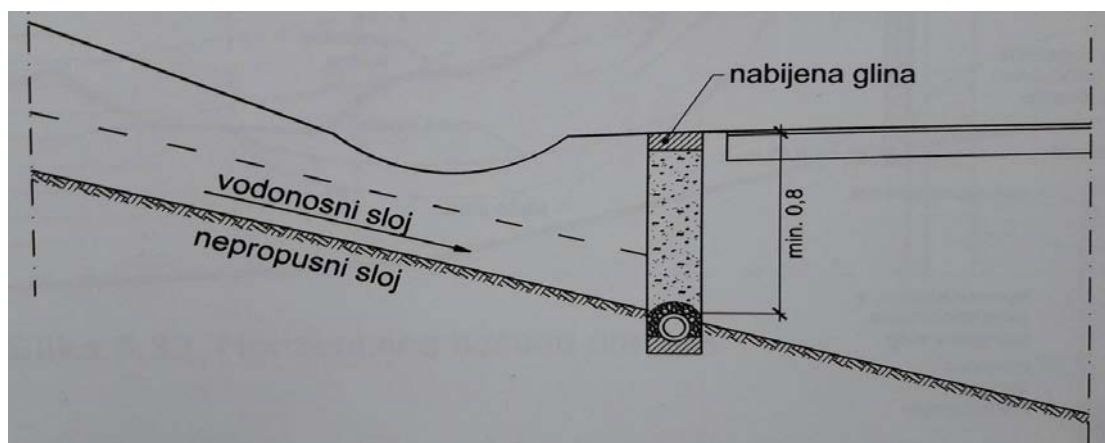
Širina rovova većih dubina mora se postupno smanjivati, na način prikazan na slici 3.28. Najmanja čista širina u takvom slučaju je 0,8 m, a iskop se obavlja posebnim sredstvima ili ručno zbog ograničenoga radnog prostora.

Dubinu drenaže (uglavnom do 4 m) približno određuje i razina spuštene podzemne vode, a način njihova djelovanja ovisi o terenskim uvjetima, dubini podzemne vode i položaju (nagibu) vodonosnog sloja u odnosu na prometnicu.



**Slika 3.28:** Širine drenažnog rova ovisno o dubini rova (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

Prihvatanje vode iz vodonosnog sloja i osiguranje prometnice drenažama nužno je ako se gradnjom usjeka presiječe vodonosni sloj ili se dopre u njegovu neposrednu blizinu tako da postoji opasnost odronjavanja pokosa usjeka ili stvaranja klizne plohe na dodiru s vodonosnim slojem, odnosno opasnost od nakupljanja vode u zoni djelovanja smrzavanja. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

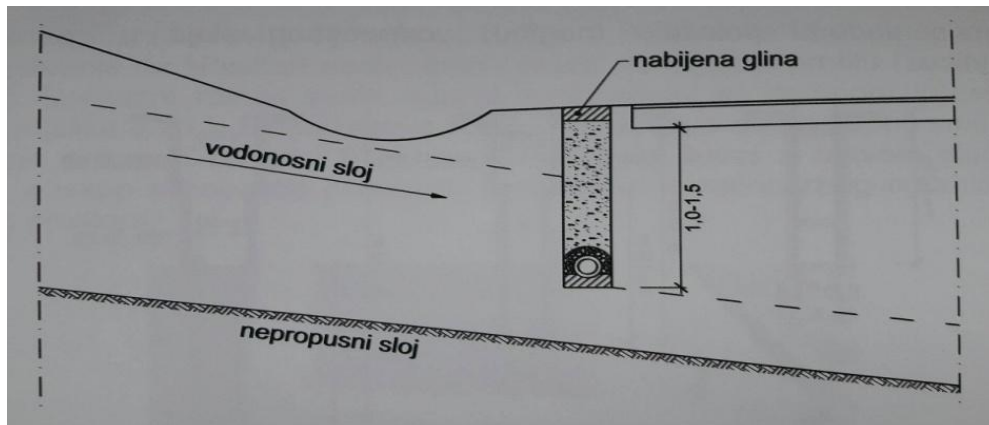


**Slika 3.29:** Prihvatanje vode iz vodonosnog sloja (*Dragčević, Rukavina 2006.*)



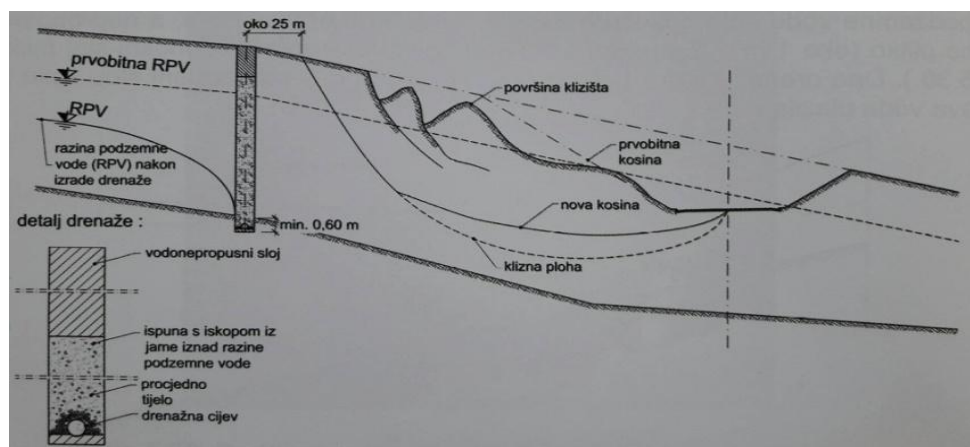
Ako je zona tlo plitko (oko 1 m), drenažom se u potpunosti presijeca vodonosni sloj (slika 3.29). Dno drenaže mora biti oko 25 cm ukopano u nepropusni sloj, kako bi sva voda ulazila u drenažu.

Ako je nepropusni sloj niži, a zona vodonosnog sloja široka (slika 3.30), drenažom se samo snižava razina podzemne vode, tako da bude 1 do 1,5 m ispod posteljice odnosno planuma. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 3.30:** Snižavanje razine podzemne vode (Dragčević, Rukavina 2006.)

Na slici 3.31, prikazani su položaj i građa uzdužne vertikalne drenaže paralelne s osi prometnice. Takva drenaža služi za presijecanje dotoka podzemne vode u tijelo klizišta, njeno prikupljanje i odvođenje iz usjeka. Pravodobnim poduzimanjem zaštitnih mjera, a prije svega snižavanjem razine podzemne vode, sanira se nastalo klizište i povećanje stabilnosti pokosa. (Dragčević, Rukavina 2006.)

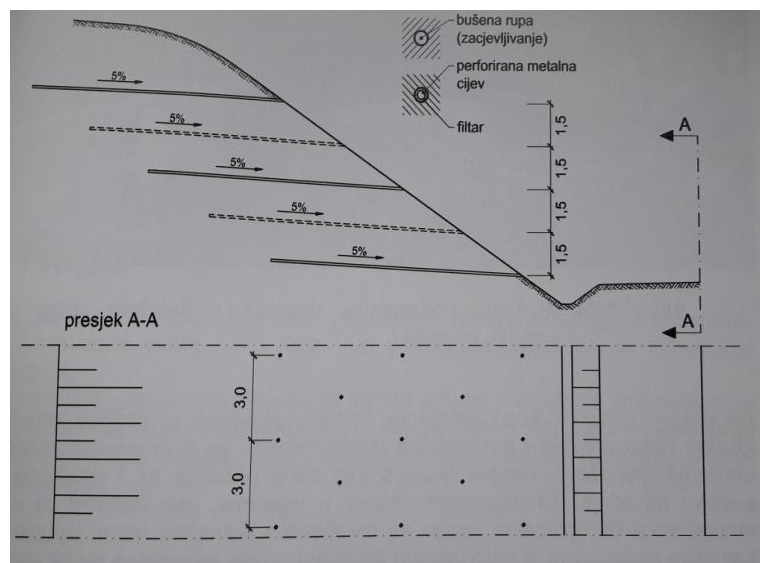


**Slika 3.31:** Saniranje klizišta vertikalnom drenažom (Dragčević, Rukavina 2006.)

Ako je dubina drenažnih rovova veća, otvoreni iskop postaje ne ekonomičan, pa se pribjegava izgradnji drenaža pomoću potkopa (na temelju analize troškova obaju postupaka usvaja se jeftiniji).

### 3.9. POBOLJŠANJE STABILNOSTI POKOSA DRENAŽOM

Horizontalne poprečne bušene drenaže (slika 3.32) primjenjuju se u svrhu poboljšanja stabilnosti pokosa usjeka. Njihova gradnja izvodi se u nekoliko faza. Na odgovarajućem razmaku 3 do 10 m, ovisno o vrsti tla i njegovoj vlažnosti, no najčešće oko 3 m buše se rupe duljine 10 do 50 m, obično 20 do 35 m, promjera 7,5 do 8,4 cm, u uzdužnom nagibu. Rupe se buše motornim bušilicama sa specijalnim svrdilima (slika 3.32). U horizontalne bušotine se stavljaju perforirane cijevi s filterima. Perforirane cijevi mogu biti pocinčane, polietilenske ili poliesterske, promjera 5,1 cm (2 cola), a oblažuju se zaštitnom filtarskom mrežom. Dren se sastoji od elemenata dužine 6, odnosno 4 m, a početni i završni elementi mogu biti i kraći. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 3.32:** Horizontalne bušene drenaže (Dragčević, Rukavina 2006.)

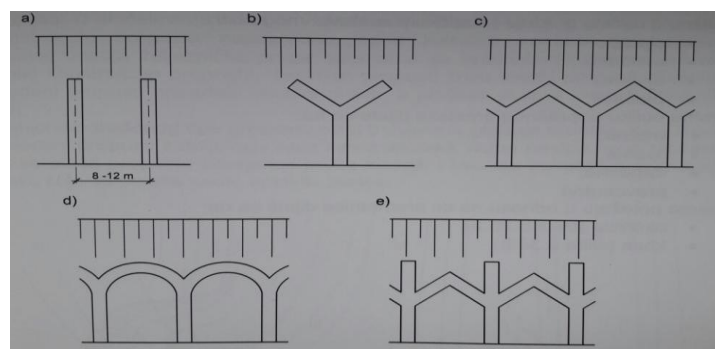
Bušene drenaže projektiraju se najčešće u uzdužnom nagibu većem od 3%, u jednoj razini koja je 2 ili 3 m ispod razine podzemne vode. Na slici 3.34 prikazano je nekoliko vrsta površinskih drenaža (drenažna rebra), okomitih na os prometnice od kojih se

najčešće primjenjuju pojedinačne drenaže (slika 3.34 a). One su na međusobnom razmaku 6 do 12 m, ovisno o vodopropusnosti tla koje se drenira i zahtjevanom sniženju razine podzemne vode. Rjeđi su površinski drenažni sustavi u obliku slova „y“ (slika 3.34 b), krovne (slike 3.34 c i e), ili za svođene drenaže (slika 3.34 d). One se primjenjuju u slučajevima kada je, osim odvodnje potrebno kaptirati i neki izvor odnosno osigurati stabilnost pokosa ili padine terena na većoj površini različite konfiguracije.



**Slika 3.33:** Bušenje horizontalne drenaže s detaljem spoja na vanjsku odvodnju

Pri gradnji takvih ili koso položenih drenaža potrebno je pažljivo proučiti lokalne hidrogeološke i geotehničke uvjete kako bi se onemogućilo kasnije uništenje drenaža ili njihovo deformiranje zbog pritiska tla i promjena u sustavu odvodnje. Za osiguranje pokosa u usjecima, ako vlažnost tla nije mogo veća od optimalne, mogu se primjeniti i drenažna rebra, ispunjena kamenim materijalom ili krupnozrnim šljunkom. Voda prikupljena na taj način geotehničkim značajkama određuje se je li nužna promjena filtra i odabire se materijal za ispunu. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 3.34:** Oblici površinskih drenaža (Dragčević, Rukavina 2006.)

### 3.10. PROPUSTI

Za propuštanje vode ili prolaz prometnice nižeg reda (pješački prolazi, poljoprivredne ceste i sl.) kroz trup prometnice, najčešće se primjenjuju propusti.

Izgradnjom propusta na povoljnom mjestu u trupu prometnice omogućava se kontrolirani prolazak vode kroz njezin trup, odnosno sprječava se skupljanje vode pri nožici nasipa čime bi bila narušena stabilnost donjeg ustroja prometnice.

#### 3.10.1. VRSTE PROPUSTA

Propusti mogu biti izgrađeni od različitih materijala. Prema vrsti materijala dijele se na:

- betonske,
- armiranobetonske,
- propuste od prednapetog betona,
- čelične,
- zidane (kamen, opeka),
- kombinirane.

Ovisno o načinu gradnje i statičkom sustavu, mogu biti:

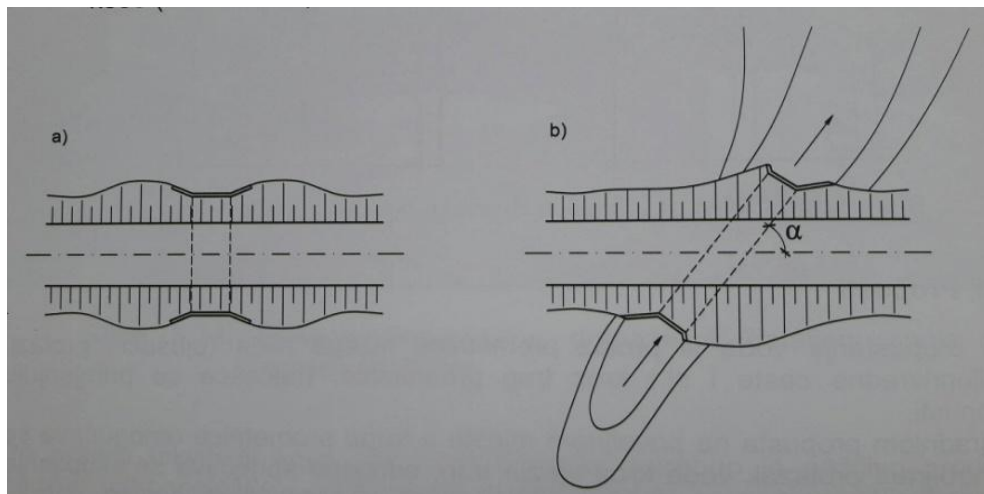
- cijevni,
- svođeni,
- okvirni,
- pločasti.

Prema obliku poprečnog presjeka dijele se na:

- kružne,
- ovalne,
- trapezne,
- pravokutne.

Prema položaju u odnosu na os prometnice dijele se na:

- okomite (slika 3.35a),
- kose (slika 3.35b).



**Slika 3.35:** Položaj propusta u odnosu na os ceste (Dragčević, Rukavina 2006.)

Bez obzira na položaj vodotoka prema osi ceste, najčešće se izvodi okomiti propust na način da se rekonstruira vodotok ili se vodotok neposredno uz cestu regulira (slika 3.36).

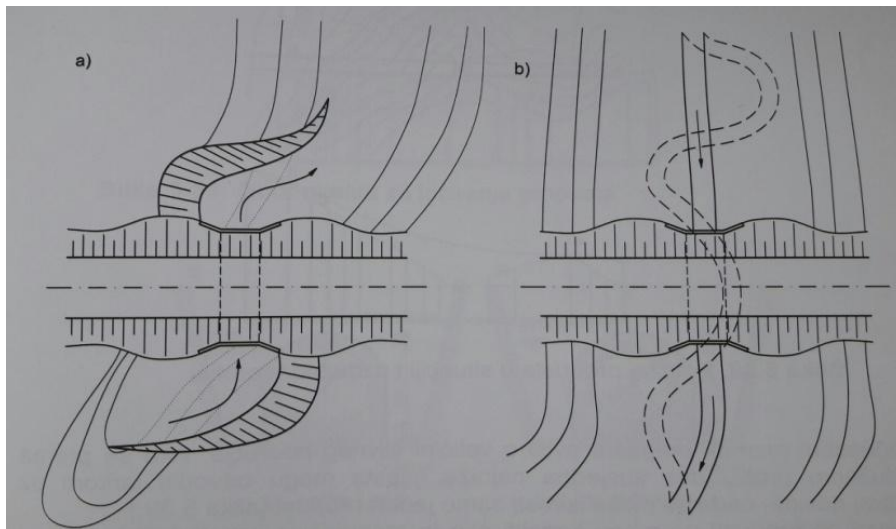
Prema položaju u trupu propusti se dijele na:

- niske,
- visoke.

Ako se radi o nasipima većih visina, kolnička konstrukcija odnosno gornji ustroj željezničke pruge ne leži neposredno na konstrukciji propusta. U tom se slučaju prometno opterećenje prenosi preko dijela nasipa na propust. Takvi se propusti, budući da su postavljeni duboko ispod prometne površine, zovu niski propusti. U slučajevima kada je visina nasipa mala i kada je gornja površina konstrukcije propusta neposredno ispod kolničke konstrukcije odnosno gornjeg ustroja željezničke pruge, prometno se opterećenje prenosi izravno preko konstrukcije propusta. Takvi se propusti zovu visoki propusti. Cijevni i svođeni propusti pripadaju skupini niskih, a pločasti skupini visokih propusta.

Primjena određenog tipa propusta ovisi o uvjetima gradnje prometnice. Cijevni i svođeni propusti zahtijevaju veće konstrukcijske visine nasipa nego pločasti, jer se ploča

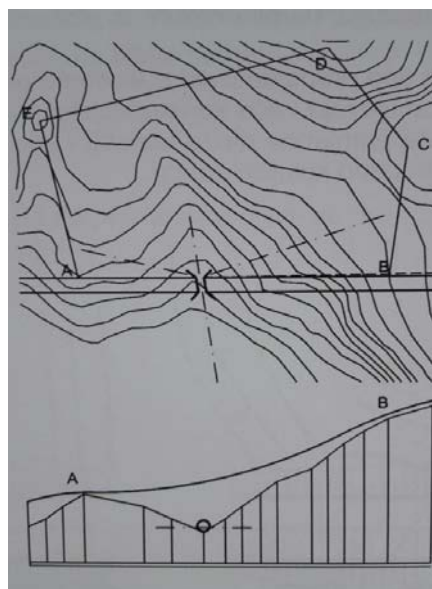
propusta primjerice može koristiti i kao dio kolničke konstrukcije preko koje se polaže samo kolnički zastor. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 3.36:** Regulacija vodotoka (Dragčević, Rukavina 2006.)

### 3.10.2. CIJEVNI PROPUST

Cijevni propusti imaju veću primjenu pločastih i svodenih propusta. Često se izvode pri gradnji cesta i željeznica radi jednostavnijeg građenja i temeljenja, racionalnijih rješenja i niže cijene. Poprečni presjek cijevi može biti različitog oblika: krug, elipsa, parabola ili kombinacija različitih krivulja.



**Slika 3.37:** Položaj propusta u situaciji i uzdužnom profilu (Dragčević, Rukavina 2006.)

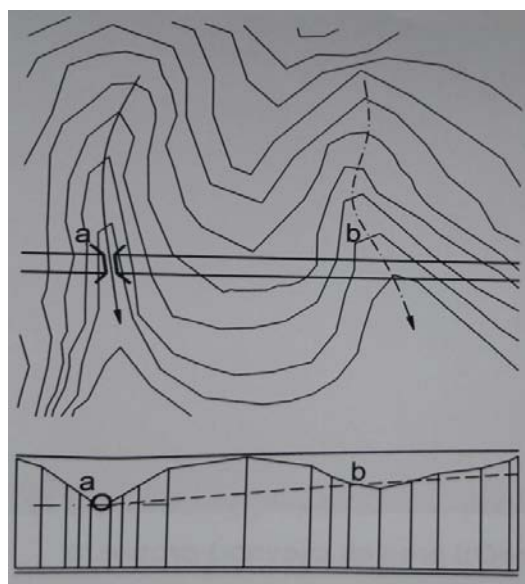


Cijevni se propusti primjenjuju u slučajevima dovoljne visine nasipa i kada nije potreban veliki otvor propusta. Smješteni su na najnižim mjestima po apsolutnim visinama u uzdužnom profilu (slika 3.37), jer se prije svega upotrebljavaju za odvodnju površinske oborinske vode sa slivnog područja (na slici je to područje omeđeno dužinama koje spajaju točke A, B, C, D i E) koja se skuplja na tim mjestima.

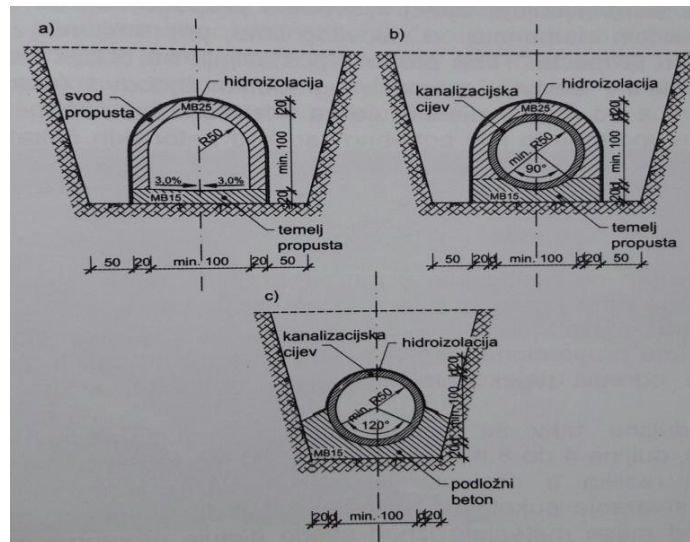
Međusobni razmak propusta ovisi o veličini slivnog područja. Ako se prema uzdužnom profilu dva susjedna najniža mjesta mogu odvoditi jarkom uz nožicu nasipa, onda se može izvesti samo jedan propust (slika 3.38).

Cijevni se propusti ne mogu koristiti ako je raspoloživa konstrukcijska visina nasipa manja od 0,8 m (mjereno od gornje površine cijevi do površine planuma na najnižem mjestu). Veličine otvora mogu biti različite, ovisno o potrebi. Mogu se izvesti od betona tijekom građenja (slika 3.39a), od betonskih cijevi koje se sastavljaju na gradilištu i zaštićene su betonskom oblogom (slike 3.39b, 3.40), od montažnih armiranobetonskih cijevi bez obloge (slika 3.39c), od čeličnih limova (najčešće valovitih) ili od čeličnih cijevi.

Propusti se izvode prije izrade nasipa. Pri gradnji betonskih propusta na samom gradilištu treba paziti da se pravilno izradi oplata, pravilno pripremi, ugradi i odnjeguje beton, da se besprijekorno izrade izolacije i zaštitni slojevi te izvede završena obrada propusta, i slično.



**Slika 3.38:** Izbor mjesta za lociranje propusta (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 3.39:** Poprečni presjeci cijevnih propusta (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 3.40:** Poprečni presjek cijevnog propusta

U zemljama s razvijenom čeličnom industrijom i skupom radnom snagom mnogo češće se primjenjuju cijevni i svođeni propusti koji se na gradilištu sklapaju iz čeličnih elemenata od valovitog lima, pripremljenih za određene veličine i tipove propusta. Takvi propusti postavljaju se brzo i jednostavno – spajaju se pojedini elementi pomoću ugrađenih žljebova (manji otvor) ili pomoću spojnice od visokovrijednih čelika. Neposredno nakon postavljanja spremni su za upotrebu te nije potrebno kao kod betonskih čekati dok beton ne postigne propisanu čvrstoću, čime se ubrzava gradnja cijele građevine.



### 3.10.3. OSTALE VRSTE PROPUSTA

**Svođeni propusti** se primjenjuju u nasipima većih visina. Najmanja visina između gornjeg ruba svoda i površine planuma donjeg ustroja mora biti 0,8 m. Oblik svoda može biti segmentni ili polukružni. Budući da je duljina propusta obrnuto proporcionalna visinom nasipa, potrebno je za određenu visinu nasipa odrediti najekonomičniju visinu propusta, a time i njegovu duljinu.

Zbog velike duljine, takvi se propusti projektiraju i izgrađuju u dijelovima (kampadama), duljine 4 do 8 m, kako bi se, zbog mogućih promjena u veličini opterećenja i razlika u nosivosti ili kvaliteti tla u kojem su temeljeni, onemogućilo stvaranje pukotina u njima. Srednji dio propusta, na koji osim opterećenja od mase materijala iznad svoda djeluju prometno opterećenje, ima veće dimenzije od krajeva. Izgrađuje se u cijelosti od betona, obrađenog kamena u cementnom mortu ili kombinirano, od betona i obrađenog kamena.

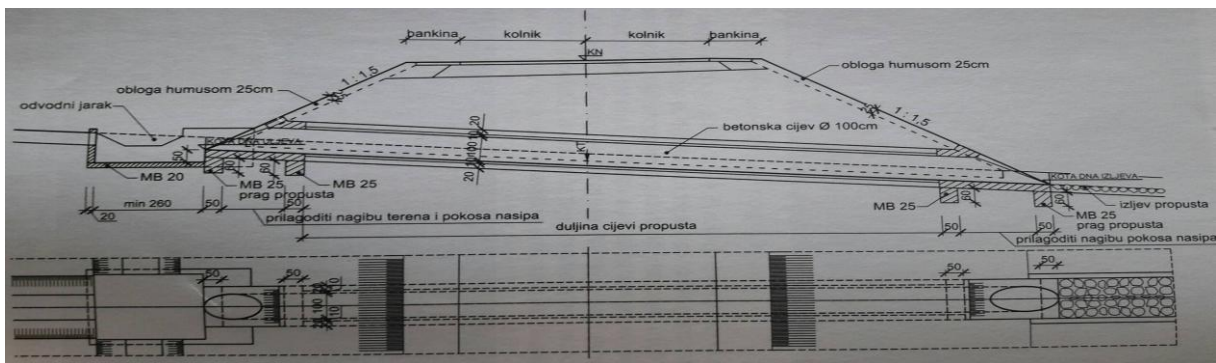


**Slika 3.4:** Gradnja pločastog propusta

**Pločasti betonski propusti** (slike 3.41 i 3.42), primjenjuju se u nasipima manjih visina, ako zbog nedovoljne konstrukcijske visine nije moguće izgraditi cijevni propust, te u usjecima. Nosači za neposredno ili posredno prenošenje opterećenja jesu armiranobetonske ploče ili armiranobetonske grede s betonskim pločama preko kojih se polaže kolnička konstrukcija, odnosno kolosiječni zastor s pragovima i tračnicama. Duljina pločastog propusta približno je jednaka širini planuma prometnice.



**Slika 3.42:** Pločasti propust



**Slika 3.43:** Uzdužni presjek cijevnog propusta (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

Prema konstrukcijskim obilježjima istovjetni su manjim mostovima grednog odnosno pločastog sustava. Imaju mnoge sličnosti s grednim mostovima od betona, te se preporuke, propisi, norme i smjernice koje se primjenjuju pri projektiranju i gradnji armiranobetonskih grednih mostova primjenjuju i za propuste. Dimenzije propusta rezultat su statičkog proračuna.

#### 3.10.4. PROJEKTIRANJE I GRADNJA PROPUSTA

Propust se sastoji od tri osnovna dijela: glavnog provodnog dijela – cijevi propusta te ulaznih i izlaznih dijelova – uljevne odnosno izljevne glave (slika 3.44).

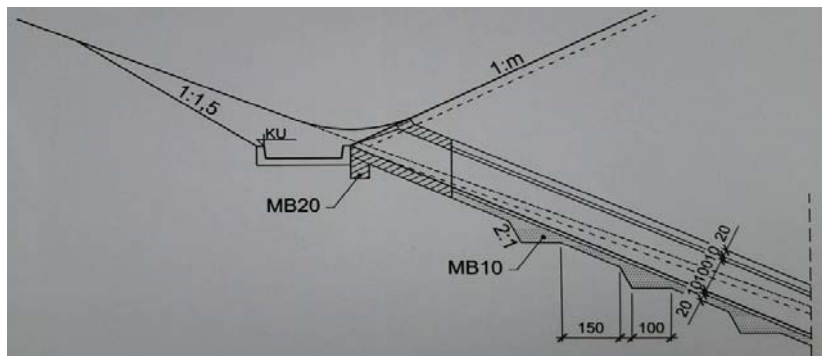






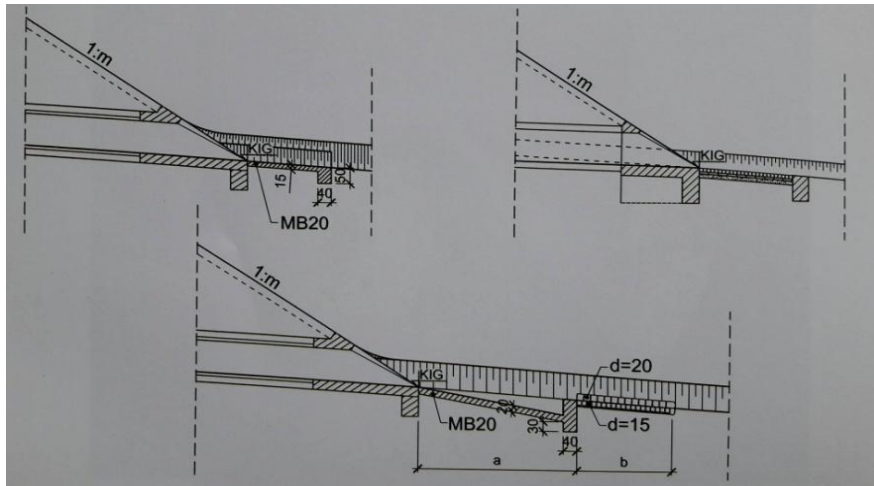
**Slika 3.46:** Betoniranje kaskade

Kada to dopuštaju uvjetina terenu (vrsta tla, nagib terena), temeljna ploča cijevi predstavlja se izravno na nosivo tlo. U slučajevima kada je teren u većem nagibu, donja ploča propusta izvodi se sa stepeničastim pojačanjima (slika 3.47) kako bi se spriječilo klizanje konstrukcije. Ta stepenasta pojačanja mogu biti po cijeloj dužini kada je nagib terena  $>15^\circ$  ili na dijelu duljine propusta kad su blaži nagibi.



**Slika 3.47:** Stepeničasta pojačanja temelja propusta

Kod velikih uzdužnih nagiba propusta se može izvesti kaskadno kako bi se ublažilo razorno djelovanje vode.



**Slika 3.48:** Primjeri uređenja izljeva propusta

Namjena je izlaznih dijelova propusta (slike 3.47 i 3.48) osigurati nesmetano istjecanje vode iz propusta, bez ikakve štete za trup prometnice i objekte u njemu. Radi toga se na izlazu iz propusta rade manje ili veće korekcije korita ili terena.

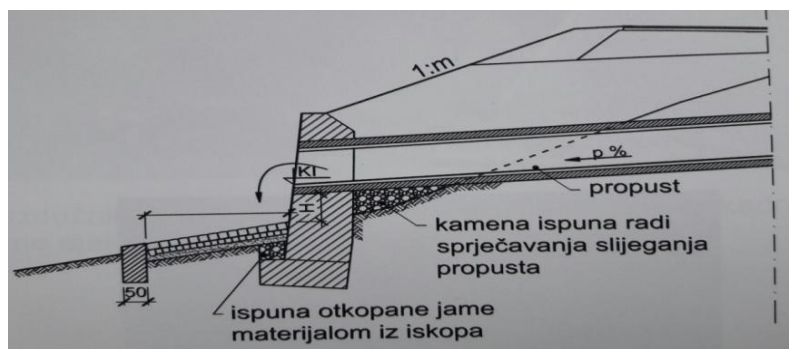


**Slika 3.49:** Izljevne glave propusta

Pri projektiranju propusta najvažnije je da se točno odrede:

- veličina otvora propusta prema količini vode koja se očekuje sa slivnog područja, odnosno prema potrebnoj širini prolaza prometnice,
- položaj propusta u odnosu na os prometnice (okomit ili pod kutom),

- kote uljeva i izljeva s obzirom na mogućnosti upuštanja vode u propust iz vodotoka ili obodnih kanala i rigola, odnosno ispuštanja vode iz propusta s obzirom na kote okolnog terena ili vodotoka u koji treba odvesti vodu iz propusta,
- način temeljenja propusta s obzirom na nosivost terena i mjere koje treba poduzeti ako su obilježja temeljnog tla nepovoljna (zamjena tla, izrada šljunčanog sloja, gradnja čeonih zidova za poboljšanje stabilnosti ili zasijecanja stepenica u terenu). U kratkim dubokim uvalama može se predvidjeti i potpornizid unasipu kojim se skraćuje dužina nasipa i betonskog propusta (slika 3.50).



**Slika 3.50:** Izljevna glava u potpornom zidu

Veličina otvora propusta određuje se ovisno o vrsti vode koju propušta, a to može biti:

- površinska, oborinska voda skupljanje kanalima ili rigolima s kolnika i pokosa nasipa, usjeka i zasjeka, odnosno s površine terena nagnutog prema trupu prometnice,
- stalni tok manjih potoka ili izvora,
- kombinirana površinska voda i voda iz stalnih tokova,
- voda skupljena iz drenaža ili iz tajača iza zidova koji su iznad nivelete (propusti u tom slučaju zamjenjuju poprečne ispuste kao elemente drenažnog sustava).

Veličina otvora propusta za odvodnju površinske oborinske vode skupljene kanalima ili rigolima određuje se prema veličini i vrsti slivnog područja, odnosno vremenu predviđenom za njeno otjecanje. Za tu svrhu su najčešće dovoljni otvori 1,0 m. To su istodobno i najmanje veličine otvora s obzirom na mogućnost čišćenja propusta od nanosa, šiblja i dr. Iznimno se kod kraćih propusta mogu primjeniti otvori od 0,8 m.

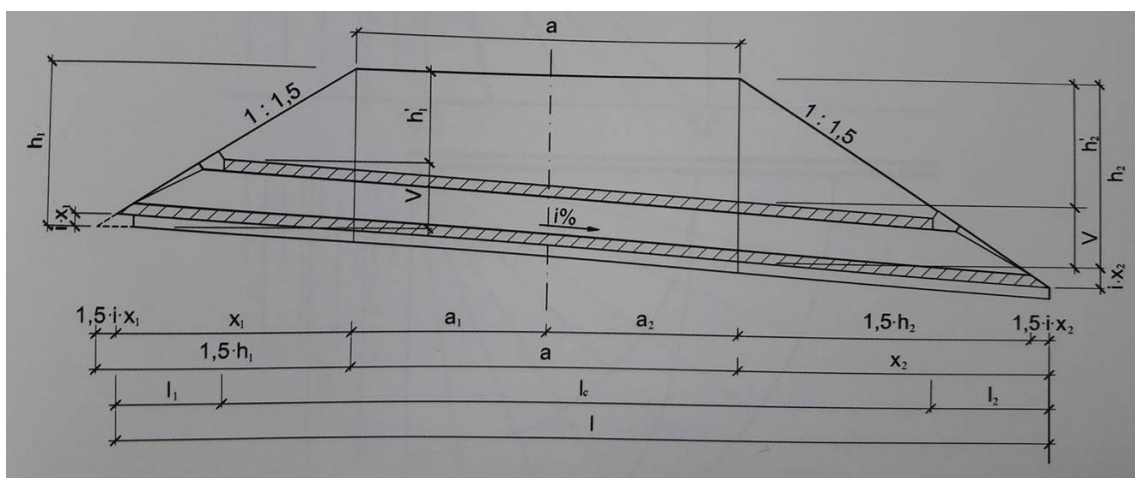
Za odvođenje vode stalnih tokova, manjih potoka i izvora ili vode iz jaraka koji nemaju stalnu vodu, veličina otvora se određuje na temelju hidrauličkog proračuna s obzirom na površinu sliva i njegov oblik, stanje vegetacije, geološke i hidrauličke uvjete (količine oborina, njihovo trajanje, brzinu otjecanja i dr.), nagib toka u blizini propusta, i sl. Na isti se način određuje otvor propusta za kombinirano odvođenje vode iz vodotoka i kanala za površinsko odvodnjavanje. (Dragčević, Rukavina 2006.)

Otvori propusta za prometnice, poljoprivredne ceste i slično određuju se prema veličini slobodnog profila i propisana su kategorijom prometnice.

Duljina propusta izračunava se ovisno o veličini uzdužnog nagiba propusta ( $i$ ), visina propusta ( $V$ ), veličini otvora propusta, nagibu terena u poprečnom presjeku, nagibu duljine propusta, za propust okomit na os prometnice i nagib pokosa nasipa 1:1,5.

$$x_1 + 1,5 \cdot i \cdot x_1 = 1,5 \cdot h_1$$

$$x_1 = \frac{1,5 \cdot h_1}{1 + 1,5 \cdot i}$$



Duljina cijevi  $l_c = a + x_1 + x_2$

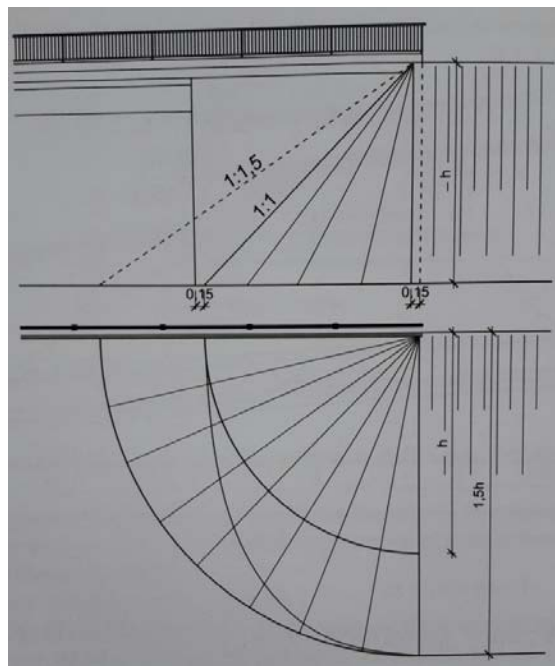
Duljina ulazne glave  $I_1 = 0,27 + 1,5 \cdot (V - i \cdot r_1)$   $I_1 = \frac{0,27 + 1,5 \cdot V}{1 + 1,5 \cdot i}$

Duljina izlazne glave  $I_2 = 0,27 + 1,5 \cdot (V - i \cdot r_2)$   $I_2 = \frac{0,27 + 1,5 \cdot V}{1 - 1,5 \cdot i}$

**Slika 3.51:** Proračun elemenata propusta (Dragčević, Rukavina 2006.)

Minimalni uzdužni nagib propusta nužan za odvodnju je 0,5% (preporuča se 2 – 3%), a maksimalni obično 10 – 15%. Pri većim nagibima (ovisno o brzini toka vode kroz propust) potrebno je provesti „lomljenje“ nivelete propusta radi smirivanja toka i sprječavanja erozije dna propusta. Dno propusta prilagođava se nagibu terena i potrebnoj protočnosti. Kod velikih nagiba dno propusta izvodi se kaskadno.

Temeljenje propusta obavlja se na osnovi određene nosivosti temeljnog tla. Za manje propuste se to čini preko temeljne ploče, koja je sastavni dio cijevi (propusti otvora do 1,0 m ili do 2,0 m). Za cijevi većega promjera rade se posebni temelji, iako se i cijev otvora 1,5 m i većih mogu raditi na posebnim temeljima. Na slabo nosivom tlu nužno je proširiti temeljne stope za cijevi otvora 3 do 5 m. Navedeni tipovi betonskih cijevnih propusta projektirani su s betonom marke MB 25, dok se temeljne stope i zidovi za učvršćivanje propusta, ako je poprečni nagib terena velik, mogu raditi od betona marke MB 15, ovisno o veličini propusta. (Dragčević, Rukavinab2006.)



**Slika 3.52:** Čunjevi uz paralelno krilo mosta (Dragčević, Rukavina 2006.)

Izlazi iz mosta osiguravaju se kraćim paralelnim čeonim zidovima, ponekad s okomitim ili kosim krilnim zidovima. Uloga je čeonih zidova i krila da omoguće uklapanje i povezivanje umjetnih građevina (propusta i mostova) u zemljani trup, da olakšaju upuštanje vode (prometnice) i njezino ispuštanje, odnosno da skrate duljinu propusta.



Najčešće su sastavni dio stupova, od kojih su odvojeni vertikalnim spojnicama. Krila, s obzirom na to da su manje opterećena i manje osjetljiva na slijeganje, temelje se na manjim dubinama od stupova – propusta. Primjenjuju se uz nadsvođene i pločaste propuste, a ovisno o namjeni mogu biti: paralelna, okomita, kosa i cilindrična, s okomitim ili nagnutim licem. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

Pri prijelazu sa zemljanog trupa na građevinu, a osobito za propuste, mostove i potporne zidove, izvode se osim čeonih zidova i čunjevi. Čunj je dio nasipa stožastog oblika koji prekriva dio paralelnog krila, obalnog stupa mosta ili propusta, odnosno potpornog zida u trupu nasipa i omogućava završetak nasipa, odnosno bolje upuštanje vode u građevinu. Da bi se spriječilo podlokavanje čunja i njegovo oštećenje uslijed erozije tekuće vode, on se osigurava kamenom oblogom ili zidom čija visina treba biti najmanje 0,5 m iznad razine najveće vode. Pri tome se, radi smanjenja dužine paralelnog krila, izvodnici u ravnini krila daje nagib 1:1. Granična izvodnica između čunja i nasipa ima nagib nasipa (najčešće 1:1,5) tako da je osnova čunja četvrtina elipse s jednom osi ( $h$ ) i drugom ( $1,5 \cdot h$ ), gdje je ( $h$ ) visina nasipa (slika 3.52). (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

## 4. POTPORNİ ZIDOVI

Ako je teren u topografskom smislu takav da je potrebno izvesti vrlo visok nasip ili usjek i pri tome zauzeti veliku površinu terena, izvode se potporni ili uporni zidovi. Ako je pak dio tla na kojem bi bio izgrađen nasip u donjem dijelu u geološkom smislu nestabilan, izvodi se zid kako bi se skratio nasip. Zid se izvodi i onda kada treba spriječiti, ako su dvije prometnice u blizini i na različitim visinama, da se nožica izvedenog nasipa prostire preko druge prometnice.

Zidovi se izvode iz sljedećih razloga:

- topografski,
- geološki,
- konstrukcijskih.

Ako je teren u topografskom smislu takav da je potrebno izvesti vrlo visok nasip ili usjek i pri tome zauzeti veliku površinu terena, izvode se potporni ili uporni zidovi. Ako je pak dio tla na kojem bi bio izgrađen nasip u donjem dijelu u geološkom smislu nestabilan, izvodi se zid kako bi se skratio nasip. Zid se izvodi i onda kada treba spriječiti, ako su dvije prometnice u blizini i na različitim visinama, da se nožica izvedenog nasipa prostire preko druge prometnice.

Prema položaju u odnosu na niveletu prometnice zidovi se dijele na:

- potporne,
- uporne,
- obložne.

Potporni i uporni zidovi su građevinske konstrukcije koje se često izvode pri izgradnji prometnica, a najčešće da bi se vlastitom masom suprostavile aktivnom pritisku tla kad je ono zasječeno ili nasuto u nagibu strmijem od prirodnoga nagiba pokosa.

Obložni zidovi nemaju nosivu funkciju, zidovi se dijele na:

- nosive (preuzimaju osim vlastite mase i ostala opterećenja),
- nenosive, obložne (preuzimaju samo opterećenje od vlastite mase).

S obzirom na mehaničko ponašanje, dijele se na:

- krute (ne podnose veće deformacije bez oštećenja),
- fleksibilne (veće deformacije podnose bez oštećenja).

S obzirom na trajnost, dijele se na:

- stalne ili trajne,
- privremene ili provizorne (zidovi od drva za ograničeno razdoblje).

Prema načinu izvedbe dijele se na:

- monolitne (izbetonirane na mjestu gradnje),
- montažne (sklopljene od gotovih elemenata),
- gabione (ispune u košarama i sklapajućim okvirima).

Raznovrsnost rješenja potpornih građevina stvara teškoće u njihovom jasnom razvrstavanju u određene skupine ili tipove.

S aspekta građevina donjeg ustroja prometnica zidovi se mogu podijeliti u dvije glavne skupine:

- gravitacijski zidovi,
- potporni sustavi (ravninske i prostorne konstrukcije).

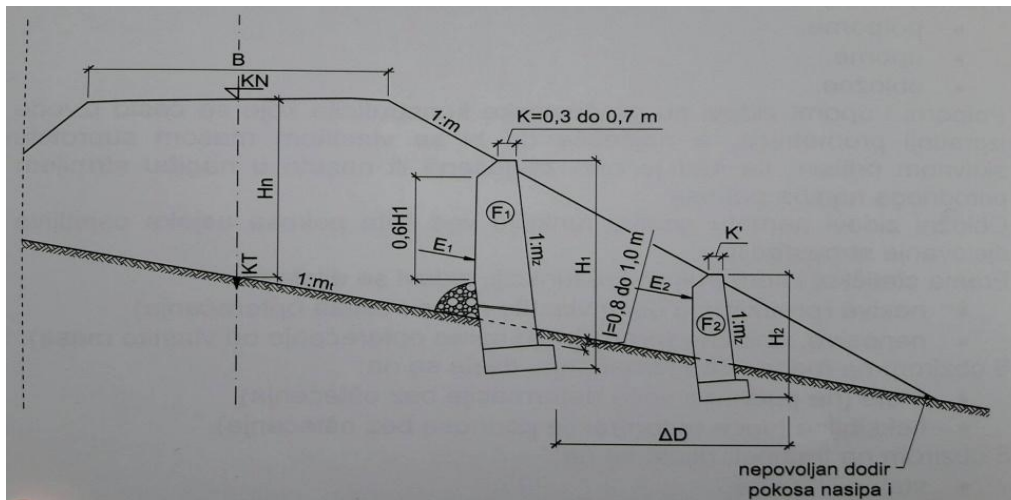
Gravitacijski zidovi su samostalne nepridržane potporne građevine koje svojom masom podupiru tlo.

U potporne sustave svrstavaju se svi pridržani zidovi ili pojačanja koja su u zajedničkom nosivom sustavu kao što su zidovi s kontraforima, kombinacija montažnih i monolitnih elemenata, sidreni zidovi i sl. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

#### **4.1. IZBOR POLOŽAJA I VRSTE ZIDA**

Položaj zida određuje se ovisno o njegovoj funkciji, tehničkim i ekonomskim elementima, konfiguraciji terena i drugim uvjetima kao što su, prometnice zaštita od

tekućih voda, zaštita okolnih građevina, raspoloživost materijala za izradu nasipa prema rasporedu masa i slično.



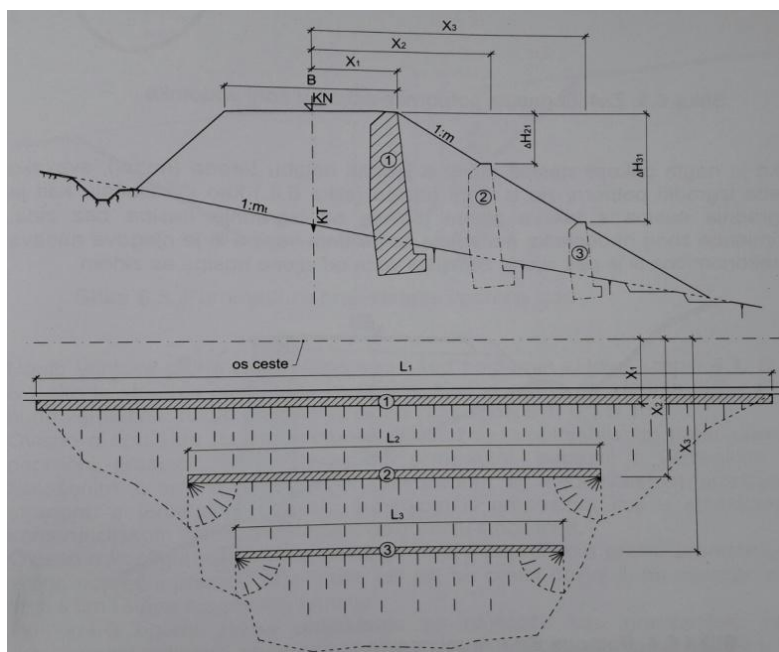
**Slika 4.1:** Parametri za izbor položaja potpornog zida (Dragčević, Rukavina 2006.)

Potporni zidovi u nasipima mogu biti u kruni nasipa ili u pokosu između krune i nožice nasipa.

Opravdanost izgradnje i najpovoljniji položaj zida utvrđuje se ovisno o cijeni gradnje nasipa bez zida i sa zidom, troškovima otkupa zemljišta i održavanja nasipa sa zidom ili bez njega, uzimajući u obzir raspoložive količine materijala dobivenih iskopom iz usjeka.

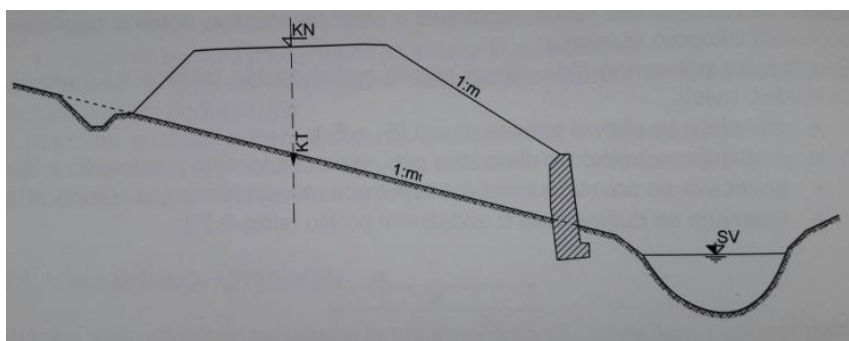
Pomicanjem potpornog zida od osi prema nožici nasipa (slika 4.1) mijenjaju se sljedeći uvjeti:

- smanjuje se aktivni pritisak na zid ( $E_1 > E_2$ ),
- smanjuju se potporne dimenzije zida, visina i poprečni presjek ( $F_1 > F_2$ ),
- povećava se površina zemljišta koje treba otkupiti (širi pojas otkupa  $\Delta D$ ),
- smanjuje se duljina zida u uzdužnom profilu (slika 4.1).



**Slika 4.2:** Utjecaj položaja zida u nasipu na njegovu duljinu i veličinu (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

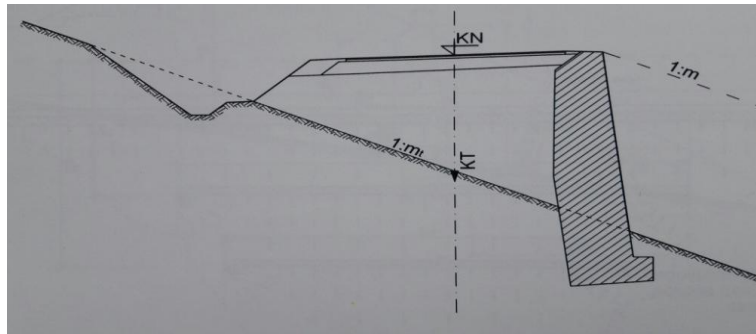
Potporni zid u pokosu nasipa projektira se ako je poprečni nagib terena  $m_t$ , jednak 1:2 do 1:3,5. Za manje nagibe (tj. veličine  $m_t > 4$ ) ne primjenjuju se potporni zidovi, osim ako se u zoni nasipa ne nalazi građevina koju treba zaštititi, kao, primjerice prometnica, dalekovod, industrijski objekti i slično (slika 4.3).



**Slika 4.3:** Zaštita nasipa potpornim zidom u zoni vodotoka

Ako je nagib pokosa nasipa manji ili jednak nagibu terena ( $m \leq m_t$ ), svakako treba izgraditi potporni zid u kruni nasipa (slika 4.4) kao i u slučaju kad je izgradnja nasipa s takvim zidom jeftinija od izgradnje nasipa bez zida, primjerice zbog nedostatka

materijala za gradnju nasipa ili je njegova nabava neekonomična ili je pak cijena zemljišta veća od cijene nasipa sa zidom.



**Slika 4.4:** Potporni zid u kruni nasipa (Dragčević, Rukavina 2006.)

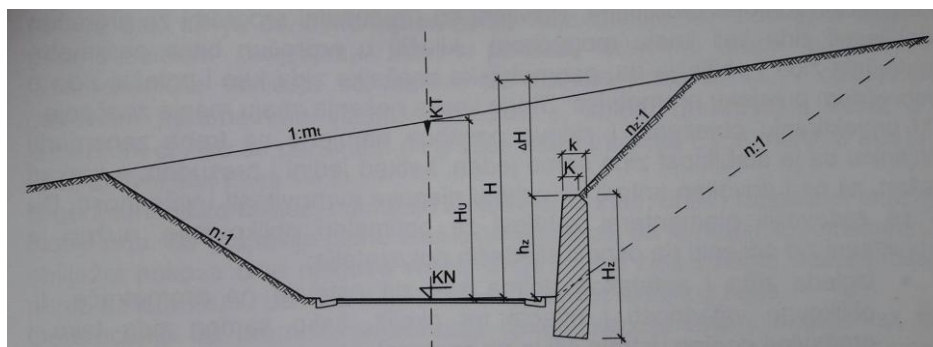
Pri projektiranju ovakvog zida mora se poštivati pravilo po kojem nagib vanjske plohe zida treba biti veći (strmiji i približavati se vertikali) što je nagib unutarnje plohe zida tako da se dobije zid manje visine.

Uporni zidovi u usjecima i zasjecima projektiraju se najčešće u dnu usjeka kako bi se:

- smanjila kubatura iskopa ako je usjek u vrlo strmom terenu,
- osigurao je pokos ako je teren nestabilan ili su slojevi nagnuti prema osi usjeka.

Moguća su rješenja sa zidovima u pokosu, pojedinačni zidovi ili više njih na različitim visinama.

Visina zida iznad krune ceste  $h_z$  najčešće je manja od ukupne visine usjeka  $H_u$ , a ovisi o geotehničkim obilježjima tla odnosno o projektiranom nagibu pokosa usjeka sa zidom ili bez njega kao i nagibu terena (slika 4.5). (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 4.5:** Parametri za projektiranje upornog zida (Dragčević, Rukavina 2006.)

Nagib vanjske plohe zida, slično kao i kod potpornih zidova, iznosi 4:1, 5:1,6:1 ako je stražnja ploha zida vertikalna. Kad je nužno da predna ploha zida bude vertikalna, nagib unutrašnje plohe zida iznosi 6:1, 8:1 ili 10:1.

Ovisno o tipu zida (uporni, potporni ili obložni) i upotrebljenim materijalima, poprečni presjeci zidova mogu biti pravokutni, trapezni s vertikalnim ili zakošenim licem; s vertikalnom, zakošenom ili stepeničastom stražnjom stranom; s temeljnom stopom, konzolom ili prepustom koji u statičkom i konstrukcijskom smislu sudjeluje u osiguranju stabilnosti.

Ovisno o konfiguraciji terena, položaju zida u poprečnom profilu prometnice i visini, poprečni presjek zida može biti isti na cijeloj duljini ili promjenljiv, a u vezi s tim i širina njegovoga temelja.

Potporni i uporni zidovi projektiraju se najčešće kao gravitacijski, radi preuzimanja pritiska zemlje sa strane pokosa i uspostavljanja ravnoteže u tlu poremećene gradnjom usjeka, zbog čega moraju biti temeljeni na čvrstom i dobro nosivom tlu i imati zahtjevnu sigurnost protiv klizanja i prevrtanja bez prekoračenja dopuštene veličine naprezanja na tlo, iako su moguća i druga rješenja.

Pri projektiranju gravitacijskih nearmiranih betonskih zidova u usjecima i nasipima, radi ubrzanja postupka projektiranja, prije su se koristili tipski oblici potpornih i upornih zidova predviđeni „Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama“ koju su vrijedili do 2001. godine. Navedeni tipski zidovi mogli su se izvoditi za propisane uvjete, primjerice za zamljane materijale, tlo iza zida s kutom unutarnjeg trenja  $\varphi=34^\circ$  i za dopušteno naprezanje na tlo u temelju zida  $\sigma_{\max}=0,2 \text{ MN/m}^2$ . Pri proračunu stabilnosti tih zidova zahtjevan je nešto veći koeficijent sigurnosti pa se radi ekonomičnosti preporučivalo, ako se radi o većem broju zidova ili o zidovima veće visine, provesti provjeru stabilnosti za konkretnu situaciju.

Danas je postupak provjere stabilnosti zida višestruko ubrzan. Nakon grafičkih i analitičkih metoda proračuna, razvijeni su i računalni programi za proračun stabilnosti zida koji imaju mogućnost uključiti u proračun bitne parametre materijala zida i obilježja tla, geometrijske značajke zida kao i položaj zida u poprečnom presjeku prometnice. Stoga tipska rješenja imaju manje značenje. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

Pri projektiranju obloženih i zidova posebne namjene ne treba zanemariti činjenicu da je stabilnost zida samo jedan, katkad jedini i presudan, a katkad važan, ali ne i dovoljan kriterij za ocjenu njegove svrhovnosti i vrijednosti. Da bi se zadovoljili elementarni zahtjevi za optimalno oblikovanje, nužno je projektirani zid ocijeniti na osnovi sljedećih pokazatelja:

- izgleda zida i estetskog dojma koji zid ostavlja na promatrača, tj. oblikovanje vrijednosti i utjecaj na okoliš, kako samog zida tako i građevine donjeg ustroja čiji je on sastavni dio,
- iskorištenosti materijala i ekonomičnosti izvedbe radova, trajnosti, troškova održavanja, brzine gradnje s obzirom na postupke i upotrebljenu mehanizaciju,
- opća stabilnost zida, stanja naprezanja u temelju i u tlu iza zida, uz uvjet manjega utroška materijala,
- mogućnosti razvoja raslinja te pogodnosti zida s obzirom na sprječavanje širenja buke itd.

Svi ovi zahtjevi i kriteriji za ocjenu čine projektiranje zidova složenijima od jednostavnog dokazivanja stabilnosti jer su različite jedinične mjere po kojima se mogu ocjenjivati pojedine komponente vrijednosti zida kao građevine i kao dijela prometnice u sklopu cjeline. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

## 4.2. PRORAČUN STABILNOSTI ZIDA

Oblik, vrsta i dimenzije zida određuju se ovisno o namjeni, lokalnim uvjetima (hidrogeološki, struktura tla i njihova geomehanička fizikalna obilježja), veličini i vrsti sila koje djeluju na zid, visini zida, materijalu upotrebljenom za gradnju i primjenjenoj tehnologiji.

Na zidove djeluju sljedeća opterećenja:

- vlastita masa,  $W_z$ ,
- aktivni tlak,  $E$ ,
- opterećenje od prometovanja vozila,
- opterećenje od drugih građevina iznad krune zida,



- opterećenja vodom koje može biti u tri oblika:
  - hidrostatički tlak,
  - strujni ili hidrodinamički tlak,
  - tlak od smrzavanja vode u tlu;
- opterećenja od seizmičkog djelovanja.

Vlastita masa zida ovisi o dimenzijama zida i vrsti materijala od kojeg je zid izgrađen.

Aktivni tlak tla je osnovno opterećenje koje djeluje na zidove, a ovisi o geomehaničkim obilježjima zida i pokosa, odnosno trupa prometnice. Geomehanička obilježja su različite za zbijanje srasla tla, a opisuju se osnovnim parametrima vlastitom masom  $\gamma$ , kutom unutrašnjeg trenja  $\varphi$  i kohezijom  $c$ . Ako su parametri  $c$  i  $\varphi$  veći, aktivni tlak tla  $E_A$  je manji, a ako je  $\gamma$  veći, aktivni tlak  $E_A$  je veći.

U geomehanička obilježja ubrajaju se još visina zida, oblik i hrapavost stražnje plohe zida. Za hrapavije plohe zida aktivni pritisak tla je manji. Geomehanički nagib uz istu visinu pokosa daje manju vrijednost aktivnog tlaka. Opterećenje od drugih građevina iznad krune zida (zgrade, stupovi dalekovoda i dr.) obično se javlja kod upornih zidova.

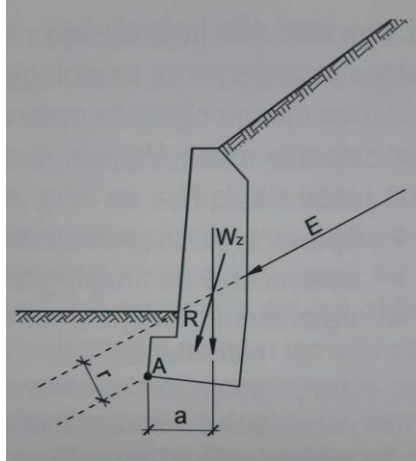
Stabilnost potpornih i upornih zidova mora se odrediti statičkim proračunom koji se dokazuje:

- da su naprezanja u svakom njegovom presjeku i naprezanja u tlu ispod temelja u dopuštenim granicama,
- da je zid u cjelini stabilan protiv prevrtanja i klizanja,
- da nema opasnosti klizanja terena na kojem je zid izgrađen.

Za statički proračun zida primjenjuju se grafičke metode, analitičke metode ili računalni programi. Budući da sile koje se uzimaju u obzir pri proračunu ovise o dimenzijama zida, računa se iterativnim postupkom. Najprije se pretpostave moguće dimenzije, provjere naprezanja i na osnovi dobivenih rezultata po mogućnosti izmjene pretpostavljene dimenzije kako bi se što bolje ispunili zahtjevi koji se odnose na sigurnost i ekonomičnost.

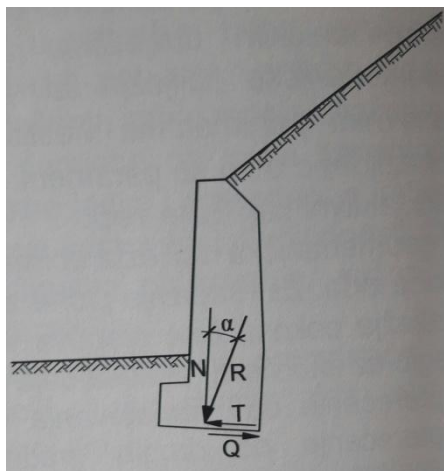
Provjera stabilnosti zida s obzirom na različite uvjete i zahtjevni koeficijent sigurnosti  $F_s$  obuhvaća sljedeće:

- stabilnost na prevrtanje oko točke A
  - omjer momenata koji djeluju na povećanje stabilnosti u odnosu na one koji žele prevrnuti zid moraju zadovoljiti  $\frac{W_z \cdot a}{E \cdot r} \geq F_s$ ;



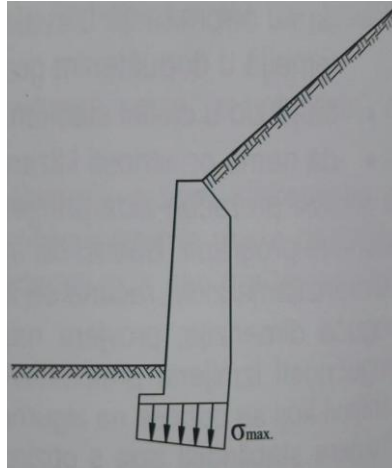
**Slika 4.6:** Presjek zida stabilnosti na prevrtanje

- stabilnost na klizanje
  - omjer tangencijalne komponente rezultante sila R djeluje na zid prema otporu trenja tla mora biti  $\frac{N \cdot \text{tg } \varphi_T}{T} \geq F_s$ , gdje je  $\varphi_T$  koeficijent trenja. Koeficijent trenja je funkcija unutarnjeg trenja  $\varphi$  i hrapavosti i uvijek je manji od kuta unutarnjeg trenja, tj.  $\varphi_T = (1/3 \text{ do } 2/3)\varphi$ ;



**Slika 4.7:** Presjek zida stabilnosti na klizanje

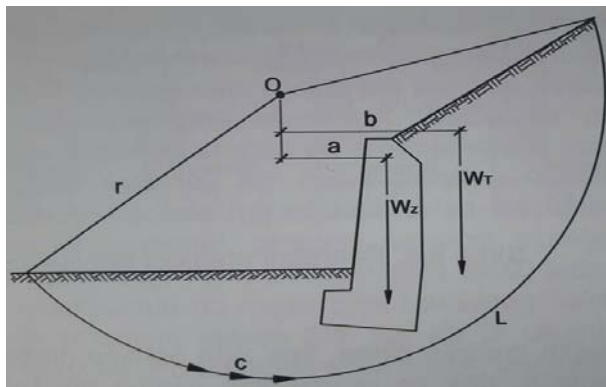
- pritisak zida na tlo  $\sigma_{\max}$ 
  - kako ne bi došlo do sloma tla ispodzida,  $\sigma_{\max}$  mora biti manji od dopuštenog opterećenja  $q_f$  tla odnosno  $\sigma_{\max} \leq \frac{q_f}{F_s}$ ;



**Slika 4.8:** Presjek zida sa pritiskom na tlo

- Stabilnost na klizanje padine sa zidom
  - smatra se da je padina sa zidom stabilna na klizanje ako je zadovoljen izraz

$$\frac{c \cdot L \cdot r}{W_z \cdot a + W_t \cdot b} \geq F_s$$



**Slika 4.9:** Presjek zida sa stabilnosti na klizanje

Posebno je značenje provjera stabilnosti zidana klizanje jer je ona čest uzrok deformacija ili oštećenja. U koherentnom tlu iznimno je važna provjera stabilnosti zida na klizanje, posebice u slučaju kada se ispod temelja nalazi slabije nosivi sloj iznad čvrstoće podloge po kojoj bi moglo nastati klizanje.

Poprečni presjek zida treba prilagoditi obliku tlačne linije i silama koje na njega djeluju, uz zahtjev da se maksimalna stabilnost i sigurnost zida, građevine ili terena osiguraju uz najmanje troškove građenja i održavanja. (Dragčević, Rukavina 2006.)

### 4.3. GRAVITACIJSKI ZIDOVI

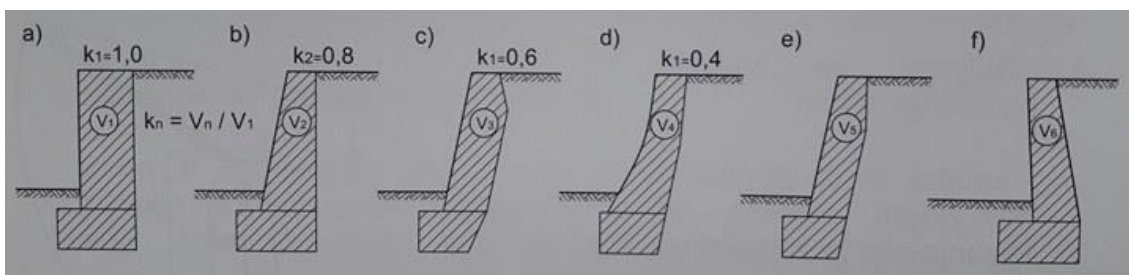
Gravitacijski zidovi podupiru tlo svojom masom. Velikog su poprečnog presjeka. Preuzimaju horizontalni i vertikalni pritisak tla ili ispune iza zida, a masa zida ga usmjerava tako da rezultanta (pritisak i težine) prolazi kroz osnovu temelja i tako prenosi opterećenje na tlo. Naprezanja na rubovima temelja ne smiju biti veća od dopuštenog opterećenja temeljnog tla, a tangencijalna komponenta sile u osnovi temelja mora biti manja od otpora smicanja tla. (Dragčević, Rukavina 2006.)

Prema vrsti materijala, gravitacijske zidove možemo podijeliti u sljedeće skupine:

- zidovi od lomljenog kamena i kamenih ispuna,
- zidovi od kamena ili opeke u mortu,
- zidovi od betona,
- zidovi od betona djelomično armirani,
- zidovi od armiranog betona,
- gabioni.

Osnovni oblik takvih zidova je pravokutni, s ispustom temelja na prednjoj strani zida (slika 4.10).

Uštede u količini materijala mogu se ostvariti oblikovanjem presjeka zida.

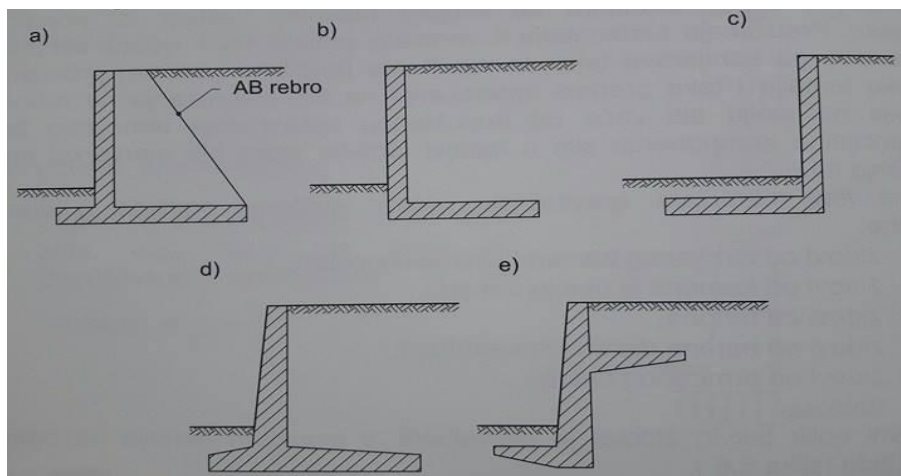


**Slika 4.10:** Poprečni presjeci gravitacijskih zidova (Dragčević, Rukavina 2006.)

Nagib prednje plohe, lica zida pomiče njegovo težište prema stražnjem rubu temelja, dok se promjenom nagiba stražnje plohe zida smanjuje površina poprečnog presjeka zida i povoljnije usmjerava rezultanta aktivnog pritiska. Odnosno između širine gravitacijskog zida u stopi temelja i njegove visine najčešće je 1:2,5 do 1:4, što ovisi i o vrsti upotrebljenog materijala za izradu zida (nearmirani beton, kamen, gabion ili armirana zemlja).

Nedostatak takvih zidova je to što zbog velike vlastite mase stvaraju velike pritiske na temeljno tlo, osobito ako su visoki, te je njihova primjena na slabo nosivom tlu složena.

Posebno oblikovani armiranobetonski zidovi pripadaju skupini gravitacijskih zidova. Njihovo se djelovanje ne ostvaruje samo masom armiranog betona nego se dio mase ispune ili nasutog materijala iza zida koristi kako bi se postiglo što povoljnije usmjeravanje rezultante sila koje djeluju na zid. Nekoliko mogućih rješenja armiranobetonskih zidova prikazano je na slici 4.11. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)



**Slika 4.11:** Poprečni presjeci armiranobetonskih zidova (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

Oni mogu biti vrlo vitki jer sva vlačna naprezanja preuzima armatura. Potrebna masa za podupiranje postiže se oblikovanjem armiranobetonskog zida. Njihova manja masa može se nadoknaditi masom zasipa iza stražnje strane temeljne stope kako bi se postigla potrebna stabilnost. Stabilnost na prevrtanje povećava se produljenjem temeljne stope i na prednju stranu zida čime se ujedno postiže i povoljniji tlak na tlo ispod temeljne ploče. Armiranobetonski zidovi mogu preuzeti vlačna naprezanja te se na njima mogu

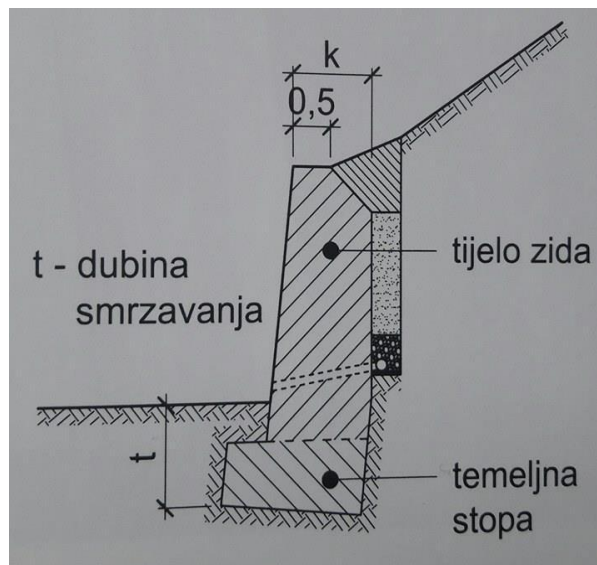
primijeniti različiti „stabilizirajući elementi“, prepusti na stopi temelja, konzole na tijelu zida i sl., koji se opterećuju od mase zida i aktivnog tlaka. Na dio zida ispod konzole djeluje smanjeni aktivni tlak tla, pa je ukupna rezultanta manja nego na zid bez konzole. Potporni zid s konzolom projektira se samo ako je velike visine (slika 4.11e).

Potporne odnosno uporne zidove čine dva osnovna elementa:

- tijelo zida,
- temeljna stopa.

Tijelo zida najčešće je gotovo vertikalno. Lice zida može biti vertikalno ili nagnuto. Isto tako i stražnja strana zida na koju se izravno ili neizravno prenosi pritisak tla može biti vertikalno ili nagnuto. Postoje i nagnuti zidovi, prilagođeni tlačnoj liniji, čije su obje površine nagnute prema terenu, što je češće, ili u rjeđim slučajevima prema prometnici.

Temeljna stopa može biti horizontalna iako je obično nagnuta. Služi za povećanje površine nalijeganja zida na temeljno tlo, jer bi, naročito u zemljanim materijalima, rubna naprezanja na temeljnoj plohi bila veća od dopuštenog opterećenja tla. Kod armiranobetonskih zidova stopa je i konstrukcijski dio zida (temelji u obliku konzola sa stopom ispred ili iza tijela zida). Zid temeljen na kamenom kompaktnom materijalu ne mora imati temeljnu stopu ili ona može biti stepeničasta, pa se time postiže ušteda u iskopu i materijalu za zid. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 4.12:** Temeljenje zida (Dragčević, Rukavina)

Temelj zida mora biti spušten do razine tla zadovoljavajuće nosivosti s obzirom na veličinu opterećenja, a najmanje do dubine djelovanja smrzavanja (za naše uvjete, ovisno o području do 1,0 m), slika 4.12.

Temeljna stopa, zbog povećanja stabilnosti na klizanje, izvodi se u nagibu 1:5, tj. okomito na plohu lica zida.

Ovisno o statičkom sustavu i lokalnim uvjetima, zid se može graditi kao cjelina ili u kampadama (slika 4.13). Nearmirani betonski ili zidovi od kamena grade se u kampadama duljine 2 do 6 m, ovisno o vrsti tla i veličini pritiska na zid koji se mogu očekivati, a osobito ako postoji opasnost od klizanja tla. Pri tome se moraju na odgovarajući način podgrađivati i prekidati, tj. svaki drugi odsječak se najprije podgradi, betonira ili zida, i tek nakon stvrdnjavanja betona pristupa se otkopavanju zemlje, podgrađivanju i betoniranju odsječaka između većih završenih dijelova zida.

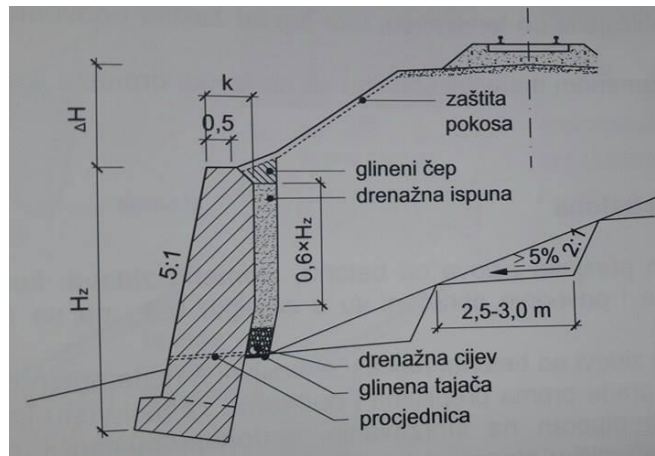
Projektom se mora osigurati djelotvorna odvodnja i drenaža tla ili ispune iza zida. To je osobito važno kod armiranobetonskih i betonskih zidova koji ne propuštaju vodu i sprječavaju njeno protjecanje, jer bi skupljanje vode iza zida moglo izazvati provlaživanje tla i povećanje pritiska na zid više od vrijednosti za koje je proračunat. Zbog toga se kod tih zidova moraju primjeniti odgovarajuća rješenja ovisno o vrsti ispune iza zida i geotehničkim obilježjima tla kao i o vrsti tla. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)



**Slika 4.13:** Izrada zida u kampadama (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

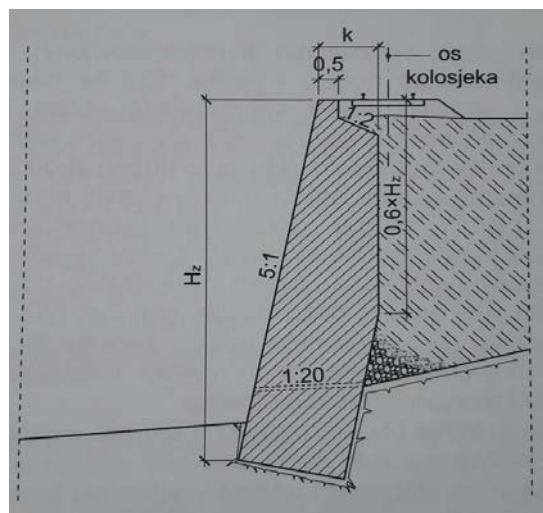


Ona se najčešće sastoje u izradi drenaže iza zida širine 0,5 do 1,0 m s odgovarajućim otvorima u zidu za ispuštanje vode (barbakane), promjera 10 do 20 cm (slika 4.14).



**Slika 4.14:** Izrada drenaže iza zida

Otvori u zidu rade se u određenom rasporedu na razmacima 1,5 do 2,5 m tako da se ne stvara hidrostatički tlak iza zida. Drenažu treba izvesti tako da se osigura uzdužno otjecanje vode prema drenažnim otvorima.



**Slika 4.15:** Betonski zid u kamenom materijalu

Zidovi od gabiona, od armirane zemlje i montažni zidovi vodopropusni su, pa kod njih nisu potrebne posebne mjere za odvođenje vode koja u obliku oborina dolazi do tla i



kroz njega se procjeđuje prema zidu. Primjenjuju se samo mjere uobičajene pri temeljenju, kao što su zaštita i odvodnja temeljne jame.

Kod zidova u kamenom materijalu obično se ne izvodi drenaža iza zida (slika 4.15).

#### **4.4. ZIDOVI OD BETONA**

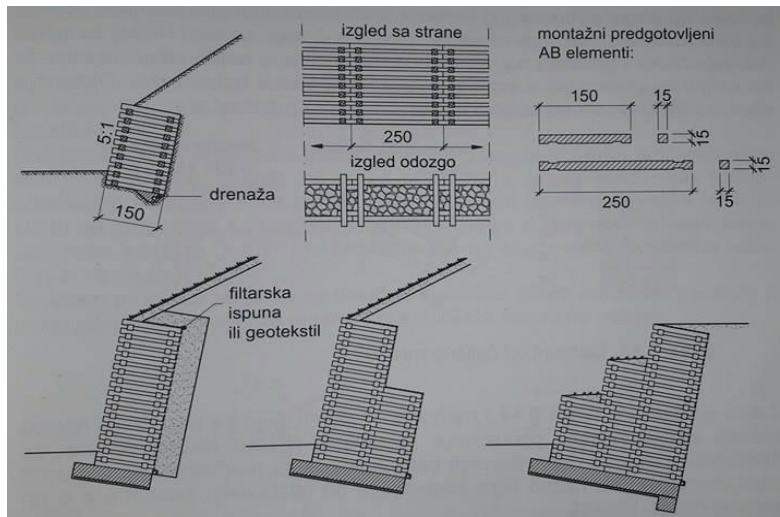
Potporni i uporni zidovi od betona, najčešće masivni, a rjeđe armiranobetonski, projektiraju se i grade prema propisima i normama za ovu vrstu konstrukcija. Beton mora biti otporan na smrzavanje, vodonepropustan i mora imati odgovarajuću mehaničku otpornost i značajke predviđene projektom. Vidljive površine mogu biti obrađene izvedbom odgovarajuće oplata (odnosno obloge od tesanog kamena ili betonskih elemenata, koja služi kao lice zida i oplata iza koje se ugrađuje beton) ili bez posebne oplata. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

#### **4.5. ZIDOVI OD MONTAŽNIH PREDGOTOVLJENIH ELEMENATA**

Montažni zidovi se grade od čeličnih ili predgotovljenih armiranobetonskih elemenata (gredica) različite duljine i oblika. Oni se sustavom užljebljenja povezuju u čvrst i stabilan skelet sandučastog oblika koji se ispunjava kamenom odnosno pješčanim ili šljunčanim materijalom (slika 4.16).

Montažni se zidovi primjenjuju svuda gdje je to nužno zbog lokalnih, klimatskih i drugih uvjeta, a osobito ako se radovi moraju obaviti brzo da bi se spriječila veća klizanja ili odroni te pri održavanju prometnica u izvanrednim okolnostima. Njihova posebnost u tome što se brzo i jednostavno grade čak i pri lošim vremenskim uvjetima, a i cijena im je obično niža. U stanju su bez rušenja ili loma podnijeti znatne deformacije, čak i do 20 cm, zbog čega se grade na slabijem tlu. U slučajevima jačega klizanja ili većih deformacija, mogu se preraditi ili premjestiti na drugo mjesto. Prikladni su i u estetskom smislu zbog izgleda i mogućnosti ozelenjivanja. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

S obzirom na način gradnje i konstrukcijsko rješenje, omogućuju propuštanje vode tako da nije nužno iza zida raditi drenaže već samo zaštitu nužnu za sprječavanje narušavanja stabilnosti padine i odvodnju temelja. Iako montažni zidovi omogućuju propuštanje vode, preporučljivo je uza zid ugraditi filtarsku ispunu ili geotekstil, kako ne bi došlo do ispiranja čestica iza zida. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 4.16:** Montažni zid od predgotovljenih armiranobetonkih elemenata (Dragčević, Rukavina 2006.)

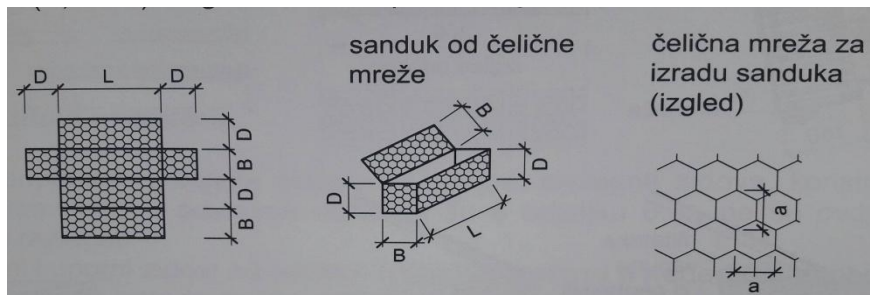
Prednost je montažnih zidova i u tome što se brzo i jednostavno sklapaju uz pomoć lake mehaničke dizalice i utovarivača kojima se ugrađuje ispuna. Nisu potrebne opsežne pripreme gradilišta, postavljanje oplata, priprema i ugrađivanje betona kao i čekanje da beton očvrstne i postigne zahtjevana svojstva prije nego što se pristupi nasipanju materijala iza zida.

Za temeljenje montažnih zidova nisu nužni duboki iskopi temeljnih jama niti izrada posebnih temelja, a ukopavanje je minimalno (do dubine smrzavanja) uz osiguranje odvodnje temeljne jame.

I za takve zidove mora se statičkim proračunom dokazati stabilnost. (Dragčević, Rukavina 2006.)

#### 4.6. ZIDOVI I KONSTRUKCIJE OD GABIONA

Gabioni se grade od sanduka različite veličine, načinjenih od pocinčane žičane mreže ili polimerne mreže s pojačanim vertikalnim rubovima (slika 4.17). Sanduci se nakon oblikovanja postavljaju na predviđeno mjesto i ispunjavaju slaganjem krupnog kamena ili zrnatog materijala promjera većeg od otvora mreže, zatim se zatvaraju i vežu s gornje strane. Na taj se način dobivaju blokovi položeni na mjestu budućega zida, a raspoređuju se tako da se osigura odgovarajuće preklapanje kako bi bila bolja veza. Dimenzije sanduka (B, D i L) mogu se naći u specifikacijama proizvođača. (Dragčević, Rukavina 2006.)



**Slika 4.17:** Gabioni od čelične mreže (Dragčević, Rukavina 2006.)

Zidovi od gabiona (slika 4.18) najčešće se primjenjuju za povećanje nagiba pokosa visokih nasipa, podupiranje nestabilnih ili jako važnih pokosa, za stabiliziranje odrona i sprječavanje pada kamena na prometnicu, ili u drugim slučajevima kad su nužne brze intervencije pri održavanju prometnica ili pri sanaciji manjih klizišta.

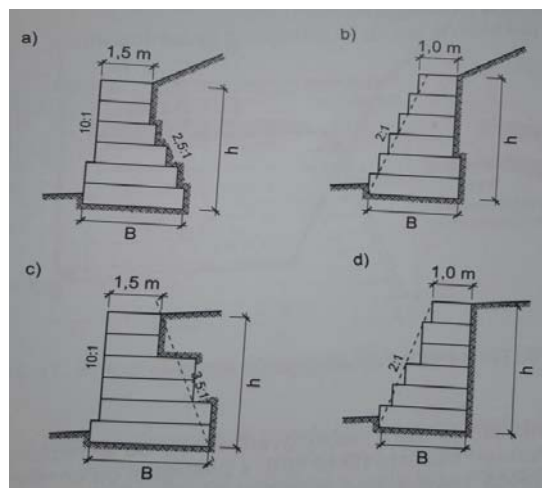


**Slika 4.18:** Izgradnja zida od gabiona

Ova vrsta zidova ima određene prednosti u odnosu na betonske ili zidove od kamena, kao što su prometnice znatna fleksibilnost, mogućnost prilagođavanja deformacijama terena bez većega utjecaja na stabilnost zida, velika vodopropusnost (čime se olakšava dreniranje tla koje se podupire), jednostavno građenje kao i prihvaćanje pritisaka tla neposredno nakon građenja (jer nije potrebno vrijeme za očvršćivanje kao kod betonskih konstrukcija).

Projektiraju se s približno vertikalnim licem, s nagibom 10:1 i stepeničastom stražnjom stranom (nagib 2,5:1 kad je površina terena kosa, slika 4.19a, odnosno s nagibom 3,5:1 kad je površina terena kosa, slika 4.19c). Mogu se projektirati sa stepeničastom (opći nagib 2:1) i približno vertikalnom stražnjom stranom (nagib 10:1) i bez obzira na nagib prirodnog terena (slike 4.19b i 4.19d).

Statičkim proračunom mora se dokazati stabilnost takvih zidova od gabiona, a postupak je sličan kao i za masivne gravitacijske zidove od betona.



**Slika 4.19:** Zidovi od gabiona (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

#### 4.7. ZIDOVI I KONSTRUKCIJE OD ARMIRANE ZEMLJE

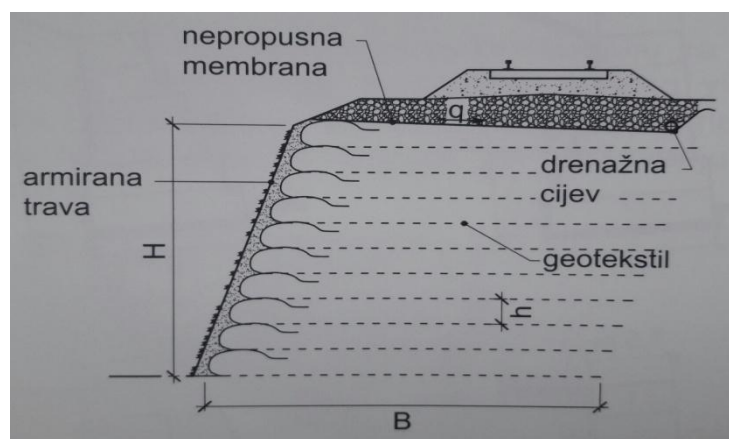
Primjenjuju se umjesto klasičnih upornih, potpornih i obložnih zidova, vertikalnih krila mostova ili pri sanaciji klizišta. Prednost im je u tome što upotrebljeni materijal i način gradnje omogućuju jeftiniju izradu od klasičnih konstrukcija, osobito pri gradnji. Na taj se način mogu graditi zidovi s vertikalnih licem visoki do 20 m.

Konstrukcije od armirane zemlje sastoje se od odabrane i dobro zbijene zemljane ispune (jezgre) armirane geosinteticima i obloge sa prednje vidljive strane koja osigurava površinsku stabilnost konstrukcije od erozijskog djelovanja sila zemljanih pritisaka u konstrukciji kao i predviđeni geometrijski oblik i izgled.

Stabilnost konstrukcije od armirane zemlje zasniva se na trenju između zrna materijala ispune i armature. Jezgra konstrukcije od armirane zemlje radi se od nekoherentnih ili slabo koherentnih materijala.

Materijal za ispunu mora biti ujednačenog granulometrijskog sastava i kvalitete, neosjetljiv na djelovanje smrzavice i atmosferilija i ne smije sadržavati organske tvari ili sastojke koji bi mogli izazvati koroziju traka za armiranje ili betona za oblaganje.

Na slici 4.20 prikazan je zid od tla armiranog geosinteticima. (Dragčević, Rukavina 2006.)



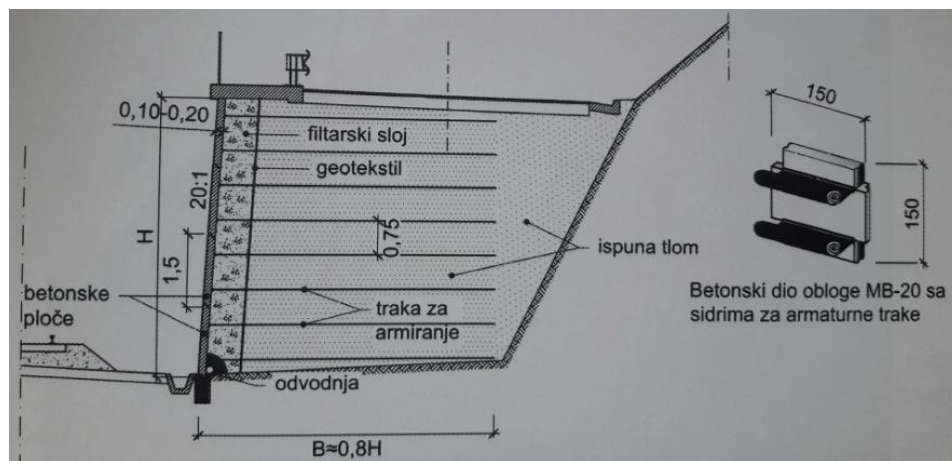
**Slika 4.20:** Zid od tla armiranog geosinteticima (Dragčević, Rukavina 2006.)

Na slici 4.21 prikazan je stariji način izvedbe zida od armiranog tla s užim čeličnim i poliesterskim trakama (6-10 cm), s pročeljem od armiranobetonskih predgotovljenih ploča povezanim kopčama koje su usidrene u betonske ploče. Noviji način razumijeva uporabu širokih traka (oko 1 m) od geomreža betoniranih u betonsku ploču pročelja.

Temeljenje građevina od armirane zemlje je jednostavno. Provodi se usijecanje do dubine  $0,1 H$  ili  $0,2 H$ , ovisno o nagibu terena ( $0,1 \cdot H$  ako je teren horizontalan, a  $0,2 H$  ako je nagnut u poprečnom smislu). Isto tako potrebno je voditi brigu o učinkovitoj odvodnji. (Dragčević, Rukavina 2006.)

Postupak gradnje razmjerno je jednostavan u odnosu na betonske ili kamene konstrukcije. Na pripremljenu površinu terena, iskopanu do potrebne dubine i izravnanu, postavlja se betonska podloga, najčešće 0,35 m širine i 0,15 do 0,2 m visine (od betona MB 15), preko koje se polaže prvi sloj obloge, betonske ploče ili čelični elementi. Za oblogu se zatim pričvršćuju trake za armiranje i preko njih nanosi sloj materijala za ispunu, čija debljina ovisi o vrsti obloge. Sloj se isplanira i zbije, najčešće 97 do 100% zbijenosti po standardnom Proctorovom postupku, ovisno o vrsti materijala za ispunu. Zatim se polaže drugi red armature i preko njega drugi sloj ispune, uz istodobno postavljanje novog reda obloge i ponavljanje postupka do potpunog završetka konstrukcije. (Dragčević, Rukavina 2006.)

Razastiranje, dovoženje i zbijanje materijala obavlja se istom mehanizacijom kao i pri izvedbi zemljanih radova. Vrlo je pogodan utovarivač na gumenim kotačima koji se odvozi i razastire materijal ispune, odnosno montiraju betonske ploče.



**Slika 4.21:** Potporni zid od armiranog tla s obložnim pročeljem (Dragčević, Rukavina 2006.)

Pri postavljanju obloge potrebno je izbjeći stvaranje vertikalne spojnice cijelom visinom obloge, a po mogućnosti i horizontalne spojnice.

Postoji li opasnost od prodiranja površinske vode koja sadrži soli i tvari koje bi mogle utjecati na koroziju armature, odnosno betonske ili čelične obloge, nužno je obaviti zaštitu izradom vodonepropusne membrane.

Građevine od armirane zemlje projektiraju se i računaju pomoću formula, teorijskih i izvedenih na osnovi modelskih istraživanja i pokusa u prirodnom omjeru, prema vrijedećim propisima i patentiranim tipovima.

Potrebno je provjeriti vanjsku i unutarnju stabilnost konstrukcije. Vanjska stabilnost konstrukcije provjerava se klasičnim postupcima za statičke proračune betonskih konstrukcija, promjenom odgovarajuće geometrije i osiguranjem odgovarajuće sigurnosti protiv klizanja građevina, loma tla i nestabilnost terena. Pod unutarnjom stabilnosti konstrukcije razumjeva se sigurnost protiv kidanja traka za armiranje i provjere veza traka za elemente obloge. (*Dragčević, Rukavina 2006.*)

#### 4.8. OBLOŽNI ZIDOVI

Obložni zidovi su konstrukcije koje služe za zaštitu tla u usjecima od raspadanja i razaranja pod djelovanjem atmosferilija i drugih vanjskih utjecaja i za sprječavanje odrona i pada materijala na prometnicu. U ovu skupinu zidova ubrajaju se i oni za zaštitu prometnica od vjetra, snježnih nanosa, za ograničenje ili sprječavanje širenja buke i slično.



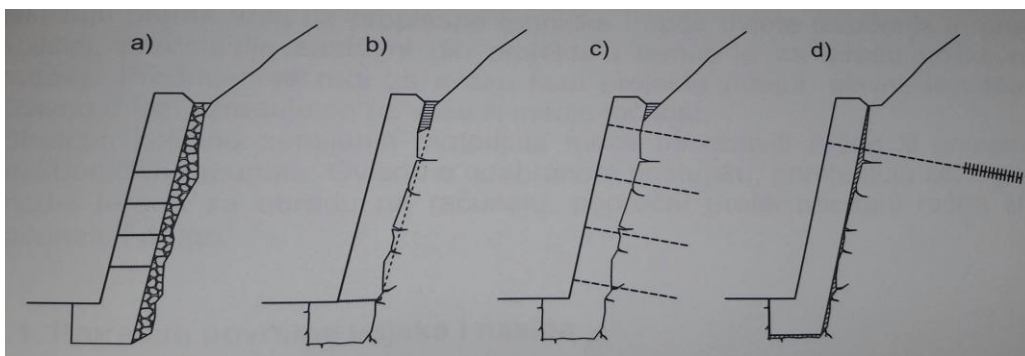
**Slika 4.22:** Izrada obložnog zida od lomljenog kamena u cementnom mortu

Ovisno o namjeni, projektiraju se i grade od različitih materijala kao što su lomljeni kamen u suho ili u cementnom mortu (slika 4.22) nearmiranih i armiranobetonskih montažnih elemenata od betona, čeličnih profila ili predgotovljenih elemenata. Imaju li



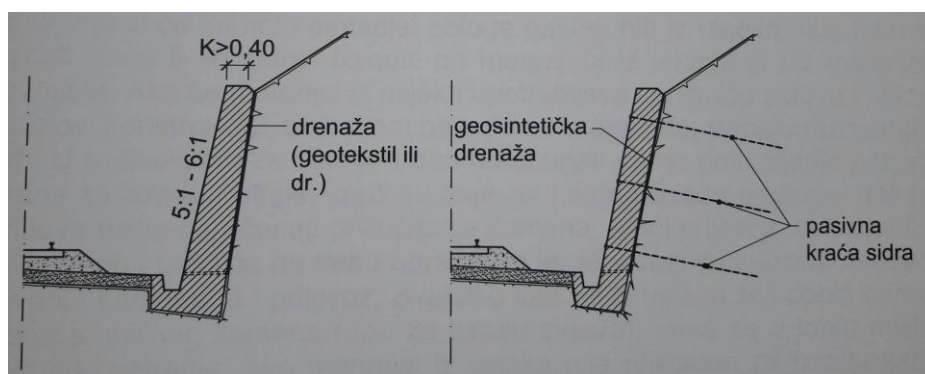
nosivu funkciju, potrebno je provesti dokaz stabilnosti konstrukcije zida s obzirom na vanjska djelovanja i sile te obilježja temeljnog tla. Dimenzije obložnih zidova znatno su manje od dimenzija potpornih i upornih zidova odgovarajuće visine.

Na slici 4.23 prikazano je nekoliko tipova obložnog zida od nearmiranog betona za usjeke uz stjenovitom materijalu, ovisno o funkciji i općoj koncepciji. Mogu se projektirati i izgraditi primjenom oplata s obje strane zida, samo što se nakon uklanjanja oplata izradi drenažna ispuna (a), ili primjenom površine stijene umjesto oplata sa stražnje strane zida (b). Obložni zid može se mjestimično fiksirati za stijenu (c), odnosno usidriti u stijensku masu (d), ovisno o projektnom zahtjevu i lokalnim uvjetima.



**Slika 4.23:** Tipovi obložnih betonskih zidova u stjenovitom materijalu (Dragčević, Rukavina 2006.)

Na slici 4.24 prikazan je stariji tip obložnog zida od betona i noviji sa sidrima. Iza zida mora se osigurati dreniranje upotrebom geotekstila ili izvedbom barbakana po visini zida.



**Slika 4.24:** Obložni zidovi od betona (Dragčević, Rukavina 2006.)



## 5. PODJELA PROMETNICA

S obzirom na današnju funkciju, projektiranje i eksploataciju, ceste se razlikuju po vrsti prometa, broju voznih trakova, vrsti zastora, planiranoj veličini prometa, terenu kojim prolaze, položaju i funkciji u cestovnoj mreži itd (*Korlaet, 1995.*).

Prema položaju u prostoru javne ceste se dijele na:

- javne ceste izvan naselja,
- gradske ceste – ulice.

### *JAVNE CESTE IZVAN NASELJA*

Prema privrednom i društvenom značenju ceste dijelimo na:

- magistralne,
- regionalne,
- lokalne.

Sve ostale ceste spadaju u grupu nekategoriziranih cesta i cesta za posebne namjene.

Prema vrsti prometa kojem su namijenjene javne ceste dijelimo na:

- ceste za promet motornih vozila,
- ceste za mješoviti promet.

Podjela javnih cesta prema društvenom i gospodarskom značenju unutar Zakona o cestama:

- autoceste,
- državne ceste,
- županijske ceste,
- lokalne ceste.

Podjela javnih cesta prema veličini motornog prometa (tablica 5.1):

**Tablica 5.1:** Podjela prometnica prema veličini motornog prometa

*(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)*

RAZRED CESTE	VELIČINA MOTORNOG PROMETA (PGDP) VOZILA/DAN
AC	Više od 14 000
1. razred	Više od 12 000
2. razred	Više od 7 000 do 12 000
3. razred	Više od 3 000 do 7 000
4. razred	Više od 1 000 do 3 000
5. razred	Do 1000

Podjela prema konfiguraciji terena kojim cesta prolazi (tablica 5.2):

- ceste u ravnici,
- ceste u brežuljkastom terenu,
- ceste u brdovitom terenu,
- ceste u planinskom terenu.

**Tablica 5.2:** Karakteristike konfiguracija terena (*Korlaet, 1995.*)

OSONOVNE KARAKTERISTIKE TERENA	KONFIGURACIJA TERENA			
	RAVNIČAST I	BREŽULJKASTII	BRDOVIT III	PLANINSKI IV
VISINSKA RAZLIKA U RELJEFU NA 1 KM TRASE	nezatna	do 70 m	70 – 150 m	preko 150 m
NAGIB PADINA	do 1:10	1:10 – 1:5	1:5 – 1:1	1:1 – 1:0
NABORANOST TERENA	-	slabije izražena	jače izražena	vrlo jaka, oštri grebeni, duboke uvale
MOGUĆI ELEMENTI TRASE	izbor slobodan	izbor djelomično ograničen	izbor ograničen, djelomično prisilni elementi	elementi predodređeni

### GRADSKÉ CESTE-ULICE

Gradske prometne površine nisu podijeljene jedinstvenom kategorizacijom. Svaka gradska mreža ima niz posebnosti koje su uvjetovane veličinom grada, oblikom mreže, načinom i opsegom povezivanja s mrežom javnih cesta, vrstom i organizacijom javnog prometa itd. Cestovna mreža u gradovima može se dijeliti prema administrativnim i funkcionalnim kriterijima. (*Korlaet, 1995.*)

Podjela gradskih cesta: (*URL 1*)

- državne auto-cesté,
- gradske auto-cesté,
- brze gradske prometnice,
- glavne gradske prometnice,
- gradske prometnice.

## 5.1. MJERODAVNE BRZINE

Pod pojmom mjerodavnih brzina podrazumijevamo projektnu i računsku brzinu koje su vrlo važne za određivanje ostalih elemenata trase ceste i njenog poprečnog presjeka. Pomoću njih određujemo duljine pravaca, prijelaznica, te polumjere kružnih lukova, uzdužne nagibe, širine prometnih trakova, rubnih trakova i sl. Primjenom mjerodavnih brzina pri projektiranju ceste vozaču se omogućava preglednost ceste.

Projektna brzina ( $V_p$ ) je najveća brzina za koju je zajamčena potpuna sigurnost vožnje u slobodnom prometnom toku na cijelom potezu trase, pod optimalnim vremenskim uvjetima i kod dobrog održavanja. Ona karakterizira razinu građevinsko - prometnih svojstava ceste. Primjena  $V_p$  je kod određivanja graničnih vrijednosti tlocrtnih i visinskih elemenata trase:

- minimalni polumjer horizontalnog zavoja,
- maksimalni uzdužni nagib,
- poprečni presjek.

Računska brzina ( $V_r$ ) je najveća očekivana brzina koju vozilo u slobodnom prometnom toku može ostvariti uz dovoljnu sigurnost vožnje na određenom dijelu ceste, u skladu s prihvaćenim modelom njezinog ustanovljavanja, zavisno o tlocrtnim i visinskim elementima tog dijela trase. Na temelju računске brzine određuju se: (*Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa*)

- poprečni nagib kolnika u zavojima,
- potrebne duljine preglednosti,
- polumjeri vertikalnih zavoja,
- najmanji polumjer horizontalnog zavoja sa suprotnim poprečnim nagibom kolnika.

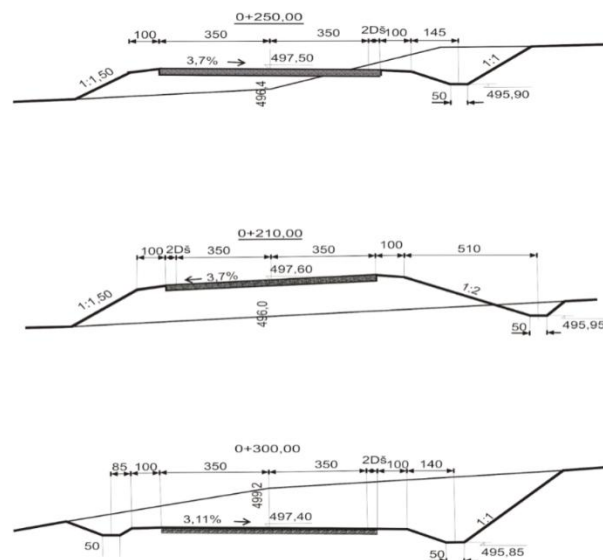
Na primjer, za cestu 2. razreda (PGDP = 7.000 do 12.000 vozila/24h) i nizinski predjel, računska brzina  $V_r$  iznosi 100 km/h, a kod vođenja ceste u planinskom predjelu  $V_r$  iznosi 60 km/h odnosno izuzetno i 50 km/h. To znači na se na "težim" terenima postavljaju skromniji uvjeti za komfor vožnje, jer je na njima i inače vrlo teško ostvariti elemente trase za velike

brzine. Izuzetak su pri tom autoceste, kod kojih i u planinskom terenu mora biti osigurana minimalna  $V_r = 80$  km/h. (Brozović, 2009.)

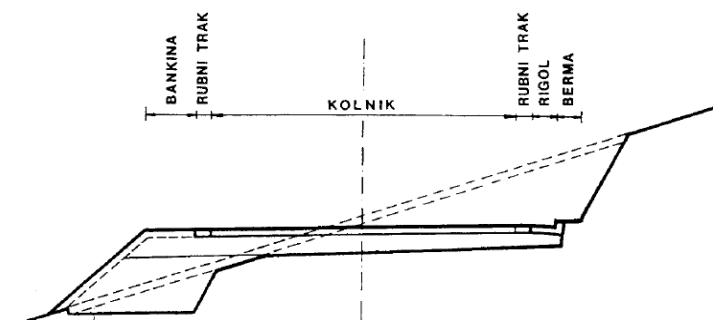
## 5.2. POPREČNI PRESJEK PROMETNICE

Osnovni elementi poprečnog presjeka prometnice su: prometni trak (kolnik), rubni trak, bankina, berma i sustav za odvodnju (slika 5.1 i 5.2).

Osim ovih elemenata poprečni presjek može sadržavati i trak za zaustavljanje, trak za spora vozila, trak za vozila javnog prometa, biciklističke staze, pješačke staze i razdjelni pojas.

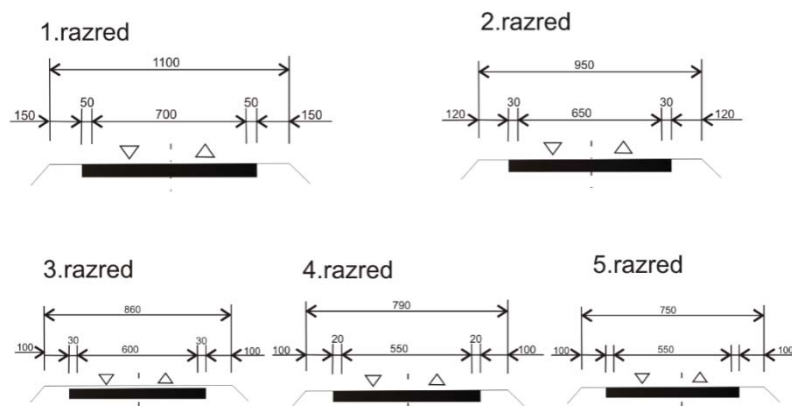


**Slika 5.1:** Poprečni presjek (Vitković, 2014.)



**Slika 5.2:** Elementi poprečnog presjeka (Korlaet, 1995.)

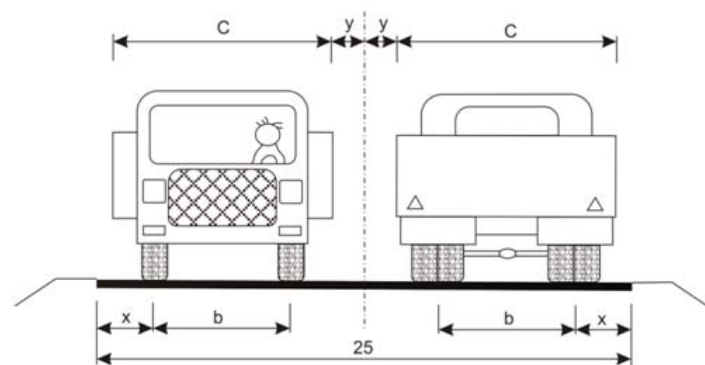
Dimenzije poprečnog presjeka (slika 5.3):



**Slika 5.3:** Dimenzije poprečnog presjeka (Blažun, 2014.)

### 5.3. PROMETNI TRAK

Ukupna širina kolnika sastoji se od jednog, dva ili više prometnih traka i ovisi o njihovoj širini (slika 5.4). Broj traka određuje se prema značenju ceste, gustoći prometa i zahtijevanoj propusnoj moći ceste. (Rezo, 2014.)



**Slika 5.4:** Širina prometnog traka (Bošnjak, 2014.)

**Jednotračni kolnici** primjenjuju se iznimno pri vrlo maloj gustoći prometa te na kraćim pristupnim cestama i putovima odnosno na rampama raskrižja izvan razina.

**Dvotračni kolnici** primjenjuju se za dvosmjernan i jednosmjernan promet.

**Trotračni kolnici** se kao jednosmjerni primjenjuju na autocestama ili prigradskim prometnicama. (Rezo, 2014.)

Prometni trak namijenjen je prometu vozila u jednom smjeru. Širine prometnih trakova na vangradskim cestama ovise o računskoj brzini i poprimaju diskontinuirane vrijednosti: 2.75 m, 3.00 m, 3.25 m, 3.50 m i 3.75 m. (Najmanja širina prometnog traka je kod  $V_r = 40$  km/h: 2.75 m, izuzetno 2.50 m, a za  $V_r = 100$  km/h iznosi 3.75 m odnosno 3.50 m). Širine dodatnih prometnih trakova na vangradskim cestama u pravilu su jednake širinama prometnih trakova ili su za 0.25 m uže, a širina traka za zaustavljanje u nuždi u pravilu iznosi 2.50 m (autoceste). Kod gradskih cesta (ulica), obzirom na naslijeđenu gradsku strukturu (nemogućnost proširenja odnosno reguliranja određenih širina prometnih trakova), prometni trakovi mogu biti različitih širina (npr. 2.95 m, 3.10 m i sl.). (Brozović, 2009.)

#### **5.4. RUBNI TRAK**

Rubni trak („pasica“) je prostor između prometnog traka i drugih elemenata u poprečnom profilu ceste (najčešće između prometnog traka i rigola odnosno bankine), a njegove se širine kreću od 0.20 do 0.50 m u ovisnosti o računskoj brzini ceste. (Brozović, 2009.)

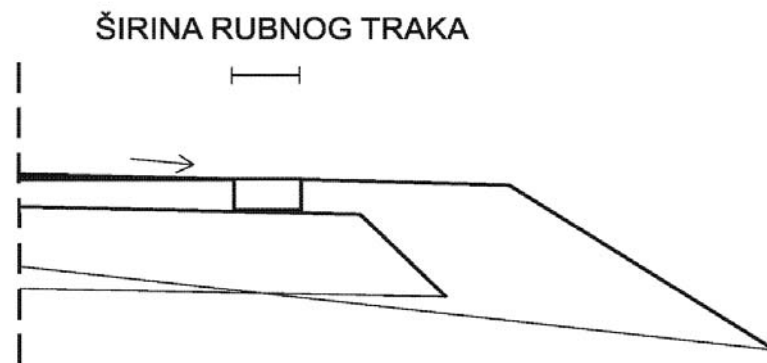
Rubni trakovi se ne uračunavaju u širinu prometnog traka. Grade se s obje strane kolnika i predviđeni su kao granični vizualni elementi u funkciji sigurnosti prometa. Rubni trakovi se izvode neprekinuto u istoj širini na cijeloj dionici za koju je utvrđen normalni profil: uz uzdignuti rubnjak, na objektima, tunelima i uz betonsku zaštitnu ogradu. Poprečni nagib rubnih trakova uvijek je jednak poprečnom nagibu kolnika. (Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa).

Rubni trak osigurava rub kolnika od oštećenja i jasno označava desni rub voznog traka. Kolnik bez rubnog traka nema oštru konturu, vozači izbjegavaju vožnju uz desni rub kolnika, čime se praktički sužuje koristan presjek kolnika i smanjuje sigurnost prometa. Širina rubnog traka ovisi o širini prometnog traka (tablica 5.3). (Korlaet, 1995.)

**Tablica 5.3:** Ovisnost širine rubnog traka o širini prometnog traka (Korlaet, 1995.)

PROMETNI TRAK (m)	RUBNI TRAK (m)
3.75	0.50
3.50	0.35
3.25-3.00	0.30
2.75	0.20

Rubni trak može biti izveden kao posebni element ili kao proširenje kolničke konstrukcije uz označavanje rubnom crtom (slika 5.5). (Korlaet, 1995.)

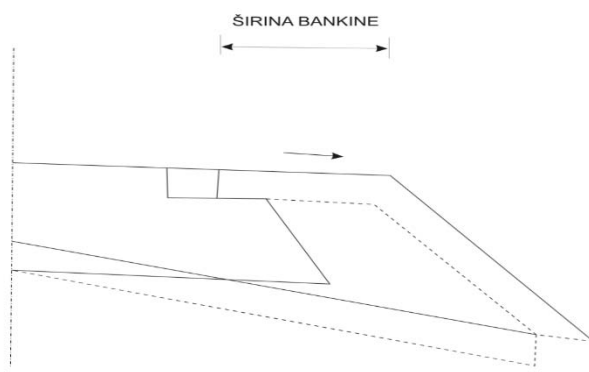


**Slika 5.5:** Širina rubnog traka (Topić, 2014.)

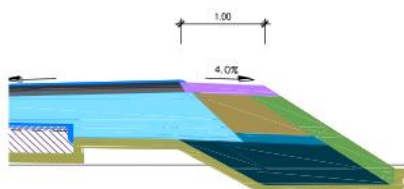
#### 5.4. BANKINA

Bankina je stabilizirajući trak na nasipnoj strani ceste i ima redovito nagib prema nasipu (radi odvodnje) (slika 5.6 i 5.7). Širina bankine ovisi o  $V_r$  i poprima slijedeće vrijednosti: 1.00 m (50 km/h), 1.20 m (70 km/h) i 1.50 m ( $\geq 80$  km/h). Bankina, osim navedenog, služi za smještaj prometnih znakova te izuzetno i za vozila u kvaru i sl., a na njoj se u slučaju potrebe (kod visine nasipa u pravilu više od 3.00 m ili kod postojećih cesta u krivini s vrlo malim polumjerom kružnog luka), postavljaju odbojnici. (Brozović, 2009.)





**Slika 5.6:** Bankina (Bedovec, 2014.)



**Slika 5.7:** Bankina (URL 2)

Poprečni nagib bankine redovito se izvodi s nagibom prema vanjskoj strani ceste minimalno 4% (nestabilizirane 7%). Ukoliko je kolnik većeg nagiba od 4%, niža bankina se izvodi u nagibu kolnika. (Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)

Osim što ovisi o računskoj brzini bankina ovisi i o širini prometnog traka (tablica 5.4):

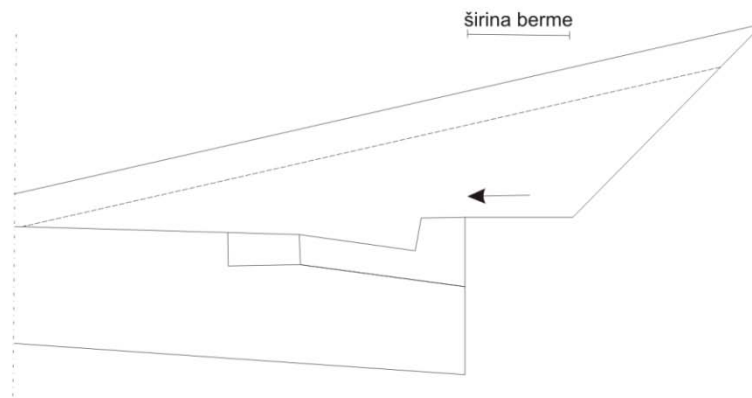
**Tablica 5.4:** Ovisnost širine bankine o širini prometnog traka (Korlaet, 1995.)

Širina prometnog traka (m)	Širina bankine(m)
3.75	1.50
3.50	1.50
3.25	1.20
3.00	1.00
2.75	1.00

## 5.5. BERMA

Berma je trak na usječnoj strani ceste, kojim se osigurava širina slobodnog profila ceste odnosno tražena zaštitna širina ceste (preglednost) odnosno trak za prihvat eventualno palog materijala usjeka (zemljani materijal, kamenje) (slika 5.8). (Brozović, 2009.)

Širina berme je 1-2 m (iznimno 0.5 m) u pravcu, a u zavoju ovisi o veličini otvaranja usjeka radi osiguravanja preglednosti. (Rezo, 2014.)



**Slika 5.8:** Berma (Blažun, 2014.)

### 5.5.1. TRAK ZA ZAUSTAVLJANJE

Na autocestama, a prema potrebi i na cestama 1.razreda treba za oba smjera vožnje predvidjeti trakove za zaustavljanje vozila radi kvara, slabosti vozača i sl. Trakovi za zaustavljanje u pravilu su neprekinuti. Na autocestama ovi se trakovi mogu prekidati samo ako za to postoje jaki ekonomsko – tehnički razlozi.

Širina traka za zaustavljanje je minimalno 2.5 m, odnosno 1.75 m na cestama 1. razreda s 4 prometna traka, a izvode se neposredno uz rubni trak ili uz rubnu crtu s desne strane kolnika. Poprečni nagib traka za zaustavljanje je istog smjera kao i kolnik. Trak uz viši rub kolnika ima minimalni poprečni nagib 2.5%. zaustavni trak uz niži rub kolnika ima isti poprečni nagib kao i kolnik. U posebnim slučajevima zaustavni trakovi (npr. u krajevima s jakim snijegom) mogu biti izvedeni i sa suprotnim nagibom od kolnika i rubnih trakova, a veličina nagiba iznosi 2.5%. (Korlaet, 1995.)

### *5.5.2. TRAK ZA SPORU VOŽNJU*

Kod većih uspona teška teretna vozila gube na brzini i ometaju ostali brži promet. Usljed smanjenja brzine teških motornih vozila, ako nije omogućeno pretjecanje, moraju i ostala vozila usporiti brzinu, čime se smanjuje propusna moć ceste. Radi toga se uz kolnik na području većih ili duljih uspona na autocestama i cestama 1. i 2. razreda izvode posebni trakovi za sporu vožnju. Spora vozila koriste taj poseban trak i ne ometaju vozila na normalnom traku. Širina traka je 3.0 do 3.25 m, a poprečni nagib je isti kao i na prometnim trakovima. *(Korlaet, 1995.)*

### *5.5.3. TRAK ZA VOZ JAVNOG PROMETA*

U poprečnom presjeku ceste – ulice u gradovima se mogu predvidjeti posebni trakovi namijenjeni samo za vozila javnog prometa (autobuse, tramvaje, hitnu pomoć i sl). *(Korlaet, 1995.)*

### *5.5.4. PJEŠAČKE STAZE*

Na cestama s dozvoljenim pješačkim prometom treba odgovarajućim pješačkim proširenjem i učvršćenjem bankina omogućiti siguran promet. U slučaju jačeg pješačkog prometa treba ispitati potrebu izrade zasebnog pješačkog hodnika ili staze odijeljeno od kolnika visinski, iznimno rubnim trakom, a najbolje je rješenje pješačku stazu odvojiti razdjelnim pojasom. Kod utvrđivanja potrebe za posebnom pješačkom stazom uzima se u obzir gustoća motornog i pješačkog prometa (prosječna i u najopterećenijem satu), blizina naselja i ostali uvjeti koji utječu na sigurnost prometa. Najmanja širina pješačke staze za jedan red pješaka je 0.8 metara *(Korlaet, 1995.)*.

### 5.5.5. BIKIKLISTIČKE STAZE

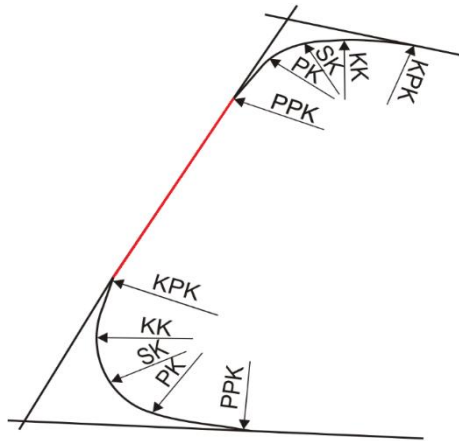
Biciklističke staze se u profilu ceste odvajaju od kolnika visinski ili iznimno razdjelnim trakom. Grade se na cestama za mješoviti promet, ako se potreba za građenje ustanovi prometnim istraživanjem. Širina traka za jedan red biciklista je 1.0 m, a prometna visina 2.25 m sa zaštitnim pojasom od 0.25 m. Najmanji broj prometnih trakova je po jedan za svaki smjer vožnje. *(Korlaet, 1995.)*

### 5.5.6. RAZDJELNI TRAK

Na autocestama i cestama sa dva kolnika mora se između kolnika ako su u istoj razini predvidjeti razdjelni pojas. Širina pojasa kod autocesta u ravničarskom terenu je 4.0 m, a u ostalim slučajevima 3.0 m. Na cestama 1. razreda razdjelni trak može biti iznimno 2.0 m. *(Korlaet, 1995.)*



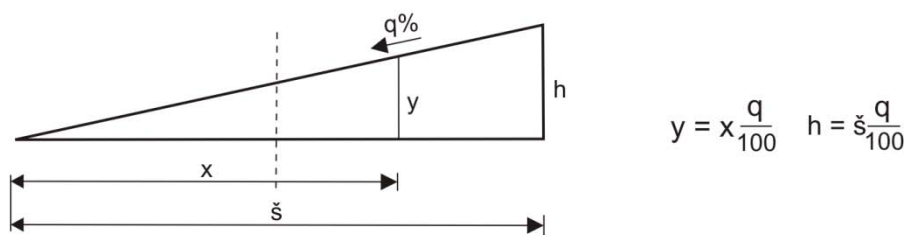
Prilikom korištenja pravca treba imati na umu neka ograničenja. Velike duljine pravaca između dva kružna luka zamaraju vozače, vožnja postaje "dosadna", a u noćnoj vožnji dolazi do zasljepljenja svjetlima automobila iz suprotnog smjera. Korištenje pravaca je isto tako ograničeno konfiguracijom terena. (Ceste)



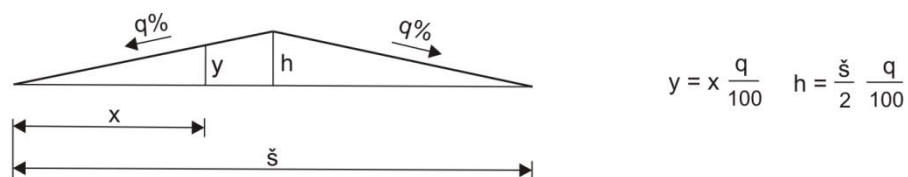
**Slika 6.2:** Pravac (Jakovljević, 2014.)

Zbog mogućnosti odvodnje površinske vode s kolnika, u poprečnom smislu, izrađuje se trasa s određenim poprečnim nagibom (slika 6.2). (Ceste)

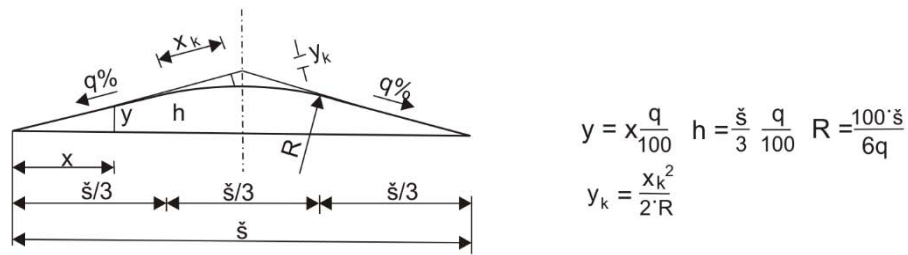
Nagib kolnika može biti jednostran, dvostran, dvostran sa zaobljenom srednjom trećinom, te dvostrani parabolični nagib (slika 6.3, 6.4, 6.5 i 6.6).



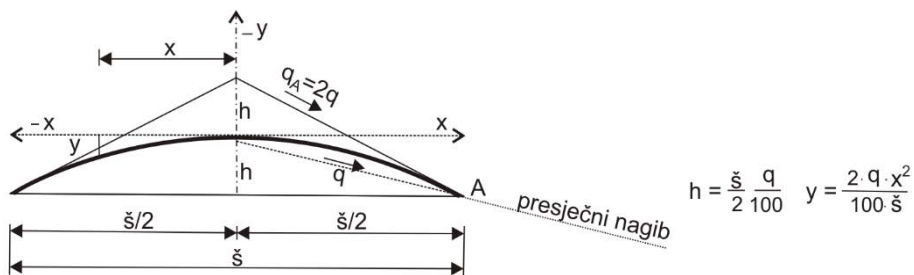
**Slika 6.3:** Jednostrani nagib kolnika (Trbljanić, 2014.)



**Slika 6.4:** Dvostrani nagib kolnika (Trbljanić, 2014.)



**Slika 6.5:** Dvostrani nagib kolnika sa zaobljenjem (Trbljanić, 2014.)



**Slika 6.6:** Dvostrani parabolični nagib (Trbljanić, 2014.)

Preporuke ograničavaju duljinu međupravca između dvije protusmjerne krivine na:

$$2V_r \leq L_{pr} \leq 20V_r \text{ (u metrima).}$$

Primjenu međupravca između istosmjernih krivina treba izbjegavati ili ograničiti na:

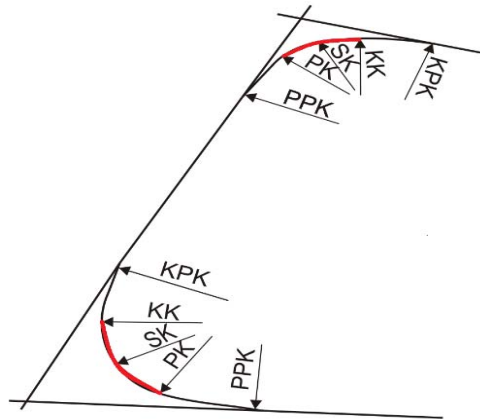
$$4V_r \leq L_{pr} \leq 20V_r \text{ (u metrima).}$$

Gdje je:

- $V_r$  – računaska brzina u km/h
- $L_{pr}$  – duljina pravca u metrima (Korlaet, 1995.)

## 6.2. KRUŽNI LUK

Kružni luk kao tlocrtni element je potez ceste sa stalom zakrivljenošću na cijelom svojem dijelu. Kružni lukovi se zbog specifičnosti terena često koriste pri projektiranju prometnica (slika 6.7). (Ceste)



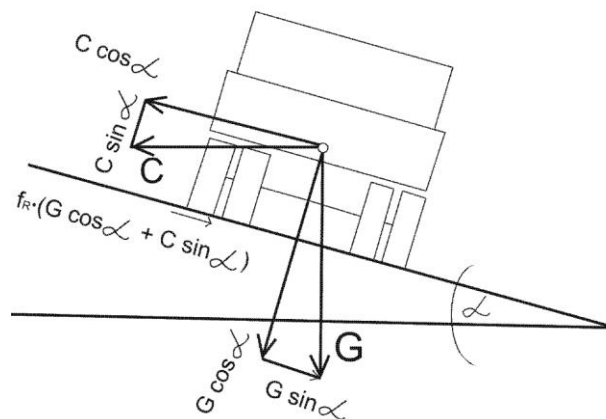
**Slika 6.7:** Kružni luk (Blažun, 2014.)

Gdje je:

- PK – početak kružnog luka
- SK – sredina kružnog luka
- KK – kraj kružnog luka

Vožnja u krivinama je teža što je vozilo dulje, što je veća brzina vožnje, što je uži kolnik, što je manja duljina slobodnog vidika i što je manji polumjer krivine. Krivine treba projektirati sa što većim polumjerima, a polumjeri kod krivina koje slijede jedna drugu moraju biti u određenom odnosu. Neposredno nizanje krivina velikih i malih polumjera ne smije se primjenjivati. (Korlaet, 1995.)

Najmanji se polumjer krivine dobiva iz zahtjeva stabilnosti vozila u krivini i to za određenu računsku brzinu i najveći dozvoljeni poprečni nagib kolnika u krivini. (Korlaet, 1995.)



**Slika 6.8:** Stabilnost vozila u krivini (Blažun, 2014.)



Pri utvrđivanju polumjera zavoja uzima se u proračun mogućnost otklizavanja odnosno zanošenja vozila. (Rezo, 2014.)

Komponenti centrifugalne sile paralelnoj sa kolnikom ( $C\cos\alpha$ ), koja nastoji vozilo izbaciti u stranu, suprotstavljaju je sila trenja između kotača i kolnika  $f_R$  ( $G\cos\alpha + C\sin\alpha$ ) i komponenta težine vozila paralelna s kolnikom ( $G\sin\alpha$ ). Za održavanje ravnoteže mora sila trenja biti jednaka sili bočnog pritiska. (Korlaet, 1995.)

Rješavanjem jednadžbe dobivamo:

$$R = \frac{v^2}{127(f_R + 0.01q)}$$

U kružnom luku je potrebno, u odnosu na cestu u pravcu, dodatno povećati poprečni nagib kolnika u svrhu odvodnje površinske vode s vozne površine te radi veće stabilnosti vozila u krivini. Prilikom vožnje po kružnom luku na vozilo djeluje centrifugalna sila čiji se utjecaj smanjuje povećanjem poprečnog nagiba. (Ceste)

Kod smanjivanja polumjera krivine potrebno je poprečni nagib kolnika povećati sve do najvećeg dozvoljenog poprečnog nagiba u krivini. U graničnom slučaju kada je primijenjen poprečni nagib  $q_{\max}$  određena je vrijednost najmanjeg polumjera koji se smije primijeniti. (Korlaet, 1995.):

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(f_R + 0.01q_{\max})}$$

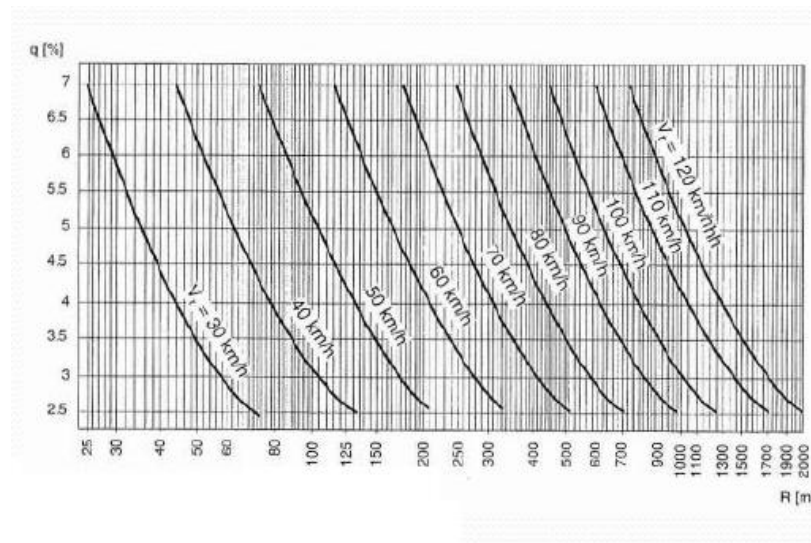
Najveći dozvoljeni poprečni nagib je  $q_{\max} = 7\%$ , a koristi se kod kružnog luka s minimalnim polumjerom za određenu projektnu brzinu. Minimalna vrijednost poprečnog nagiba kružnog luka je jednaka poprečnom nagibu pravca (2,5%) i koristi se kod kružnog luka velikog polumjera. (Ceste)

Poprečni nagib veći od  $q_{\max}$  su dozvoljeni kod zaokretnica, ali ne smiju prijeći 9%. Zbog lakšeg mimoilaženja u kružnoj krivini radi se proširenje kolnika. Veličina proširenja je ovisna o predviđenoj vrsti vozila koja će tuda prometovati i o veličini polumjera. Proširenje se dodaje na unutarnju stranu kolnika. (Ceste)

Veličine poprečnog nagiba kolnika u zavoju  $q$  za  $R > R_{\min}$  određuje se po (slika 6.9):

$$q = K_p \frac{v^2}{1,2 R} [\%] \text{ (Rezo, 2014.)}$$

Gdje je  $K_p$  koeficijent koji pokazuje koji se dio centrifugalne sile svladava poprečnim nagibom.



**Slika 6.9:** Odnos radijusa, poprečnog nagiba i računskih brzina (Rezo, 2014.)

Najmanja duljina kružnog luka uvjetovana je vremenom vožnje od jedne do dvije sekunde za odgovarajuću računsku brzinu (tablica 6.1).

**Tablica 6.1:** Najmanja duljina kružnog luka  $L_k$  (m)

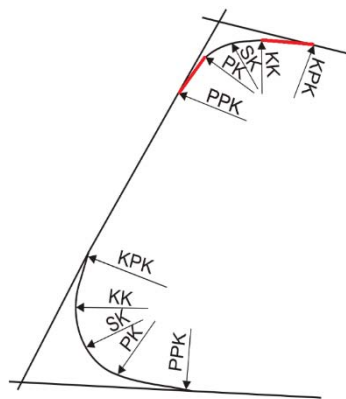
(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)

$V_p$ (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$L_k$ (m)	8	11	14	17	20	22	25	28	30	33	36

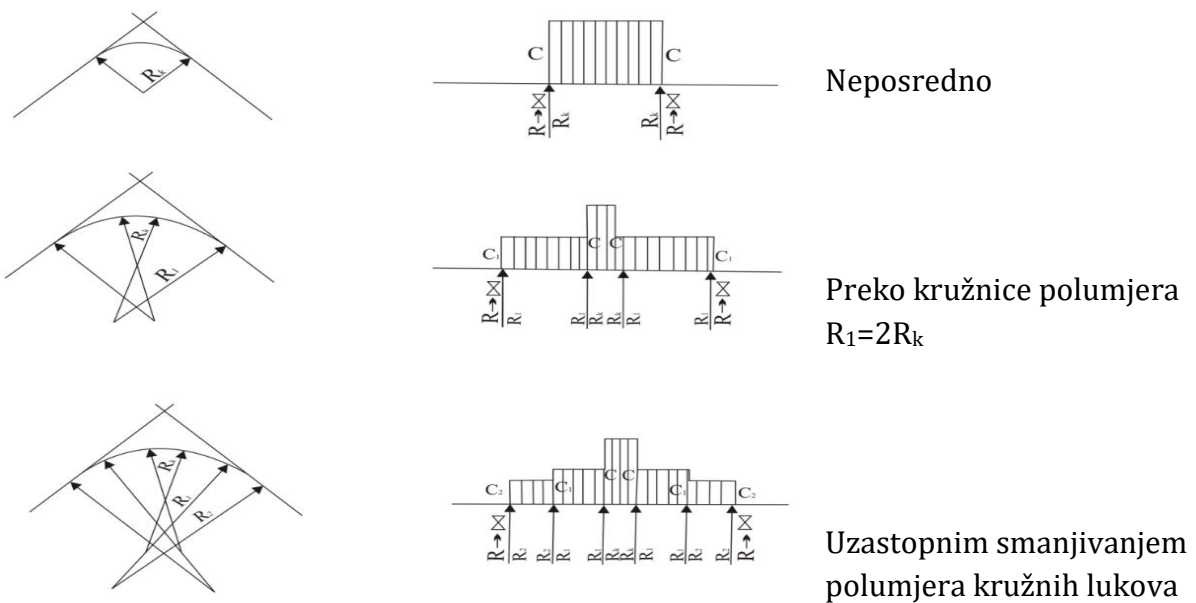
### 6.3. PRIJELAZNCA

Kod većih brzina motornih vozila prigodom neposrednog prijelaza iz pravca u kružni luk na vozilo i putnike naglo nastupa djelovanje centrifugalne sile "C". Da se ova sila smanji, može se ispred glavnog kružnog luka umetnuti kružni luk većeg polumjera od polumjera glavnog kružnog luka. U tom slučaju bočna će sila kod prijelaza iz pravca biti manja.

Da se dobije postepen porast bočne sile, umeće se između pravca i kružnog luka prijelazna krivina (slika 6.10), kod koje se zakrivljenost mijenja postepeno, na način koji zavisi od odabrane krivulje (slika 6.11). (Korlaet, 1995.)



**Slika 6.10:** Prijelaznica (Jakovljević, 2014.)



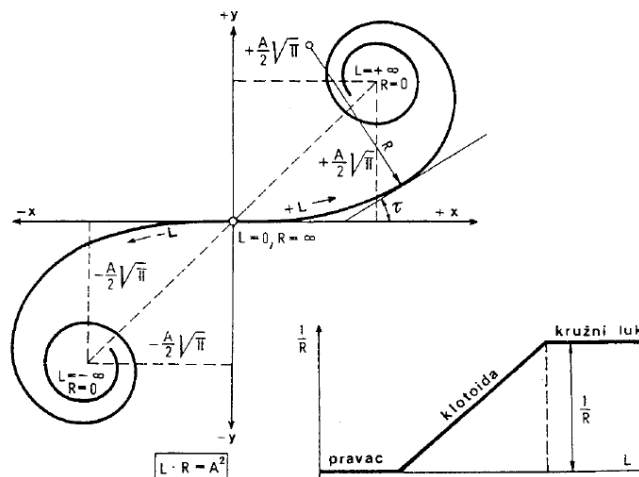
**Slika 6.11:** Postupno smanjenje "C" sile (Bedovec, 2014.)

Prijelaznica kao tlocrtni element ceste služi za (*Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa*):

- postupan prijelaz zakrivljenosti iz pravca u kružni luk, a time i za postupnu promjenu radijalnog ubrzanja, odnosno za prijelaz iz jedne zakrivljenosti u drugu,
- za osiguranje dovoljne duljine vitoperenja kolnika za prijelaz iz poprečnog nagiba u pravcu na poprečni nagib u kružnom luku,
- za postupno proširenje kolnika iz širine u pravcu na širinu u kružnom luku.

Prijelazne su se krivine najprije počele upotrebljavati kod željeznica, jer su veće brzine vožnje postignute ranije nego na cestama. Za prijelaznu se krivinu kod željeznica primjenjuje kubna parabola, a za oblikovanje osi trase cesta koriste se prijelazne krivine oblika klotoida. (*Korlaet, 1995.*)

Klotoida je krivulja koja iz sjecišta koordinatnog sustava (gdje je polumjer  $R=\infty$ ) teži spram točke A na pravcu koji s osi "x" zatvara kut od  $45^\circ$  (slika 6.12).



**Slika 6.12:** Klotoida (*Korlaet, 1995.*)

Jednadžbe klotoida su:

$$x = \sqrt{\frac{C}{2}} \int_0^\tau \frac{\cos t}{\sqrt{t}} dt \quad , \quad y = \sqrt{\frac{C}{2}} \int_0^\tau \frac{\sin t}{\sqrt{t}} dt$$

Gdje je:

- C – konstanta klotoide ( $C=R \cdot L$ ),
- R – polumjer kružnog luka,
- L – lučna duljina klotoide.

Jednadžba klotoide može biti i u parametarskom obliku:

$$A^2 = R \cdot L \quad \text{ili} \quad A = \sqrt{R \cdot L}$$

Gdje je:

- A – parametar klotoide,
- R – polumjer kružnog luka,
- L – lučna duljina klotoide.

Duljina prijelaznice određena je:

- vozodinamičkim zahtjevima,
- konstruktivnim zahtjevima,
- vizualnim zahtjevima.

### **Voznodinamički zahtjevi**

S obzirom na voznodinamičke zahtjeve duljina prijelaznica određena je dopuštenim bočnim potiskom, tj. promjenom radijalnog ubrzanja u jedinici vremena X ( $\text{m}/\text{sec}^3$ ). (*Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa*)

$$L_{\min} \geq \frac{2,725 \cdot V_p \cdot f_{Rdop}}{X}$$

Gdje je:

- $L_{\min}$  (m) – najmanja duljina prijelaznice,  $V_p$  – projektna brzina,  $f_{Rdop}$  – dopušteni radijalni koeficijent opora klizanja i X ( $\text{m}/\text{sec}^3$ ) – dopušteni bočni potisak

Veličine  $L_{\min}$  i  $R_{\min}$  za projektnu brzinu prema voznodinamičkim zahtjevima navedene su u tablici (tablica 6.2).

**Tablica 6.2:** Voznodinamički zahtjevi za duljinu prijelaznice  $L_{min}$  (m)

(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)

$V_p$ (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
X ( $m/sec^3$ )	0.87 5	0.80 0	0.72 5	0.65 0	0.57 5	0.50 0	0.45 0	0.40 0	0.35 0	0.30 0	0.25 0
$L_{min}$ (m)	25	30	35	45	50	60	65	75	85	95	115
$A_{min}$	25	37	51	73	94	122	150	184	226	267	313
$R_{min}$ (m)	25	45	75	120	175	250	350	450	600	750	850

### **Konstruktivni zahtjevi**

Relativni nagib ruba kolnika mora udovoljiti graničnim dopuštenim vrijednostima  $\Delta s_{max}$  navedenim u tablici (tablica 6.3).

**Tablica 6.3:** Relativni nagib ruba kolnika  $\Delta s_{max}$ (%)

(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)

$V_p$ (km/h)	$\leq 40$	60	$\geq 80$
$\Delta s_{max}$	1.5	1.0	0.75

### **Vizualni zahtjevi**

Prijelazna krivina mora ublažiti i utisak oštine krivine s položaja oka vozača. Na primjerima iz prakse utvrđeno je da ovom uvjetu udovoljava odnos:

$$A_{min} = \frac{R}{3} \text{ odnosno } L_{min} = \frac{R}{9}$$

Kao mjerodavna veličina najmanje dozvoljene duljine prijelazne krivine  $L_{\min}$  uzima se najveća od tri vrijednosti dobivene prema navedenim zahtjevima. U tablici (tablica 6.4) navedene su vrijednosti duljina prijelaznih krivina ( $L_{\min}$ ) koje se mogu primjenjivati u krivinama s minimalnim polumjerom ( $R_{\min}$ ). (Korlaet, 1995.)

**Tablica 6.4:** Dozvoljene vrijednosti  $L_{\min}$  uz odgovarajući  $R_{\min}$  (Korlaet, 1995.)

$V_r$ (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$X$ (m/s <sup>3</sup> )	0.909	0.773	0.654	0.555	0.469	0.396	0.338	0.290	0.252	0.224
$L_{\min}$ (m)	25	30	40	50	60	70	90	100	110	120
$R_{\min}$ (m)	25	45	75	120	180	250	350	450	600	750

## 7. VERTIKALNO VOĐENJE LINIJE

Vertikalno vođenje trase definirano je linijom nivelete koja je određena kao presječnica vertikalne plohe, položene kroz os ceste u situaciji (tlocrt), s površinom kolnika. Ova vertikalna ploha je ravna, ako je os pravac, ili zakrivljena, ako je os kružnica ili klotoida.

Kako bi vertikalni prikaz trase bio moguć na uobičajeni deskriptivni način, zakrivljene dijelove vertikalne plohe treba "izravnati" odnosno razviti u ravninu. Na taj se način dobije prilog projekta *uzdužni profil*, gdje je niveleta linija prikazana u pravokutnom koordinatnom sustavu, u kojem se na apscisi nanose stacionaže a na ordinati apsolutne nadmorske visine točaka nivelete.

U geometrijskom smislu niveleta se sastoji iz pravaca – dužina (usponi i padovi trase) i kružnica (konveksne i konkavne vertikalne krivine). Uzdužni nagibi nivelete izražavaju se u postotcima (npr. uzdužni nagib od 4% znači visinsku razliku od 4 m na horizontalnoj udaljenosti od 100 m) a polumjeri vertikalnih krivina u metrima. (*Korlaet, 1995.*)

### 7.1. UZDUŽNI NAGIB

#### 7.1.1. NAJVEĆI UZDUŽNI NAGIB NIVELETE

Najveći dozvoljeni uzdužni nagib ovisi o razredu ceste i konfiguraciji terena. Ceste viših razreda, naročito one za motorni promet, imaju manje uzdužne nagibe od cesta nižih razreda. Vrsta prometa utječe na odabiranje uzdužnog nagiba obzirom na mogućnost njegova svladavanja raspoloživom vučnom snagom. Obzirom na konfiguraciju terena dozvoljeni uzdužni nagibi u ravnici su manji od onih u brežuljkastom, brdovitom i planinskom terenu. (*Korlaet, 1995.*)

Najveći uzdužni nagib je funkcija projektne brzine  $V_p$  i kategorije ceste, a određuje se prema tablici 7.1.



**Tablica 7.1:** Najveći uzdužni nagib nivelete  $s_{\max}$  (%) (Korlaet, 1995.)

RAZRED CESTE	VRSTE TERENA			
	RAVNIČAST	BREŽULJKAST	BRDOVIT	PLANINSKI
AUTO-CESTE	-	4 – 5	5	7
CESTE 1. RAZREDA	-	5	6	7
CESTE 2. RAZREDA	-	6	7	8
CESTE 3. RAZREDA	-	7	8	10
CESTE 4. RAZREDA	-	8	10	11
CESTE 5. RAZREDA	-	10	11	12

Kod odabiranja maksimalnih nagiba mora se voditi računa o gustoći i strukturi prometa. Veći uzdužni nagibi od navedenih u (tablici 7.1), mogu se primijeniti iznimno ako se analizom troškova eksploatacije i troškova građenja dokaže da je veći nagib opravdan.

Primjenu maksimalnih uzdužnih nagiba treba ograničiti na kraće dionice. Veći uzdužni nagibi od 2.5% na dužoj dionici već izazivaju smetnje koje prometnom toku na usponima uzrokuju teretna vozila. Na dugačkim usponima većim od 4% treba približno na svakih 100 m visinske razlike predvidjeti na prikladnim i preglednim mjestima proširenja kolnika za eventualno zaustavljanje vozila. (Korlaet, 1995.)

### 7.1.2. NAJMANJI UZDUŽNI NAGIB NIVELETE

Minimalni uzdužni nagib ceste, kad je cesta u dužem usjeku ili zasjeku, iznosi:

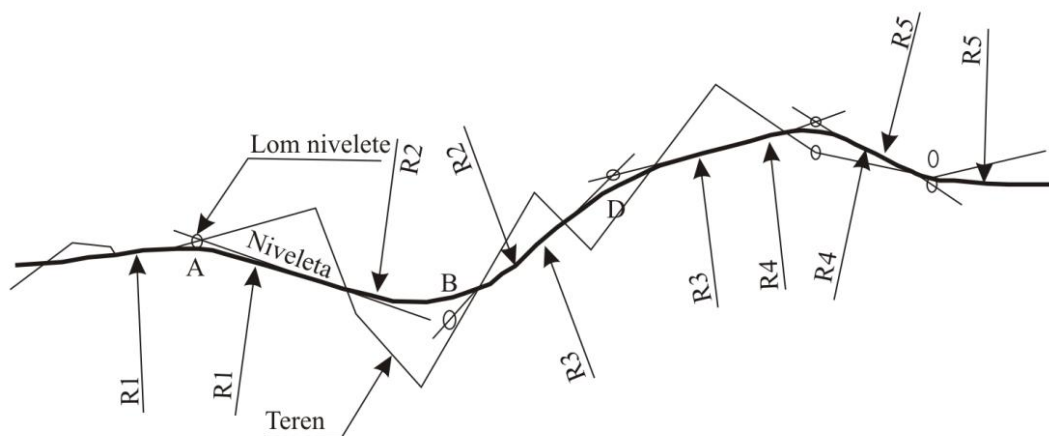
- 0.2% ako je odvodni rigol obložen betonom,
- 0.3% ako je odvodni rigol taracan,

- 0.5% ako je odvodni rigol obrastao travom.

Ove najmanje vrijednosti treba povećati u područjima s većim intenzitetom oborina. Uzdužni nagib ceste može biti u usjecima 0% samo ako za prihvaćanje i odvođenje oborinske vode predviđa odgovarajući sustav odvodnje čije djelovanje ne ovisi o (ne) dovoljnom nagibu nivelete.

## 7.2. ZAobljAVANJE PRIJELOMA NIVELETE

Kod promjene nagiba nivelete nastaju lomovi koji se zaobljuju vertikalnim kružnim lukovima. Lom nivelete može biti konveksan ili konkavan (slika 7.1). (Korlaet, 1995.)



**Slika 7.1:** Vertikalne krivine (Bedovec 2014.)

U načelu se prijelomi nivelete zaobljavaju kružnim lukom ali s obzirom na veliku bliskost kružnici i znatno pojednostavljenje računanja za zaobljavanje prijeloma nivelete umjesto kružnog luka se u pravilu koristi kvadratna parabola.

S obzirom na relativno male vrijednosti prelomnih kuteva tangentskih pravaca nivelete za račun zaobljenja može se koristiti kvadratna parabola oblika:

$$y = \frac{x^2}{2R}$$

U iznimnim slučajevima za zaobljavanje nivelete mogu se primijeniti kubna parabola i klotoida. Polumjer zakrivljenosti u bilo kojoj točki odabrane krivulje ne smije biti manji od propisanog minimalnog polumjera zakrivljenosti vertikalnog zaobljenja.

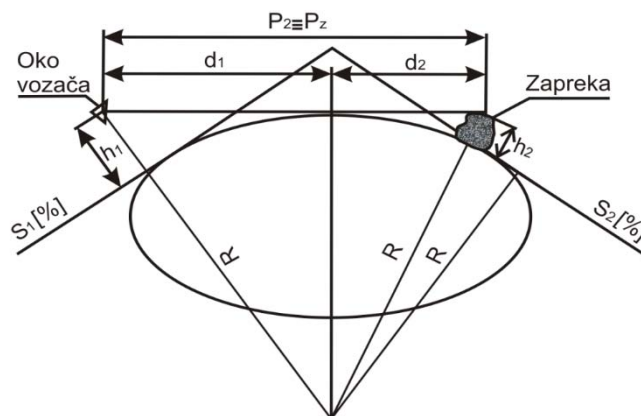
Polumjere vertikalnih zaobljenja valja odabrati tako da se zajedno s tlocrtnim elementima postigne:

- sigurnost prometa ostvarenjem odgovarajuće preglednosti,
- uravnoteženo prostorno vođenje linije,
- prilagođenje terenu i time smanjenje troškova građenja,
- očuvanje okoliša.

*(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)*

### **Konveksno vertikalno zaobljenje**

Za određivanje najmanjega polumjera konveksnog vertikalnog zaobljenja nivelete mjerodavni kriterij je osiguranje zaustavne preglednosti između automobila (oka vozača) i nepomične zapreke (slika 7.2). *(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa).*



**Slika 7.2** Konveksne vertikalne krivine (Blažun, 2014.)

$$R_{\min} = \frac{P_z^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

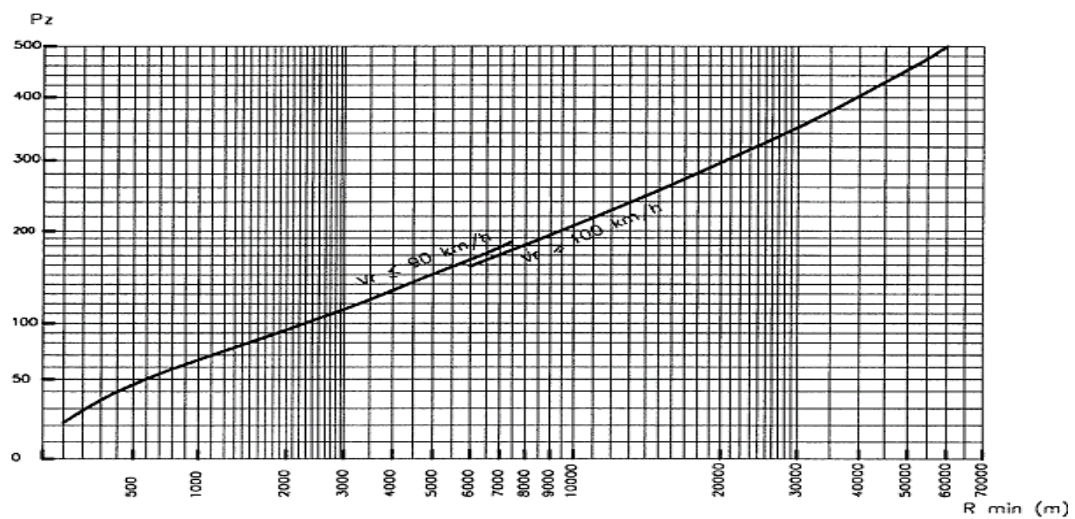
Gdje je  $R_{\min}$  (m) - najmanji polumjer konveksnog vertikalnog zaobljenja,  $P_z$  (m) - potrebna zaustavna preglednost,  $h_1$  (m) - visina oka vozača,  $h_1 = 1.0$  m i  $h_2$  (m) - visina skrivenog dijela zapreke.

Najmanji konveksni polumjeri za  $s(\%)=0$  dani su u tablici 7.2 i grafikonu (slika 7.3)

**Tablica 7.2:** Najmanji konveksni polumjer  $R_{\min}$  (m)

*(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)*

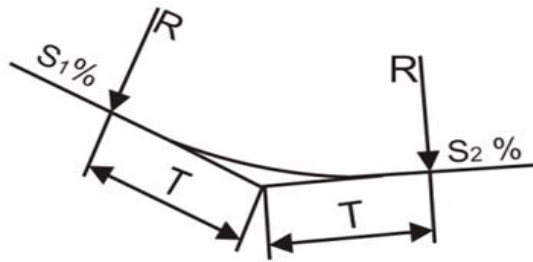
$V_r$ (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$R_{\min}$ (m)	130	300	600	1100	1900	3200	5200	8700	13000	19000	27600



**Slika 7.3:** Najmanji polumjer konveksnog vertikalnog zaobljenja

*(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)*

## Konkavno vertikalno zaobljenje



**Slika 7.4:** Konkavna vertikalna krivina (Grubešić, 2014.)

Najmanji polumjer konkavnog vertikalnog zaobljenja zas(%)=0 navedeni su u tablici 7.3.

**Tablica 7.3:** Najmanji konkavni polumjeri  $R_{\min}$  (m)

(Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa)

$V_r$	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$R_{\min}$	130	200	400	750	1300	2100	3500	5700	8600	13000	19000

## 8. TEHNIČKO RJEŠENJE SANACIJE KLIZIŠTA

### 8.1. OPIS KLIZIŠTA

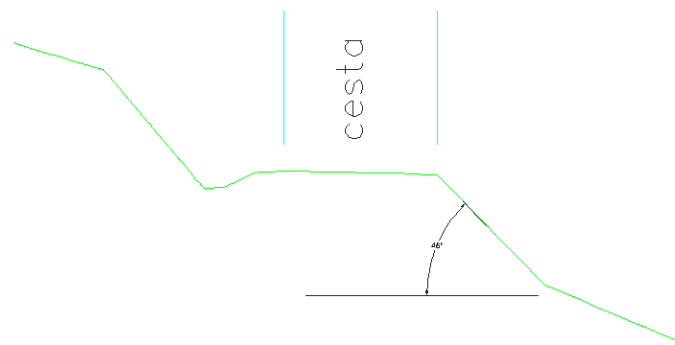
Na državnoj cesti D22 u nizbriježnoj strani ceste otvorilo se klizište u proljeće 2013. godine. Iako se primjećuje na osnovi zatečenog ova padina ima probleme nestabilnosti, tj. riječ je o zahvatima odnosno nedovršenoj rekonstrukciji/proširenju ceste puzištu/klizištu, te neadekvatnoj odvodnji te je 2014. godine došlo do ubrzanog klizanja - prokliznuća.

Na predjelu lokacije pod imenom „D22- Sudovec II.“ nastalo je klizanje terena širine cca 35 m i duljine cca 40 m. Samo čelo klizišta je jasno izraženo uz trupu ceste. Iznad čela klizišta nema vidljivih znakova klizanja (uleknuće terena, pukotine i sl.). U nožici klizišta je uvala i potok „Kipišće“. Imajući u vidu sve relevantne podatke koji su mogle vizualno prikupiti tijekom provedbe obilaska terena može se zaključiti kako je do klizanja došlo uslijed neadekvatne odvodnje površinskih voda ulicom, ali i neadekvatnom širenju tj. brzoj izgradnji na ceste na strmoj padini. Naime, postoji cestovna - ulična odvodnja oborinskih voda sa gornjih dijelova, ali s obzirom da nije obložen upravo i natapa segment u kojem je cestovno klizište, ali i određena voda nekontrolirano teče ulicom i upravo završava na sadašnjem čelu klizišta, na slici 8.1, je prikazano klizište na cesti D22.



*Slika 8.1 Državna cesta D22 – klizište „D22- Sudovec II.“*

Nagib pokosa čela klizišta je cca 45°. Debljine mekih materijala procjenjuje se cca 3 m, slika 8.2.



**Slika 8.2:** Cesta D22: poprečni presjek trupa ceste – čelo klizišta

Može se zaključiti, kako je uslijed ukupnog djelovanja vode došlo do promjene opterećenja kosine i do postupnog smanjenja posmične čvrstoće tla, a posljedično tome i do pokliznuća kritične mase i to na trupu ceste koji je neadekvatno izgrađen na strmoj padini.

## 8.2. TEHNIČKO RJEŠENJE STABILIZACIJE I UREĐENJA PADINE

Izbor sanacijskog koncepta kod klizišta od osobite je važnosti. Naime, sanacijski koncept presudan je za učinkovitost, a time i uspješnost sanacijskog zahvata. Stabilizacija i uređenje klizišta predviđa se provesti primjenom tehničkih mjera. Opća situacija koja karakterizira ovo klizište uglavnom upućuje na sanacijski koncept koji se sastoji od sljedećih pripadnih zahvata:

- izrada armirano betonskog ili fleksibilnog gabionskog zida na mjestima veće terenske denivelacije,
- zamjena materijala s nekoheretnim materijalom iza gabionskog zida te ugradnja specijalnih materijala (geotekstila, geodrenova i sl.) na odgovarajuća mjesta, a prema potrebi,
- mikropilotsko osiguranje stabilnosti gabionskog zida, posebno iz razloga dubine i nagiba otpornijih slojeva (mješavina stijena i zemlje),



- izvedba sustava površinske odvodnje uz kontroliranu odvodnju do odgovarajućeg recipijenta,
- održavanje i dotjerivanje saniranog klizišta.

Na slikama 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, do 8.7 vidljivo je stanje klizišta.



**Slika 8.3:** Klizišta: Kipišće I. i Kipišće II. na razmaku cca 30 m



**Slika 8.4:** Klizišta: Kipišće I. i Kipišće II. na razmaku cca 30 m





**Slika 8.5:** Na bližem potezu ceste vidljivo je više puzišta (sporo klizanja) na bankini i cesti



a)



b)

**Slika 8.6:** Preventivne mjere za uspostavljanje stabilnosti – ublažavanje klizanja izvedene su 2013. godine, odvodnjom vode izgradnjom kanalica uz zasjek, sprečavanjem udara vode na čelo klizišta i pokrivanjem nepropusnom folijom za oborine na klizni segment





**Slika 8.7:** U zasjeku su vidljive manje površinske erozije – vododerine

### 8.3. TEHNIČKO RJEŠENJE STABILIZACIJE I UREĐENJA PADINE

Na predmetnoj lokaciji izvedeno je istražno bušenje s ukupno 3 geomehničke istražne bušotine. Ispitivanje konzistencije tla izvedeno je standardnim penetracijskim pokusom (SPP).

Bušenje bušotina izvedeno je motornom rotacijskom bušilicom. **Na prilogu G2**, prikazani su sondažni profili bušotina, a u nastavku na slikama je prikazani uzorci bušenog tla.



**Slika 8.8:** Materijal bušotine B1



**Slika 8.9:** Materijal bušotine B2



**Slika 8.10:** Materijal bušotine B3

Po završetku bušenja provedena je terenska identifikacija i USC klasifikacija nabušene jezgre. Pored terenskih pokusa (SPP) iz geomehaničkih istražnih bušotina uzeti su poremećeni i neporemećeni uzorci za laboratorijske analize, odnosno za utvrđivanje fizikalnih i mehaničkih svojstva tla. Opseg provedenih istražnih radova radi utvrđivanja kakvoće i mehaničke heterogenosti tla primjeren je za izradu geotehničkog elaborata. Tijekom istražnog bušenja kartirana je nabušena jezgra. Podzemne vode nije registrirana tijekom bušenja.

### *8.3.1. OPIS NABUŠENE JEZGRE*

Tlocrtni položaj bušotina izbušenih prikazan je u Prilogu 1. U nastavku se prikazuje opis nabušenih slojeva tla i profili tla između bušotina na slici.

#### **Bušotine B1, B2, B3 (2012):**

- B1: Ispod asfalta nalazi se 0,5 m nasutog tamponskog materijala, od 0,5 do 1,3 m je koherentni materijal teško gnječiveprašinastegline, dublje od 1,3 m je mješavina kamenog materijala i čvrstog koherentnog materijala.
- B2: Ispod asfalta nalazi se 0,7 m nasutog tamponskog materijala, od 0,7 do 4,5 m je koherentni materijal teško gnječiveprašinastegline proslojci tamnije i svjetlije smeđe boje, dublje od 4,5 m je mješavina kamenog materijala i čvrstog koherentnog materijala.

- B3: Ispod humusa debljine 0,3 m, nalazi se koherentni materijal teško gnječiveprašinastegline proslojci tamnije i svjetlije smeđe boje do dubine 3,3 m, dublje od 3,3 m je mješavina kamenog materijala i čvrstog koherentnog materijala.

#### 8.4. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Laboratorijskim ispitivanjima obuhvaćeni su pokusi za određivanje općih i mehaničkih obilježja na poremećenim uzorcima koherentnih tala.

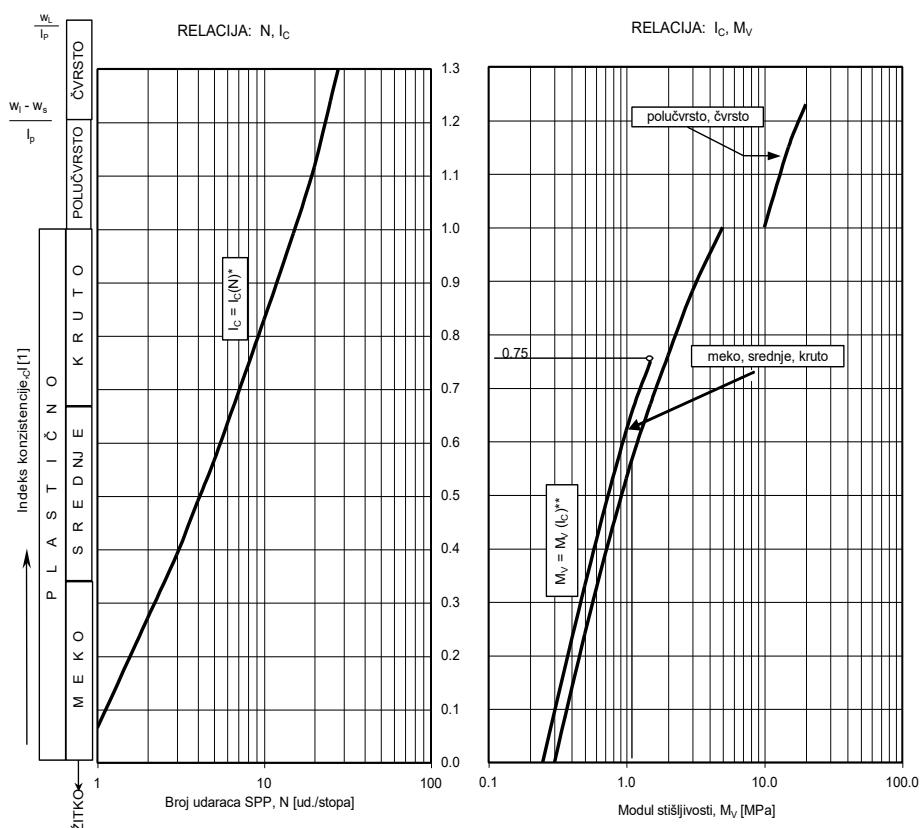
U geomehničkom laboratoriju na neporemećenim i poremećenim uzorcima tla ispituju su slijedeća svojstva:

- sadržaj prirodne vlage	$w_o$	[%]
- obujamska težina	$\gamma_{w,d}$	[kN/m <sup>3</sup> ]
- specifična težina	$\gamma_s$	[kN/m <sup>3</sup> ]
- Atterbergove granice plastičnosti	$w_{L,P}$	[%]
- izravno standardno smicanje		
a) kohezija	$c$	[kN/m <sup>2</sup> ]
b) kut unutrašnjeg trenja	$\phi$	[°]
- kompresija u edometru		
a) koeficijent pora	$e$	-
b) modul stišljivosti	$M_v$	[MN/m <sup>2</sup> ]

## 8.5. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE TEMELJNOG TLA

Prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske s povratnim razdobljem od 500 godina metodom Medvedeva, na lokaciji zahvata može se očekivati potres od VII° prema MCS skali.

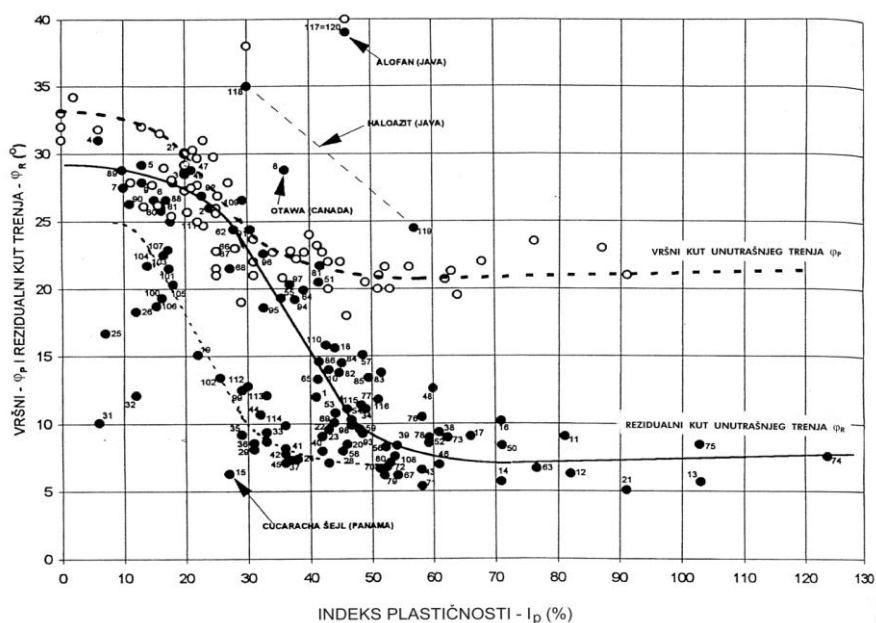
Na slici 8.11. krivulja  $I_c = I_c(N)^*$  konstruirana je prema podacima iz "SoilMechanicsinFoundationEngineering" (Wilun i K. Starzevski), a krivulja  $M_v = M_v(I_c)^{**}$  prema pravilniku, "Sl. list 34/74, čl.99. Dobiveni indeksi konzistencije ( $I_c$ ) u laboratoriju iznose veći od 0,85 što prema slici 5 prezentira koherentni materijal krute plastičnosti. Prema slici 8.11 vrijednosti dobivene na terenu "IN SITU" za N (SPP) odgovaraju vrijednostima indeksa konzistencije ( $I_c$ ) koji su dobiveni u laboratoriju. Na temelju broja udaraca standardnog penetracijskog pokusa koji rezultira podatkom N (broj udaraca za prodor šiljka/noža za jednu stopu) s vrijednostima oko 10. Mogući su i manji proslojci na kontaktima slojeva koji čine i kliznu plohu s smanjenom konzistencijom i smanjenom čvrstoćom.



**Slika 8.11:** Geomehaničke korelacije za ocjenu karakterističnih parametara koherentnih vrsta tla

**Tablica 8.1:** Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava koherentnog tla

Konzistentno stanje	1.1.1.1.1.1.1.1.1	$q_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	1.1.1.1.1.1.1.1.1 1.1.1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1.1.1 1.1.1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.1.1.1.7 TERENSKA IDENTIFIKACIJA	
ŽITKO	< 2	< 25	< 300	< 12.5	< 0	može se lako utisnuti šaka	
Lako	GNJEČIVO	2 - 4	25 - 50	200 - 600	12.5 - 25	0 - 0.33	može se lako utisnuti palac, može se valjati
Srednje		4 - 8	50 - 100	500 - 1500	25 - 50	0.33 - 0.66	palac se može utisnuti laganim pritiskom može se valjati u valjčić $\phi < 3$ mm
Teško		8 - 15	100 - 200	1200 - 10000	50 - 100	0.66 - 1.0	može se ostaviti otisak palca samo uz snažan pritisak na granici mogućnosti valjanja do $\phi 3$ mm a da se ne drobi
ČVRSTO	15 - 30	200 - 400	5000 - 20000	100 - 200	1 do $\frac{w_L - w_S}{I_P}$	može se lako zarezati noktom drobi se kod $\phi 3$ mm ali se može prignječiti	
KRUTO	> 30	> 400	> 20000	> 200	$> \frac{w_L - w_S}{I_P}$	teško se zarezuje noktom gnječanjem se mrviti	



**Slika 8.12:** Korelacija vršnog i rezidualnog kuta trenja s indeksom plastičnosti prirodnih materijala (Ortolan / Mihalinec, 1998.)

Analizom dobivenih podataka iz laboratorija i empirijskim korelacijama preko podatka broja udaraca SPT, za izradu geostatičkog proračuna usvojeni su slijedeći parametri temeljnog tla:

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3, \quad M_v = \text{od } 5 \text{ do } 10 \text{ MN/m}^2, \quad c = 10 \text{ kN/m}^2 \quad \text{i} \quad \phi = 25^\circ.$$

U geotehničkom elaboratu za ocjenu stanja tla u klizištima primijenit će se terenska ispitivanja. Na osnovi rezultata terenskih ispitivanja SPT, krilne sonde (nedrenirana čvrstoća  $c_u$  [kN/m<sup>2</sup>] i penetrometra (jednoosna čvrstoća  $q_u$  [kN/m<sup>2</sup>]) mogu se korelacijski približno i procijeniti ostali geotehnički pokazatelji tla.

Nedrenirana posmična čvrstoća može se izraziti za nekoliko nizova koji se susreću u literaturi:

$$\tau_{fu} = f_1(I_C)$$

$$\tau_{fu} = f_2(q_u)$$

$$\tau_{fu} = f_3(N)$$

**Tablica 8.2:** Veze između konzistentnih stanja materijala i brojčane vrijednosti parametara  $I_C$ ,  $\tau_{fu}$ ,  $q_u$  i  $N$ .

Konzistentno stanje		Nedrenirana posmična čvrstoća $\tau_{fu}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Jednoosna čvrstoća sa slobodnim bočnim širenjem $q_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	SPT $N$ [I]
Opisno	$I_C$ [I]			
Plastično	Vrlo meko	0 do 0,25	0 do 25	0 do 2
	Meko	0,25 do 0,50	25 do 50	2 do 4
	Srednje	0,50 do 0,75	50 do 100	4 do 8
	Kruto	0,75 do 1,00	100 do 200	8 do 15
Polučvrsto	1,00 do $\frac{w_L - w_s}{I_p}$	100 do 200	200 do 400	15 do 30
Čvrsto	$\frac{w_L - w_s}{I_p}$ do $\frac{w_L}{I_p}$	> 200	> 400	> 30



Prema korelacijama iz literature poznavajući granicu tečenja moguće je približno dobiti nedreniranu čvrstoću po izrazu:

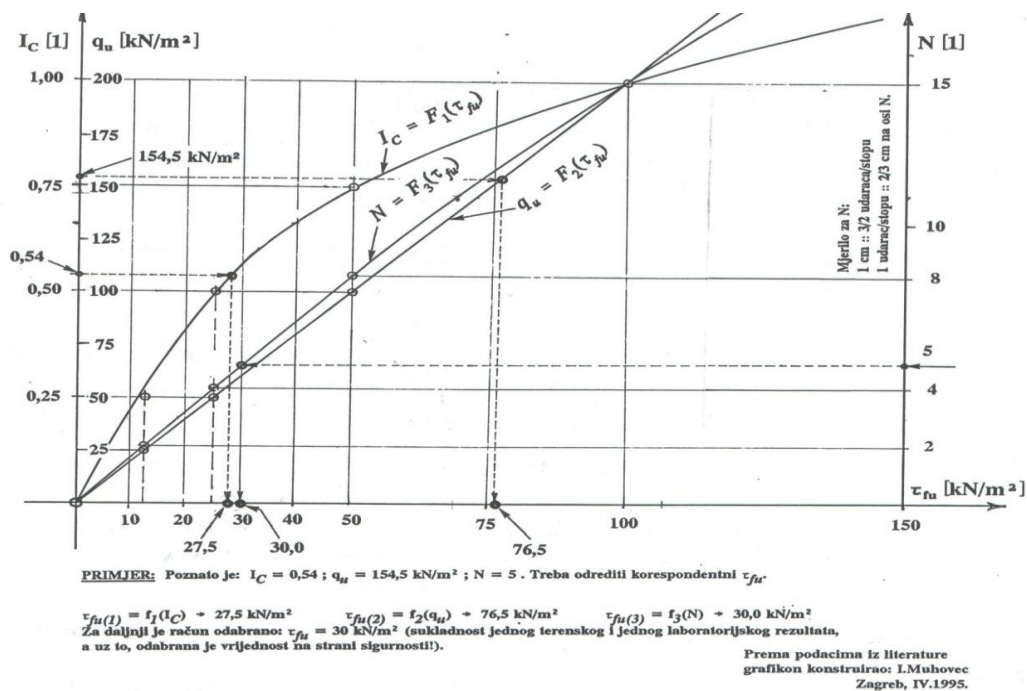
$$c_u \approx 200e^{-4,6I_L}$$

( $I_L$  je granica tečenja).

Odnos nedrenirane čvrstoće  $C_u$  i jednoosne čvrstoće  $Q_u$  je:

$$c_u = q_u/2.$$

Na slici 8 prikazan je dijagram korelacija  $I_C = f_1(\tau_{fu})$ ,  $q_u = f_2(\tau_{fu})$   $N = f_3(\tau_{fu})$



**Slika 8.13:** Korelacijski dijagram  $I_C = f_1(\tau_{fu})$ ,  $q_u = f_2(\tau_{fu})$ ,  $N = f_3(\tau_{fu})$

**Na osnovi terenskih istražnih radova, kao i na osnovi ovih korelacija iz literature, te povratnom analizom proračuna stabilnosti pokosa dobit će se dovoljno pouzdana slika o stanju predmetnog cestovnog klizišta.**

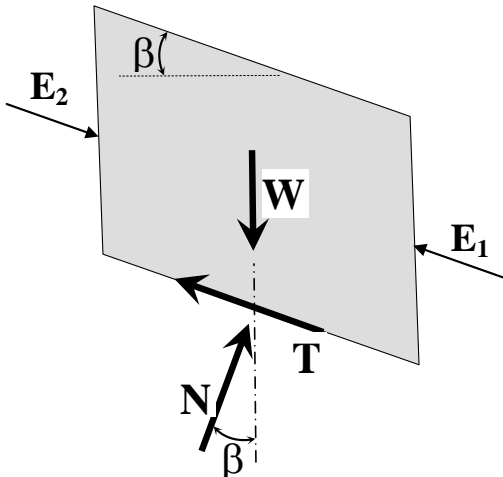


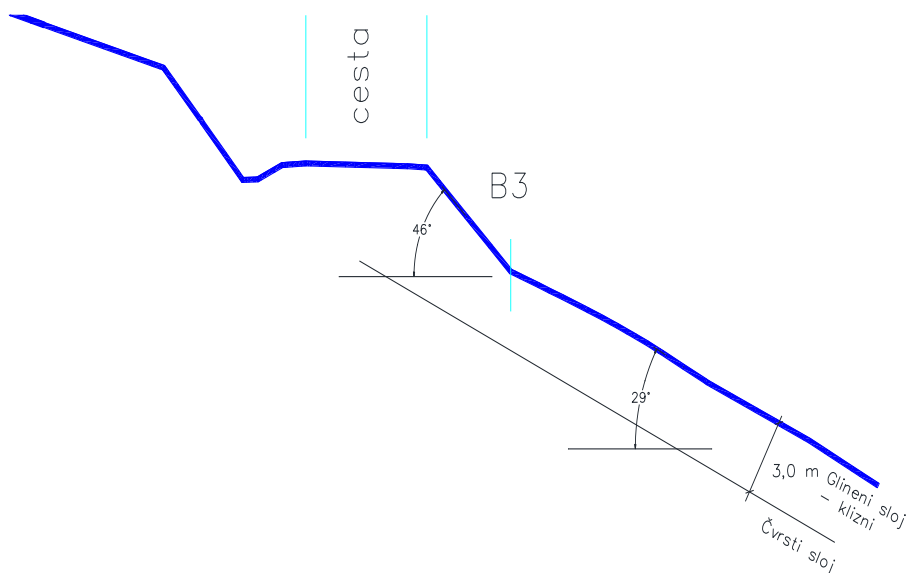
Analizom dobivenih podataka iz laboratorija i empirijskim korelacijama preko podatka broja udaraca SPT, za izradu geostatičkog proračuna usvojeni su slijedeći parametri temeljnog tla:

Obujamska težina:  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ,      Modul stišljivosti:  $M_v = \text{od } 5 \text{ do } 10 \text{ MN/m}^2$ ,  
 Kohezija:  $c = 10 \text{ kN/m}^2$       i      Kut unutrašnjeg trenja:  $\phi = 25^\circ$ .

## 8.6. RAČUNSKE ANALIZE

Za zatečeno stanje tla: pri kojem dolazi do klizanja, s visokom razinom vode i velikim nagibom kosine uz odabrane parametre posmične čvrstoće tla, kut unutaršnjeg trenja tla  $\phi$  i kohezije  $c$ , može se provesti jednostavni proračun stabilnosti:

	$E_1 = E_2$ $N = W \cdot \cos \beta = \gamma \cdot a \cdot z \cdot \cos \beta$ $T = W \cdot \sin \beta = \gamma \cdot a \cdot z \cdot \sin \beta$ $\sigma_N = \frac{N}{a} = \gamma \cdot z \cdot \cos^2 \beta$ $\tau = \frac{T}{a} = \gamma \cdot z \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta$ <p>za koheziju <math>c = 0</math></p> $\tau_f = \sigma_N \cdot \text{tg} \phi$ $F_s = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{\gamma \cdot z \cdot \cos^2 \beta \cdot \text{tg} \phi}{\gamma \cdot z \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} = \frac{\text{tg} \phi}{\text{tg} \beta}$
---	--



**Slika 8.14:** Profil padine; Nagibi kosina

za koheziju  $c > 0$

$$\tau_f = c + \gamma \cdot z \cdot \cos^2 \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{c + \gamma \cdot z \cdot \cos^2 \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\gamma \cdot z \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}$$

Za kosinu bez vodom:  $c = 10 \text{ kN/m}^2$ ;  $\varphi = 25^\circ$ ;  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ;  $\beta = 30^\circ$ ;  $z = 3,0 \text{ m}$

Faktor sigurnosti je:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{10 + 19 \cdot 3 \cdot \cos^2 30 \cdot \operatorname{tg} 25}{19 \cdot 3 \cdot \sin 30 \cdot \cos 30} = 1,212$$

Za kosinu potopljenu s vodom:  $c = 10 \text{ kN/m}^2$ ;  $\varphi = 25^\circ$ ;  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ;  $\beta = 30^\circ$ ;  $z = 3,0 \text{ m}$

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{c + \gamma' \cdot z \cdot \cos^2 \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\gamma \cdot z \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}$$

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{10 + 9 \cdot 3 \cdot \cos^2 30 \cdot \operatorname{tg} 25}{19 \cdot 3 \cdot \sin 30 \cdot \cos 30} = 0,787$$

Zaključak:

Kosina trupa ceste je velikog nagiba  $\beta = 46^\circ$ . Kosina potopljena s vodom ima potpunu nestabilnost. Općenito i generalni kut padine je velikog nagiba koja je dodatno opterećena s trupom ceste. Uz dodatno natapanje s vodom iz neadekvatne odvodnje potpuno je nestabilna. Ispod trupa ceste je duboka uvala. Iz ovoga se zaključuje da nije moguća sanacija nasipavanjem već određenom potpornom konstrukcijom uz prije svega adekvatnu dubinu temeljenja.

### 8.7. PRORAČUN STABILNOSTI POTPORNOG ZIDA

Proračun stabilnosti potpornog zida izvodimo sukladno sljedećim izrazima uz uvedene poznate parametre:

Težine zida:

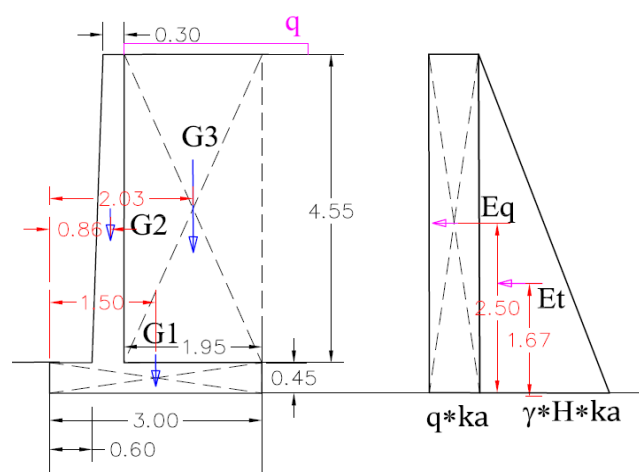
$$G_1 = \gamma_b \cdot V_1 = 25 \cdot 0,45 \cdot 3 = 33,75 \text{ kN}$$

$$G_2 = \gamma_b \cdot V_2 = 25 \cdot 0,375 \cdot 4,55 = 42,66 \text{ kN}$$

$$G_3 = \gamma_b \cdot V_3 = 20 \cdot 1,950 \cdot 4,55 = 177,45 \text{ kN}$$

Aktivna sila na zid od tla:

$$E_{At} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot k_A = \frac{20 \cdot 5^2}{2} \cdot \text{tg}^2(45 - \varphi/2) = 70,68 \text{ kN/m}$$



**Slika 8.15:** Proračun stabilnosti potpornog zida

### Proračuna bez vanjskog opterećenja q:

Faktor sigurnosti na prevrtanje:

$$F_{SP} = \frac{M_o}{M_p} = \frac{G_1 \cdot 1,5 + G_2 \cdot 0,86 + G_3 \cdot 2,0}{E_{At} \cdot 1,67} = \frac{442}{118}$$

$$F_{SP} = 3,75$$

Faktor sigurnosti na klizanje:

$$F_{SP} = \frac{N \cdot \mu}{T} = \frac{(G_1 + G_2 + G_3) \cdot \operatorname{tg} \varphi}{E_{At}} = \frac{135}{71}$$

$$F_{SP} = 1,9$$

### Proračun naprezanja na temeljnoj stopi

Iz prethodnih rezultata mogu se izračunati momenti savijanja oko središnje točke temeljne stopa:

$$\text{Težina zida: Ukupna normalna sila: } N = G_1 + G_2 + G_3 = 254 \text{ kN/m'}$$

$$\text{Naprezanja: } \sigma_{1,2} = N/A \pm M_s/W$$

$$\text{Moment: } M_s = E_t \cdot 1,67 + G_2 \cdot 0,64 - G_3 \cdot 0,53 = 51,28 \text{ kN/m}$$

$$\text{Moment otpora: } W = (B_T^2 \cdot L_{(1m)})/6 = 9/6 = 1,5 \text{ m}^3.$$

$$\text{Naprezanja: } \sigma_1 = 118,81 \text{ kN/m}^2; \quad \sigma_2 = 50,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_1 \approx 119 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 \approx 50 \text{ kN/m}^2$$

### Proračuna sa vanjskim opterećenja q=20 kN/m:

Sila od opterećenja q:

$$G_4 = p \cdot 1,95 = 20 \cdot 1,95 = 39 \text{ kN}$$

Aktivna sila na zid od opterećenja q:

$$E_{Aq} = p \cdot H \cdot k_A = 28,3 \text{ kN/m}$$

Faktor sigurnosti na prevrtanje:

$$F_{SP} = 2,6$$

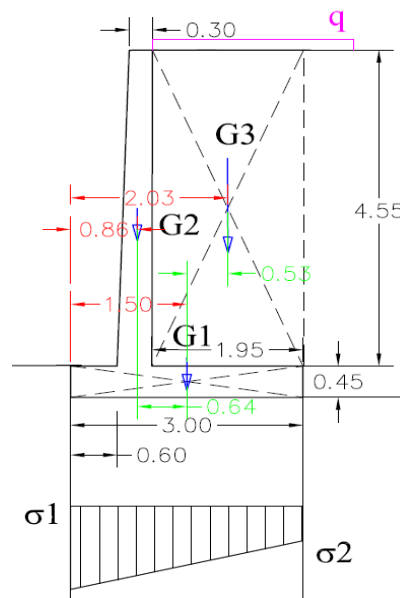
Faktor sigurnosti na klizanje:

$$F_{SP} = 1,6$$

### Proračun naprezanja na temeljnoj stopi

Naprezanja:

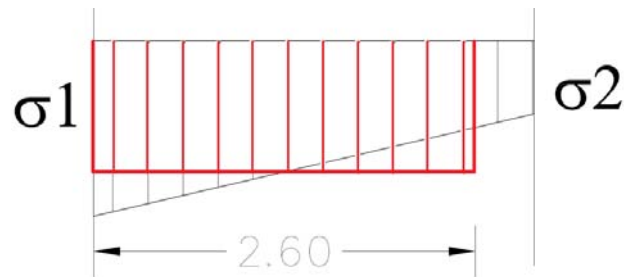
$$\sigma_1 \approx 122 \text{ kN/m}^2; \quad \sigma_2 \approx 72 \text{ kN/m}^2$$



**Slika 8.16:** Proračun naprezanja na stopi

**Ekscentricitet temelja:**  $e = \frac{M_s}{N} = \frac{51,29}{253,86} \approx 0,2 \text{ m}$

**Efektivna širina temelja:**  $B_{ef} = B - 2e; \quad B_{ef} = 3 - 2 \cdot 0,2; \quad B_{ef} = 2,6 \text{ m}$



**Slika 8.17:** Efektivna širina temeljenja

## Nosivost temelja na vrhu kosine i na kosini

### Nosivost temelja na vrhu kosine

Na slici 8.18 visina etaže pokosa je  $H$ , a kut nagiba koji kosina zatvara sa horizontalom je  $\beta$ . Rub temelja se nalazi na udaljenosti  $b$  od vrha kosine. Kod graničnog opterećenja  $q_u$  ploha sloma će biti kao što prikazano na slici 8.18.

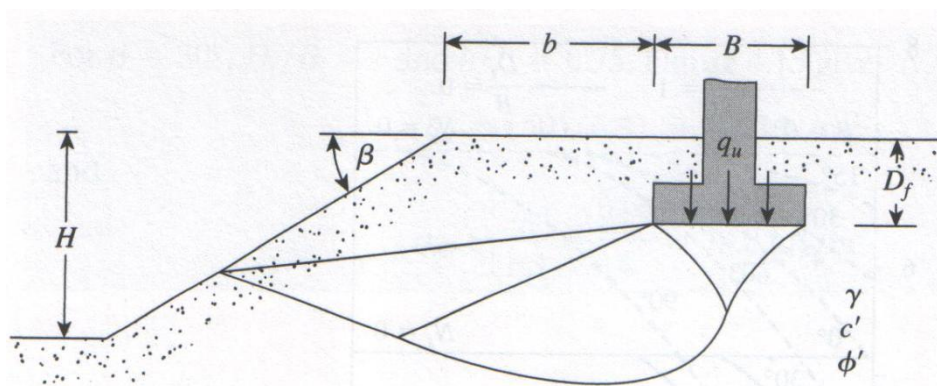
Meyerhof 1957. godine pokazao je da granična nosivost za kontinuirane temelje se može izraziti slijedećom teoretskom jednadžbom:

$$q_u = c' N_{cq} + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \quad (1)$$

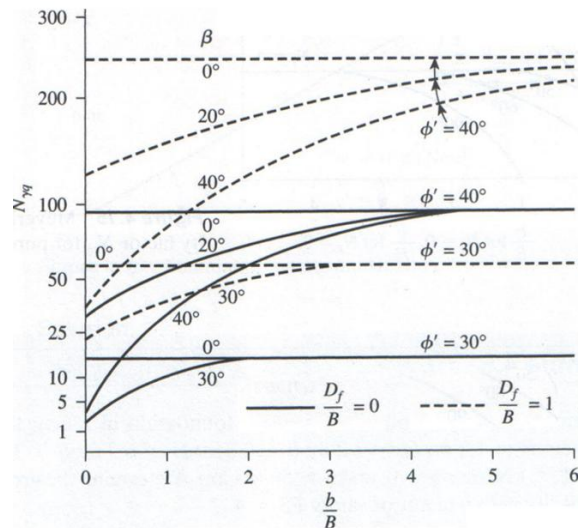
Za nekoherentna tla ( $c' = 0$ ), izraz poprima oblik:  $q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \quad (2)$

Za potpuno koherentna tla  $\phi = 0$  (za nederenirane uvjete) slijedi:  $q_u = c_u N_{cq} \quad (3)$

gdje je  $c_u$  - nederenirana kohezija.



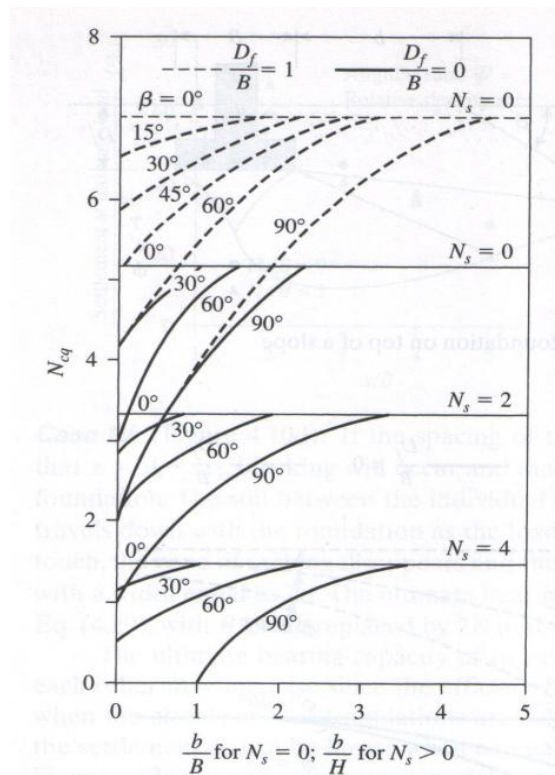
**Slika 8.18:** Plitki temelj na vrhu kosine



**Slika 8.1:** Meyerhof-ov faktor nosivosti za nekoherentna tla  $N_{\gamma q}$  ( $c' = 0$ )

Promjena faktorima  $N_q$  i  $N_{cq}$  koja je dana jednadžbama (1) i (2) prikazana je dijagramima na slikama 2 i 3. Za izračun faktora  $N_{cq}$  po jednadžbi (3) kao što je to prikazano na dijagramu na slici 3, moramo uzeti u obzir slijedeće uvijete:

1. Omjer:  $N_s = \frac{\gamma H}{c}$  (4) definiran je kao broj stabilnosti
2. Ako je  $B < H$ , na dijagramu treba gledati krivulje za koje vrijedi da je  $N_s = 0$ .
3. Ako je  $B \geq H$ , na dijagramu treba gledati krivulje za izračunati broj stabilnosti  $N_s$ .



**Slika 8.20:** Meyerhofov faktor nosivosti  $N_{cq}$  za potpuno koherentna tla





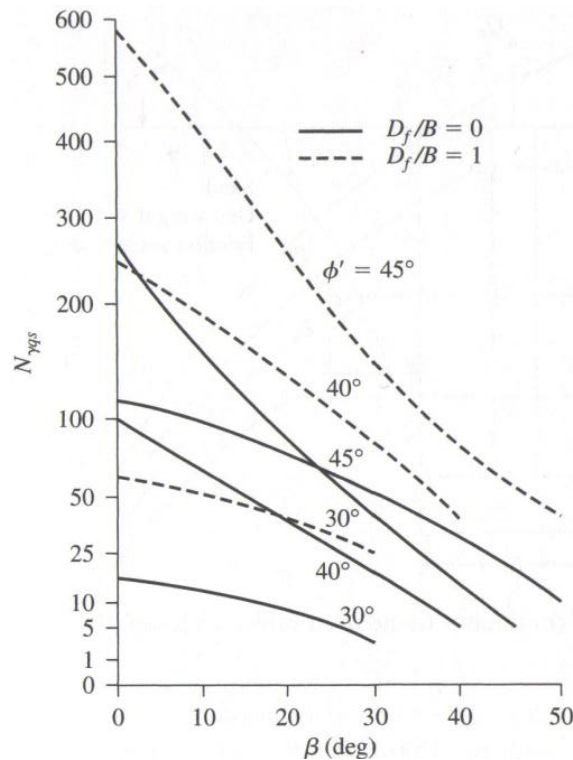
Prema gore navedenom rješenju, granična nosivost temelja se može napisati pomoću jednadžbe:

$$q_u = cN_{cqs} \text{ (za potpuno koherentna tla, } \varphi = 0 \text{)}$$

i

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma qs} \text{ (za nekoherentno tlo, } c' = 0 \text{)}$$

Promjena faktora  $N_{cqs}$  i  $N_{\gamma qs}$  u odnosu na kut nagiba kosine  $\beta$  prikazana je na dijagramima na slikama 5. i 6.



**Slika 8.23:** Promjena faktora  $N_{qs}$  u odnosu na kut

Zaključak:

Na osnovi gornjeg izraza i dijagrama uz faktor sigurnosti  $F_s=3$ , procijenjeno dopušteno naprezanje na kontaktu stope zida i tla je cca 300 kN/m<sup>2</sup>, a stvarno naprezanje je cca 100 kN/m<sup>2</sup>. U dubljim slojevima je i čvršća stijena pa se može zaključiti da je nosivost još veća.

S obzirom na nagib i debljine slojeva koji su neravnomjerni, a da se izbjegnu i najmanja puzanja, preporučljivo je prije izgradnje potpornog zida ugraditi mikropilote na vanjskoj strani zida.

## 8.8. PRORAČUN ARMATURE :

### Moment:

$$M_s = E_q \cdot 2,05 + E_t \cdot 1,22$$

$$M_s = 28,3 \cdot 2,05 + 70,68 \cdot 1,22$$

$$M_s = 216,4 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Beton: } f_{ck} = 25 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Armatura: } f_{yk} = 500 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Beton: } f_{cd} = 25/1,5 = 16,7 \text{ MN/m}^2$$

### Armatura:

$$f_{yd} = 500/1,15 = 434,8 \text{ MN/m}^2$$

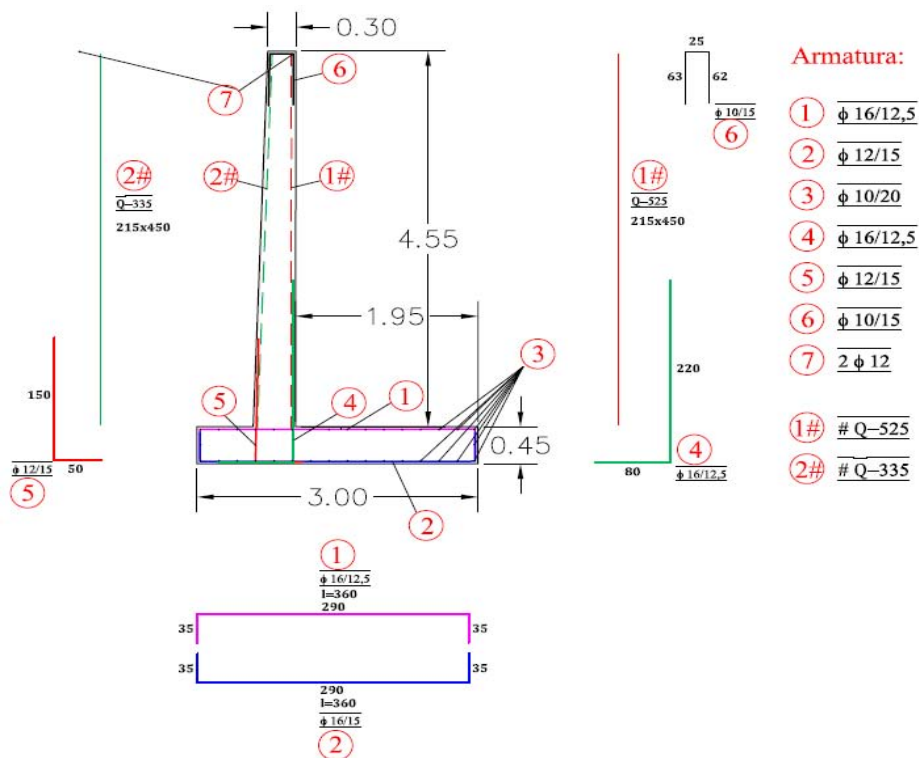
$$\mu_d = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{21640}{100 \cdot 4^2 \cdot 16,7} = 0,081$$

$$\varepsilon = 0,94.$$

### Potrebna armatura:

$$A_a = \frac{M_{sd}}{\varepsilon \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{21640}{0,94 \cdot 40 \cdot 434,8} = 13,24 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano:  $\varnothing 16/12,5$



Slika 8.24: Tehničko rješenje potporne konstrukcije AB zida – Prilog P7



## **8.10. TEHNIČKOG RJEŠENJE POVEĆANJA NOSIVOSTI RUBNOG DIJELA POTPORNE KONSTRUKCIJE**

### *8.10.1. CIJEVNI MIKROPILOTI*

Faze radova:

Bušenje i umetanje mikropilotske zašiljene cijevi promjera 4 do 5 cola je vrlo jednostavno.

Djelotvorna mjera je injekcijski zahvat koncipiran tako da se postigne injekcijsko prednaprezanje kontaktne zone između pilota i okolnog tla.

Brtvi se prstenasti međuprostor između cijevi i okolnog tla na segmentu duljine 1 do 2 m ispod površine terena. Kada se brtva uspostavi, prelazi se na pripremu i izvođenje injekcijskog zahvata.

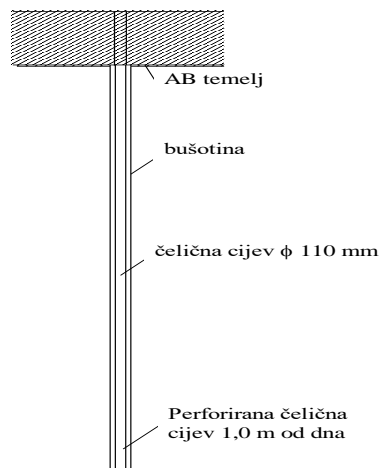
Navedeni efekt ima pozitivan utjecaj na nosivost pilota s dva aspekta:

Stvrdnuta injekcijska smjesa izložena je uvećanom tlačnom prostornom naprezanju (prednaprezanju) što joj povećava otpornost na rascjep. Tlo oko konture mjehura nalazi se u povišenom stanju kompresije, što ima za posljedicu smanjenje poroziteta, a time i smanjenje deformabilnosti, što znači i povećanje nosivosti.

Koncepcija mikropilotiranja (ugrađena čelična cijev kroz koju se naknadno provodi injekcijski zahvat) može u mnogim situacijama predstavljati brzo, jeftino i efikasno rješenje.

Faze radova:

- Bušenje bušotina promjera od 150 do 200 mm,
- Umetanje perforiranih čeličnih cijevi dužine 6,00 m promjera 101 mm, debljine stijenke 4 mm,
- ugradnja brtve između čelične cijevi i stijenke bušotine, te ugradnja gumenog pakera,
- injektiranje cementnom suspenzijom pod tlakom.



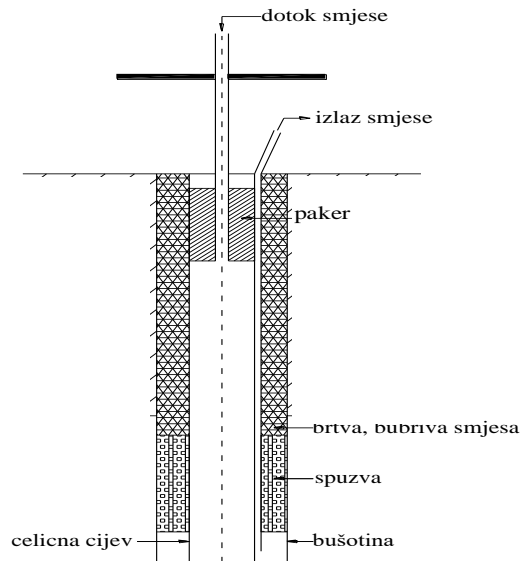
**Slika 8.26:** Skica temelj, bušotina, čelična cijev



**Slika 8.27:** Perforiranje čelične cijevi 1,0 m od vrha cijevi



**Slika 8.28:** Brtva sa spojem čelične i okiten cijevi



**Slika 8.29:** Presjek bušotine s namještenim cijevima i pakerom

Nakon postavljanja cijevi i završetka brtvljenja pristupa se izradi injekcijske smjese te ostalim radovima neophodnim za rad na injekcijskom zahvatu.

Nakon postavljanja pakera i postavljanja brtve utiskuje se injekcijska smjesa pod pažljivo prilagođenim radnim tlakom. Pod tim tlakom injekcijska smjesa izlazi iz cijevi (kroz perforacije), no zbog velike gustoće (a time i znatne viskoznosti) injekcijska se smjesa kao utisnuti fluid ne može širiti u okolno tlo.

Za uspješnu izvedbu mikropilota značajnu ulogu ima injekcijska smjesa, točnije sastav injekcijske smjese te gustoća  $\rho$  koja ovisi o vodocementnom faktoru, tj. omjeru miješanja vode i cementa  $V/C$ . Kod injekcijskih smjesa primjenjuje se  $V/C$  od 0,40 pa na više.

Zbog kapaciteta opreme u kojoj se miješa injekcijska smjesa poželjno je znati količine ostalih tvari na 100 kg suhe tvari.

**Tablica 8.3:** Sastav i svojstva injekcijske smjese na 100 kg suhe tvari cementa

Vrsta tvari	Masa [kg]	Specifična gustoća $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	Obujamska količina [litara]
Voda	42	1,0	42
Dodatak za bubrenje	0,50	3,0	0,17
Cement	100	3,05	33

### 8.10.2. PRIKAZ REZULTATA SANIRANOG KLIZIŠTA

Tehnički pregled sanacije klizišta obavljen je u svrhu utvrđivanja izgrađenosti građevine u skladu s građevinskom dozvolom, odnosno u ovom slučaju u skladu s glavnim projektom za građevinu koja se može graditi ili radove koji se mogu izvoditi na temelju glavnog projekta.

Rezultati provedbe i prihvatljivosti svih rješenja proizišlih iz Glavnog projekta vidljivi su na slikama 8.30 do 8.33. Na slici 8.30 vidljivo je rješenje površinske odvodnje izvedeno sukladno projektnom rješenju iz priloga P9-2 tj., poprečnog profila broj 2 (P2) te prilog P12 u kojem se grafički opisuju detalji polegnutog i uspravnog rubnjaka.



**Slika 8.30:** Sustav odvodnje površinskih voda (rigol s rubnjakom)

Izvedba potpornog zida u njegovom gornjem dijelu vidljiva je na slici 8.31. Izvedba potpornog zida izvedena je sukladno rješenju iz Glavnog projekta po prilogu G5 koji opisuje detalje u presjeku trupa ceste.





**Slika 8.31:** Izvedeno stanje potpornog zida

Izvedba završnog sloja kolničke konstrukcije (asfalt), prikazan na slici 8.32, izvedena je sukladno rješenjima iz Glavnog projekta koji su grafički opisani u prilogu P7-1 (normalni poprečni profil). Debljina pojedinih slojeva kolničke konstrukcije utvrđuje se naknadnim uzimanjem uzoraka postupkom bušenja kroz tehnički pregled građevine.



**Slika 8.32:** Izvedeno stanje kolničke konstrukcij



Obzirom da se potponi zid prometnice na mjestu nastalog klizišta nalazi na pokosu dubljem od 3. metra postavljena je zaštitna ograda sukladno rješenju opisanom kroz grafički prilog P15-1 (detalj zaštitne ograde na građevini potpornog zida) iz Glavnog porijekta, slika 8. 33.

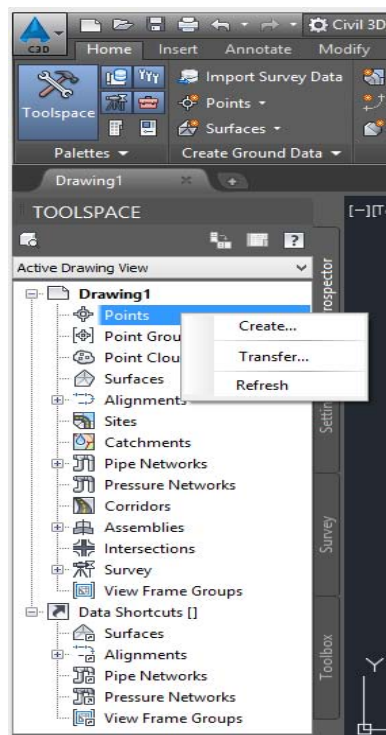


**Slika 8.33:** Detalj zaštitne ograde - H2 iz priloga P15-1

## 9. PLATEIA

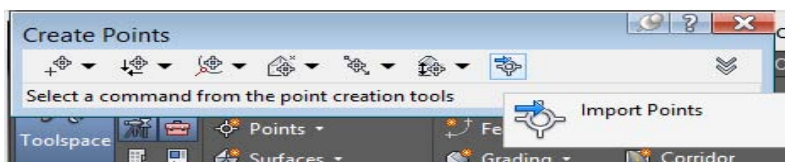
Plateia je programski paket namijenjen projektiranju i rekonstrukciji prometnica. Projektantu nudi velik broj naredbi, od jednostavnih do vrlo složenih, od početnog unosa točaka do ispisa ili kreiranja 3D modela, koji se dalje mogu koristiti za razne analize. Plateia projektantima pomaže u pripremi nacрта i tehničke dokumentacije, uključujući i izračun masa. 3D model projektantima daje mogućnost provođenja raznih analiza, kao što su zavojne krivulje, krivulje vidljivosti, kao i odvodnja vode s prometnica. Plateia radi na nekoliko CAD platformi, međutim u kombinaciji s programom AutoCAD Civil 3D, povećava se iskoristivost oba programska paketa. Plateia se koristi za sve vrste projektiranja prometnica svih vrsta i u svim fazama projektiranja: projektiranje prometnica svih kategorija, rekonstrukcije prometnica, zemljane radove itd. (URL 9)

Prije samog rada u Platei potrebno je kreirati digitalni model terena (DMT). Možemo učitati gotov DMT ili ga izraditi učitavajući koordinate snimljenih točaka. U ovom radu točke su snimljene GPS-om i pomoću njih je izrađen DMT. Točke smo učitali u program AutoCad Civil 3D. U alatnoj traci „ToolSpace“ biramo „Pointst“, a zatim desnim klikom misa opciju „Create“ (slika 9.1).

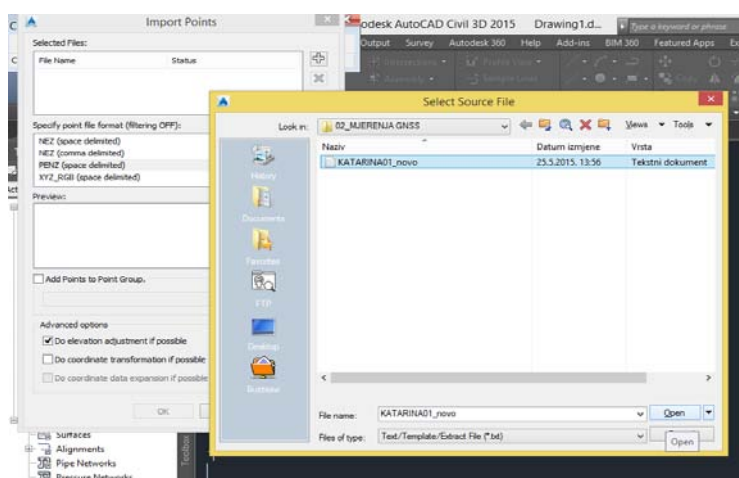


**Slika 9.1:** Učitavanje točaka za izradu digitalnog modela

Kad kliknemo na „Create“ otvara nam se nova alatna traka gdje biramo „Import points“ (slika 9.2). Kada kliknemo na „Import points“ biramo format zapisa „PENZ“ (Spacedelimited) i dodamo datoteku klikom na „Add file“. Sve potvrdimo klikom na „OK“ (slika 9.3).

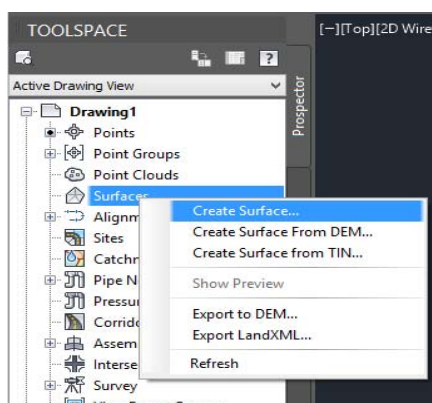


**Slika 9.2:** Učitavanje točaka



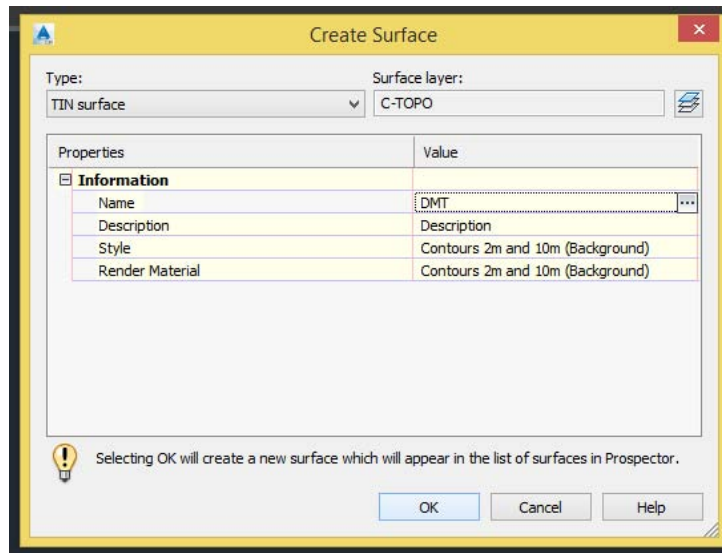
**Slika 9.3:** Učitavanje točaka za DMT

U sljedećem koraku vraćamo se ponovno na izbornik „Toolspace“ pa iz učitanih koordinata kreiramo površinu terena. Desnim klikom na „Surface“, odaberemo „Createsurface“ (slika 9.4).

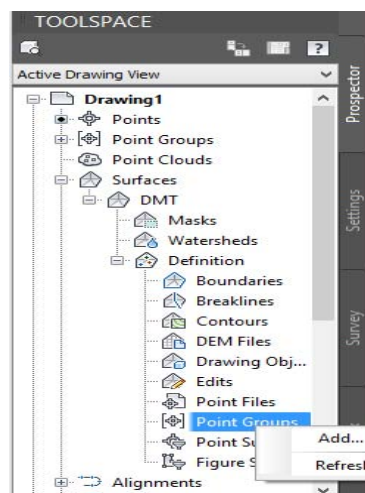


**Slika 9.4:** Kreiranje površine terena

Klikom na „Createsurface“ otvara se izbornik gdje zadajemo ime svom DMT-u (slika 9.5) i izabiremo „TIN surface“. Potvrdimo sa „OK“. Nakon ovog postupka u izborniku „Surface“ otvara se podizbornik s imenom modela (DMT), a u njemu podizbornik „Definition“ u kojem biramo „Pointgroups“. Desim klikom misa na „Pointgrups“ otvara se izbornik i biramo „ADD“ (slika 9.6).

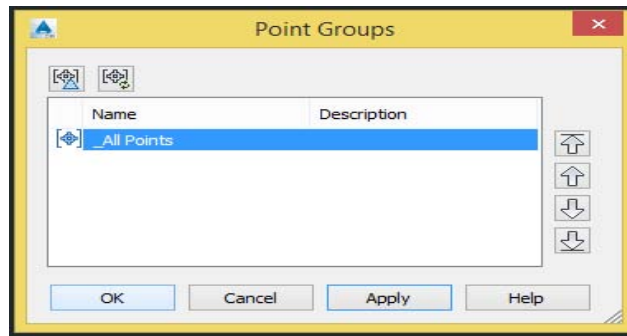


**Slika 9.5:** Definiranje parametara

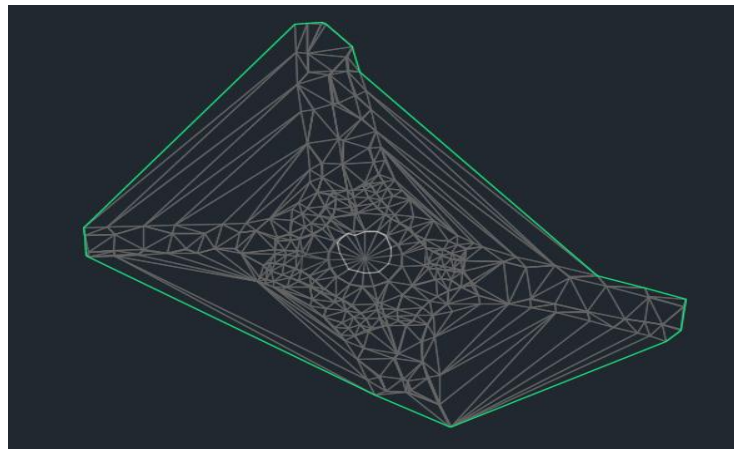


**Slika 9.6:** Dodavanje učitanih točaka

Nakon klika na „ADD“ otvara se novi prozor u kojem biramo „All points“ i potvrdimo sa „Applly“ ili „OK“ (slika 9.7). Rezultat je (slika 9.8).

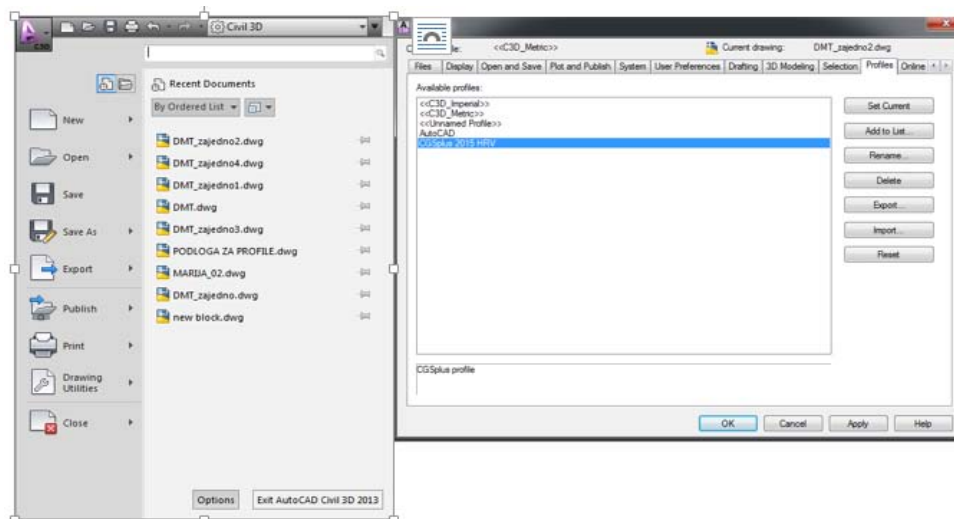


**Slika 9.7:** Dodavanje učitanih točaka



**Slika 9.8:** Digitalni model terena

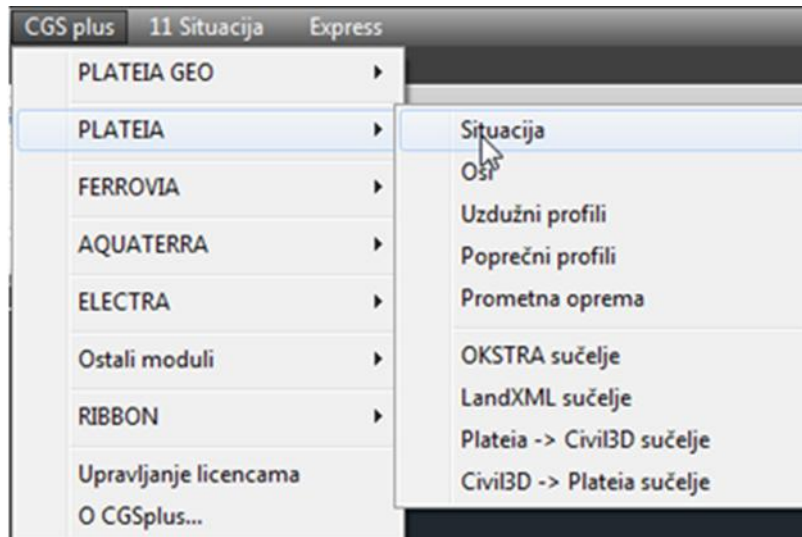
Slijedeći korak je prijelaz iz AutoCada Civil 3D u Platei-u. U AutoCad-u Civil 3D odaberemo „Glavni izbornik“, zatim opciju „Options“ i u otvorenom prozoru odaberemo „Plateia“ i potvrdimo sa „OK“ (Slika 9.9).



**Slika 9.9:** Prijelaz iz AutoCad-a Civil 3D u Plateu

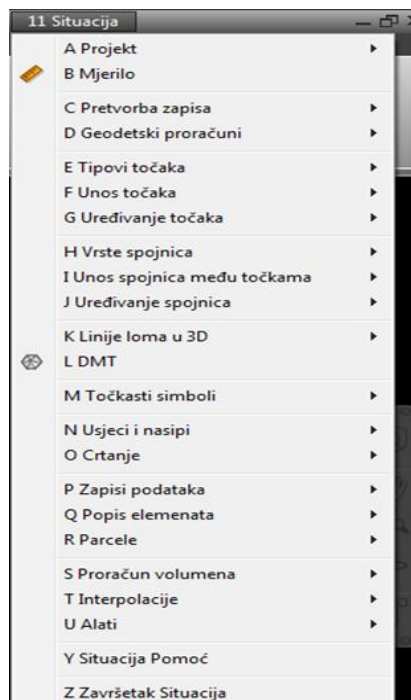
## 9.1. MODUL „SITUACIJA“

U Platei odabiremo linijski izbornik „CGS Plus“, u padajućem izborniku biramo „Plateia“, te biramo modul „Situacija“ (slika 9.10).



**Slika 9.10:** CGS izbornik

U modulu „Situacija“ definiramo mjerilo i novi projekt (slika 9.11).

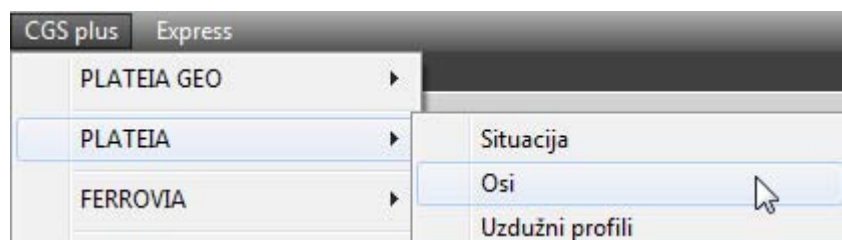


**Slika 9.11:** Modul „Situacija“

## 9.2. MODUL „OSI“

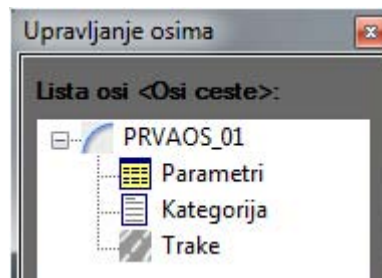
Modul Osi programa Plateia je namijenjen projektiranju osi cesta, ali se s njim mogu projektirati i osi željeznica, vodotoka i slično. Modul Osi omogućuje interaktivno ili paketno projektiranje horizontalnih elemenata uzdužne osi te jednostavnu manipulaciju s njima. Pomoćni elementi - tangente i kružnice su konstrukcijski elementi za projektiranje uzdužne osi ceste. Glavni elementi uzdužne osi - pravci, kružni lukovi, prijelaznice i djelomične prijelaznice, postavljeni usmislenom rasporedu, definiraju uzdužnu os ceste. *(Korisnički priručnik, Studio Ars)*

U linijskom izborniku biramo „CGS Plus“ i u padajućem odabiremo modul „Osi“ (slika 9.12).



**Slika 9.12:** Modul „Osi“

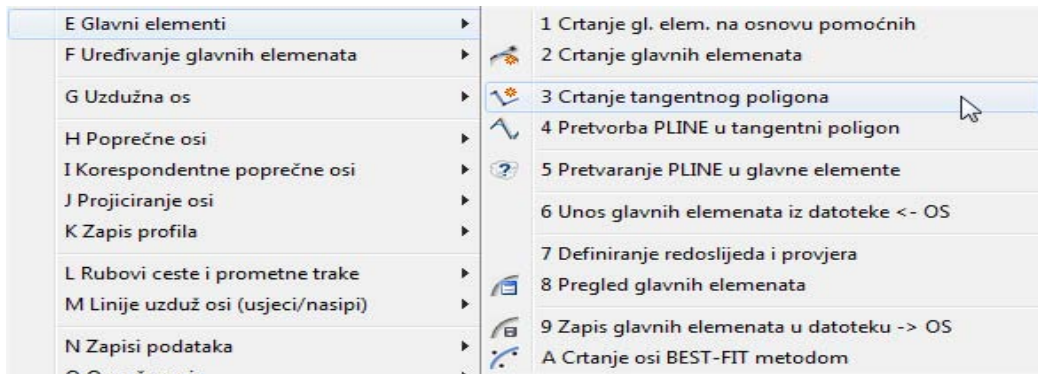
Nakon što smo odabrali modul „Osi“ biramo „Upravljanje osima“ (slika 9.13). Definiramo novu os, kategoriju prometnice, parametre, teren i broj prometnih trakova.



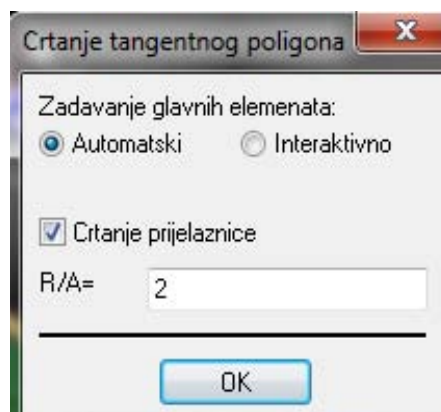
**Slika 9.13:** Upravljanje osima



Započinjemo sa crtanjem osi prometnice. Prometnicu crtamo pomoću „Glavnih elemenata“. U izborniku „Glavni elementi“ biramo „Crtanje tangentsnog poligona“ (slika 9.14). Nakon odabira „Crtanje tangentsnog poligona“ otvara nam se prozor u kojem zadajemo glavne elemente i zadajemo omjer radijusa i parametara prijelaznice (slika 9.15).



**Slika 9.14:** Glavni elementi



**Slika 9.15:** Crtanje tangentsnog poligona





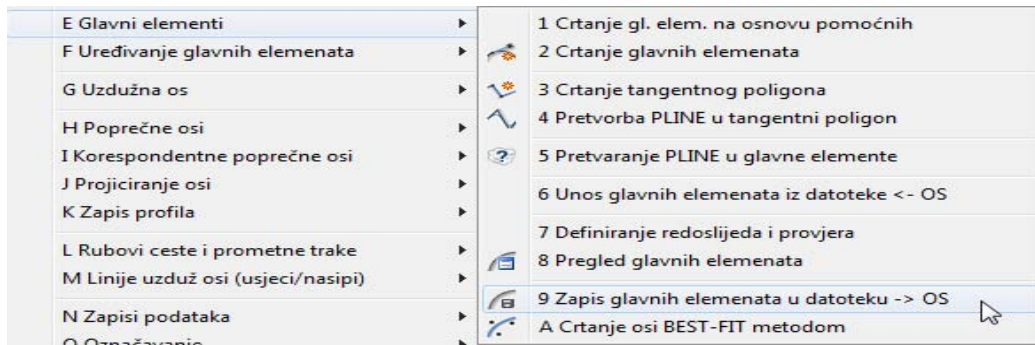
**Slika 9.16:** Tangentni poligon

Ukoliko nismo zadovoljni s nacrtanim tangentnim poligonom to možemo ispraviti izborom „Uređivanje glavnih elemenata“. Odabirom „Uređivanje glavnih elemenata“ otvara nam se padajući izbornik i odabiremo opciju koja nam treba. Nakon uređivanja poligona rješavamo estetske zahtjeve prometnice, te parametre koji moraju biti zadovoljeni (slika 9.17).

F Uređivanje glavnih elemenata	▶	1 Crtanje tangentnog poligona na osnovi gl. elem.
G Uzdužna os	▶	2 Uređivanje gl. elem. u čvorovima tang. poligona
H Poprečne osi	▶	3 Premještanje čvora tangentnog poligona
I Korespondentne poprečne osi	▶	4 Paralelno premještanje tangentnog poligona
J Projiciranje osi	▶	5 Brisanje čvora tangentnog poligona
K Zapis profila	▶	6 Dodavanje čvora
L Rubovi ceste i prometne trake	▶	7 Osvežavanje oznaka glavnih elemenata
M Linije uzduž osi (usjeci/nasipi)	▶	8 Crtanje oznaka stacionaža u glavnim točkama
N Zapis podataka	▶	8A Premještanje tablica tangentnog poligona
O Označavanje	▶	9 Zadanje novog imena osi glavnim elementima
P 3D model ceste	▶	A Brisanje tangentnog poligona i glavnih elemenata

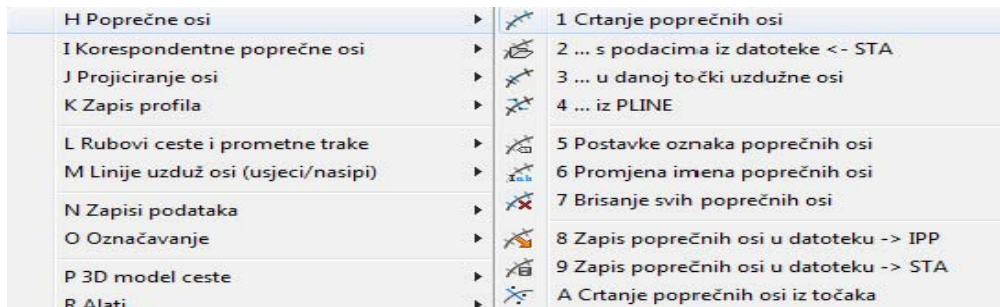
**Slika 9.17:** Uređivanje glavnih elemenata

Kada završimo s uređivanjem potrebno je zapisati glavne elemente (slika 9.18).



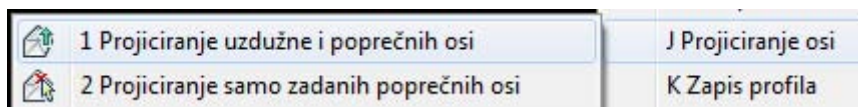
**Slika 9.18:** Zapis glavnih elemenata

Sljedeći korak je u izborniku „Poprečne osi“ je „Crtanje poprečnih osi“. Nakon što ih je program nacrtao moramo zapisati poprečne osi (slika 9.19).



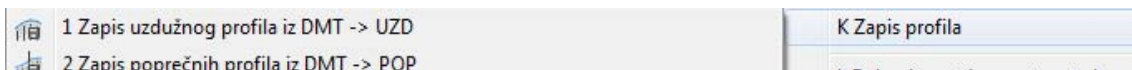
**Slika 9.19:** Crtanje i zapis poprečnih osi

Nakon crtanja poprečnih osi biramo „Projciranje osi“ u čijem izborniku biramo „Projciranje uzdužne i svih poprečnih osi“ (slika 9.20).



**Slika 9.20:** Projciranje osi

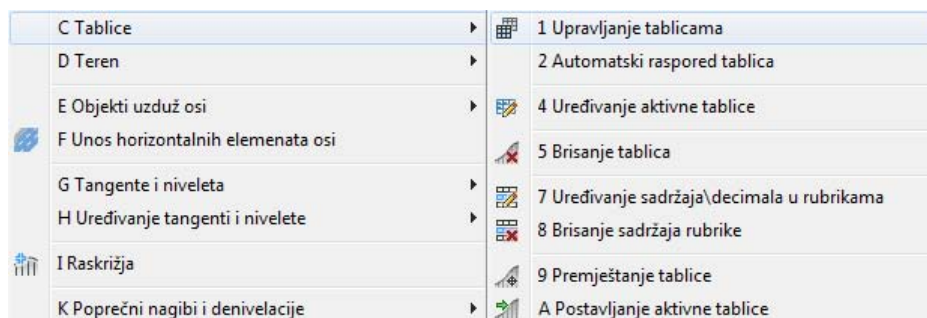
Zadnji korak je zapis profila, prvo zapisujemo uzdužne a zatim poprečne profile i s time i prelazimo na module uzdužni i poprečni profili (slika 9.21).



**Slika 9.21:** Zapis profila

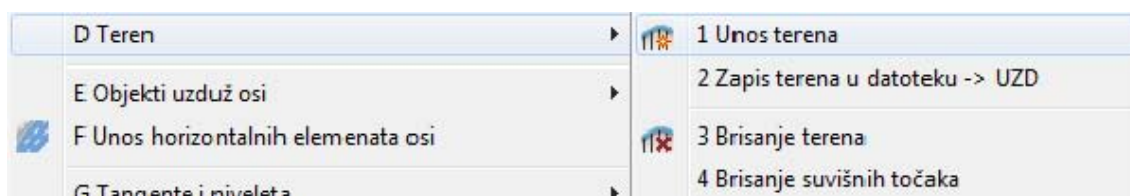
### 9.3. MODUL „UZDUŽNI PROFIL“

U padajućem izborniku „CGS plus“ biramo „Plateia“. Kad nam se otvori padajući izbornik biramo modul „Uzdužni profil“. U modulu „Uzdužni profili“ prva opcija koju koristimo su „Tablice“ (slika 9.22).



**Slika 9.22:** Upravljanje tablicama

Sljedeći korak je unos terena, u nacrtu uzdužnog profila se s naredbom „Unos terena“ nacrtava glavna linija terena i proizvoljan broj dodatnih linija terena, koje mogu predstavljati rubove postojeće ceste. Nakon unosa terena isti moramo i zapisati, a to radimo na način da u podizborniku od „Teren“ odabiremo „Zapis terena u datoteku → UZD“ (slika 9.23).



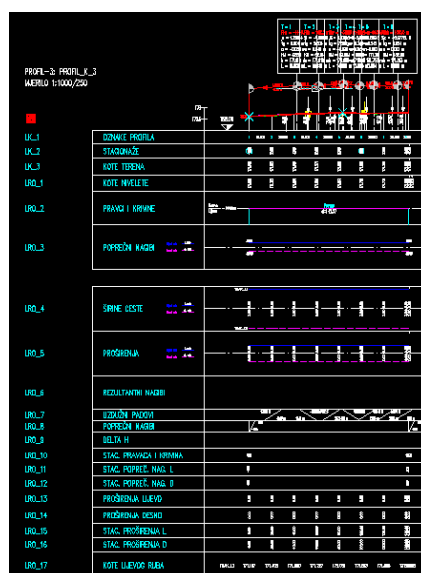
**Slika 9.23:** Unos i zapis terena

Nakon terena u modulu „Uzdužni profili“ odabiremo izbornik „Tangente i nivelete“ i otvara nam se podizbornik u kojem odabiremo „Crtanje tangenti i nivelete“, za vrijeme iscrtavanja moramo paziti da nam s [%], ne prelazi 12 %.

Nakon crtanja tangenti i niveleta moramo izvršiti zapis istih tako da u podizborniku odabiremo „Zapis tangenti i nivelete u datoteku → TAN“, (slika 9.24).

G Tangente i niveleta	1 Crtanje tangenti i nivelete
H Uređivanje tangenti i nivelete	2 Unos tangenti i nivelete iz datoteke <- TAN
I Raskrižja	3 Pretvaranje PLINE u tangentu
K Poprečni nagibi i denivelacije	4 Postavke tabeliranja
M Tabeliranje prometnih traka i rubova ceste	5 Definiranje granica za bojanje usjeka/nasipa
N Zapis uzdužnog profila -> UP	6 Brisanje tangenti i nivelete
O Rekonstrukcije	7 Zapis tangenti i nivelete u datoteku -> TAN

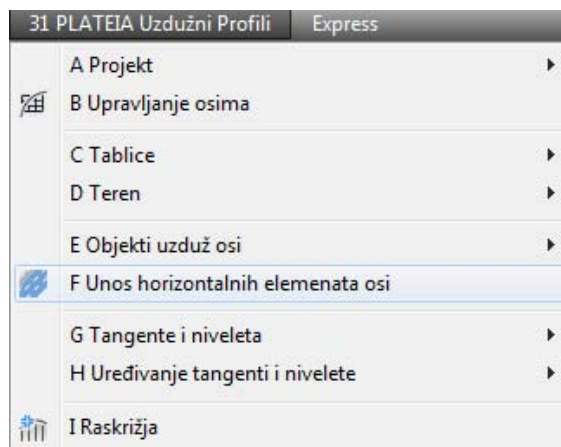
**Slika 9.24:** Crtanje tangenti i nivelete



**Slika 9.25:** Unešeni teren

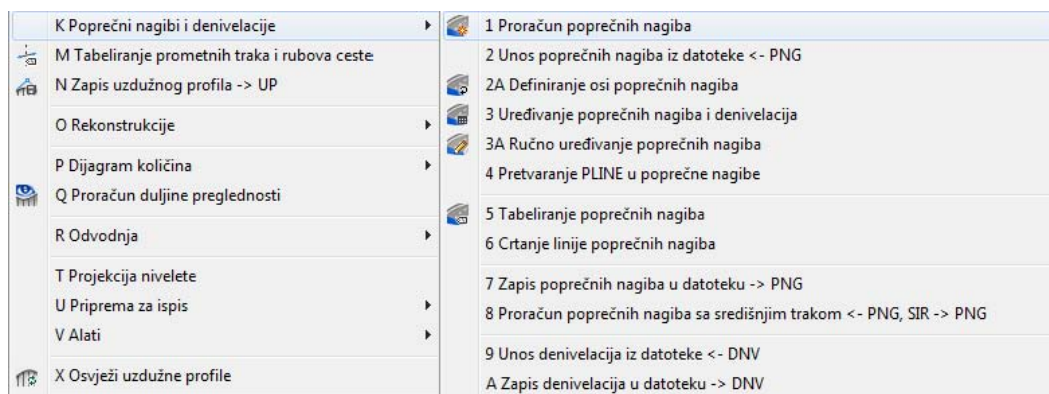
Nakon prethodnih koraka kako bi dobili vrijednosti u tablici potrebno je osvježiti uzdužne profile, tako da u modulu „Uzdužni profili“ odabiremo „Osvježi uzdužne profile“.

Sljedeći korak je unos horizontalnih elemenata. Odabirom na modul „Uzdužni profili“, „Unos horizontalnih elemenata“ (slika 9.25).



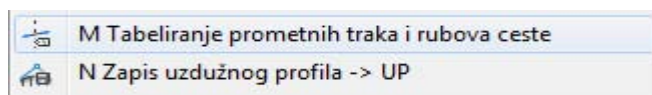
**Slika 9.26:** Unos horizontalnih elemenata

Nakon unosa pravaca i krivina obično se obrađuju poprečni nagibi ceste. Poprečne nagibe program može izračunati po važećim propisima (dijagrami radijus / brzina / poprečni nagib) ili ih pak već pripremljene odnosno proračunate učita iz datoteke tipa PNG. U izborniku biramo „Poprečni nagibi i denivelacije“, a zatim naredbe: „Proračun i unos poprečnih nagiba“ za proračun jednostranih i dvostranih poprečnih nagiba, „Zapis poprečnih nagiba iz datoteke“->PNG za zapis i čitanje poprečnih nagiba iz datoteke (slika 9.27).



**Slika 9.27:** Poprečni nagibi i denivelacije

Zadnji korak u ovom modulu je „Zapis uzdužnih profila→UP“ i „Tabeliranje prometnih traka i rubova ceste“ (slika 9.28).

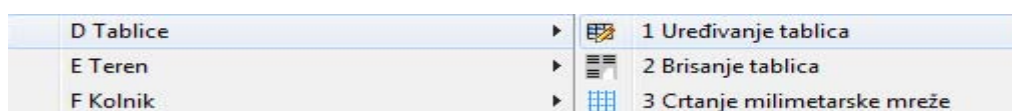


**Slika 9.28:** Tabeliranje i zapis profila

#### 9.4. MODUL „POPREČNI PROFIL“

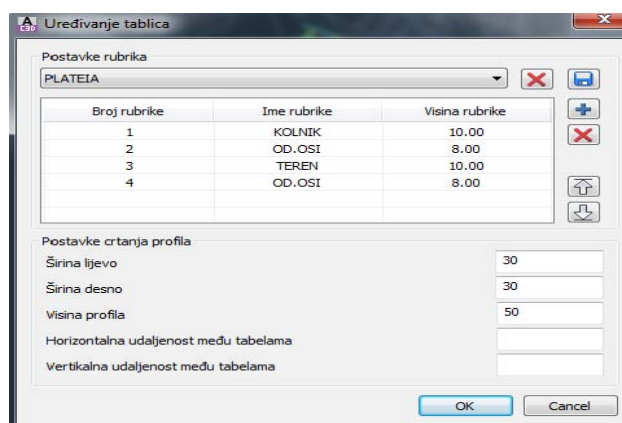
Nakon uzdužnih profila prelazimo na poprečne profile, tako da u izborniku „CGS plus“ odabiremo „Plateia“ → „Poprečni profili“.

Kad smo odabrali poprečne profile odabiremo izbornik: „Tablice“, te u podizborniku „Uređivanje tablica“ (slika 9.29).



**Slika 9.29:** Poprečni profili

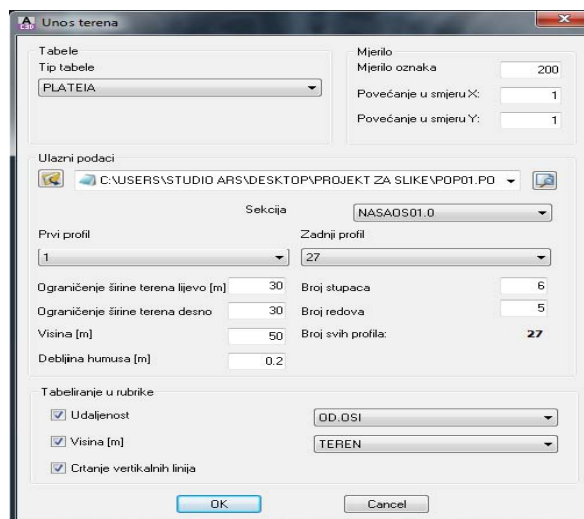
Odabirom na „Uređivanje tablica“ otvara se novi prozor gdje unosimo odgovarajuće vrijednosti (slika 9.30).



**Slika 9.30:** Uređivanje tablica

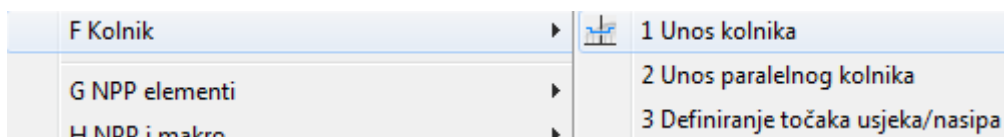
Slijedi unos terena kao i kod poprečnih profila. U modulu „Poprečni profili“ odabiremo „Teren“ → „Unos terena“. Odabirom na „Unos terena“ otvara se novi prozor (slika 9.31).





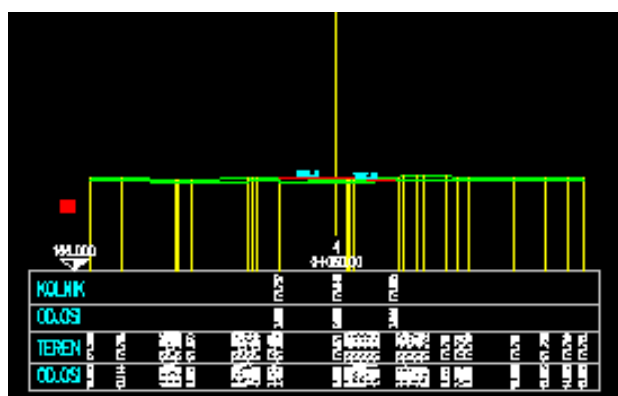
**Slika 9.31:** Unos terena

Nakon unosa terena u modulu „Poprečni profili“ biramo „Kolnik“ → „Unos kolnika“ (slika 9.32).



**Slika 9.32:** Unos kolnika














Kad smo potvrdili „Unos terena“ i „Unos kolnika“ program je automatski nacrtao teren sa kolnikom, ali bez bankine i ostalih elemenata koje možemo naknadno dodati (slika 9.33).



**Slika 9.33:** Teren s kolnikom

Poslije kolnika na redu su elementi normalnog poprečnog presjeka (NPP elementi). Pod NPP elemente se ubrajaju: bankina, pokos, zaobljenje, gornji i donji ustroj. Odabirom modula „Poprečni profili“, zatim izbornika „NPP elementi“ otvara nam se podizbornik u

kojem imamo mogućnost odabira jednog od elemenata i uređivati ga, odnosno unositi na naš poprečni presjek. Također sve unesene elemente možemo i naknadno urediti odabirom „Uređivanje NPP elemenata“ (slika 9.34).

G NPP elementi	▶		1 Bankina
H NPP i makro	▶		2 Pokos
I Uređivanje NPP elemenata	▶		3 Zaobljenje
J Kotiranje NPP elemenata	▶		4 Gornji stroj
K Linije uzduž osi	▶		5 Donji stroj
L Kotiranje u situaciji	▶		6 Kanal
M Izračun količina	▶		7 Drenaža
N Priprema za ispis	▶		9 Jarak
O Alati	▶		A Humusiranje
P Zoom	▶		B Unos blokova
 X Osvježi poprečne profile			C Crtanje linije
Y Plateia POPREČNI PROFILI Pomoć			D Crtanje točke

**Slika 9.34:** Elementi normalnog poprečnog presjeka



## 10. ZAKLJUČAK

Stabilizacija i uređenje klizišta provedena je primjenom tehničkih mjera „Opća situacija“ koja karakterizira ovo klizište uglavnom upućuje na sanacijski koncept koji se sastojao od sljedećih pripadnih zahvata: izrada armirano betonskog ili fleksibilnog gabionskog zida na mjestima veće terenske denivelacije; zamjena materijala s nekoheretnim materijalom iza gabionskog zida te ugradnja specijalnih materijala (geotekstila, geodrenova i sl.) na odgovarajuća mjesta, a prema potrebi; mikropilotsko osiguranje stabilnosti gabionskog zida, posebno iz razloga dubine i nagiba otpornijih slojeva (mješavina stijena i zemlje); izvedba sustava površinske odvodnje uz kontroliranu odvodnju do odgovarajućeg recipijenta te održavanje i dotjerivanje saniranog klizišta.

Rekonstrukcijom ceste provedeni su postupci usklađivanja horizontalnog i vertikalnog zatečenog stanja s novim vođenjem geometrijskih elemenata oslonjenih na postojeći trup ceste, izuzev dijelova koji su označeni kao klizište, uz primjenu programskog paketa Plateia.

Uz definiranje normalnog poprečnog profila koji je sadržavao odabrani model potpornog AB zida definiran je blok u programskom paketu Plateia koji se koristio u prikazu karakterističnih poprečnih profila.

Kroz primjenu programskog paketa pokazalo se da je nužno potreban suradnja više tehničkih struka za uspješno projektiranje cesta kao i sanaciju klizišta primjenom CAD programa.

Važnim je na kraju istaknuti i prisutnost različitih specijaliziranih programskih paketa kao što je URBANO koji omogućuju detaljnije projektiranje pri sanacijama klizišta.

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DRAGANA HRGIC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE KROZ PRILIJENU PROGRAMU PLATEJA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Dragana Hrgić  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DRAGANA HRGIC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE KROZ PRILIJENU PROGRAMU PLATEJA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Dragana Hrgić  
(vlastoručni potpis)

## 11. POPIS LITERATURE

Korlaet, Ž. (1995): Uvod u projektiranje i građenje cesta, udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa; Ministarstvo pomorstva, prometa i veza

Rezo, M. (2015): Prometnice, Predavanja i Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

I. Legac, H. Pilko, I. Banović: Neka iskustva s uvođenjem kružnih raskrižja u Hrvatskoj/Požegi, Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Požegi, 1(2012), str. 259-272

Brozović, I. (2009.): Prometno i prostorno planiranje II. Dio, autorizirana i recenzirana predavanja, Udžbenik za studente Prometnog odjela, Veleučilište u Rijeci

Ceste, Geodetski fakultet; skripta

Bedovec, M. (2014): Prometnice, Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

Bošnjak, S. (2014): Prometnice, Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

Grubešić, M. (2014): Prometnice, Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

Jakovljević, M. (2014): Prometnice, Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

Blažun, M. (2014): Prometnice, Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

Topić, L. (2014): Prometnice, Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

Trbljanić, M. (2014): Prometnice, Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

Vitković, V. (2014): Prometnice, Vježbe, Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin

Korisnički priručnik PLATEIA 6.0, STUDIO ARS Software, 51 211 Matulji

Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama (za Hrvatske ceste), Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci; srpanj 2014

V. Dragčević, T. Rukavina (2006): Donji ustroj prometnica, udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

### 11.1. POPIS URL-OVA:

URL 1: [http://www.grad.hr/mostovi/files/uvod/09\\_UuG\\_PROMETNICE.pdf](http://www.grad.hr/mostovi/files/uvod/09_UuG_PROMETNICE.pdf) (25.7.2016.)

URL2:

[https://portal.uniri.hr/system/resources/docs/000/005/965/original/V\\_10.pdf?1432103136](https://portal.uniri.hr/system/resources/docs/000/005/965/original/V_10.pdf?1432103136) (25.7.2016.)

URL 3: <http://gradst.unist.hr/Portals/9/PropertyAgent/1167/Files/2138/Odvodnja.pdf>  
(28.6.2016.)

URL 4: <http://e-gfos.gfos.hr/index.php/arhiva/broj-1/kruzna-raskrizja-suvremeni-nacin-rjesavanja-prometa-u-gradovima> (27.7.201.)

URL 5: <http://geoportal.dgu.hr/podaci-i-servisi/dtk25/> (5.8.2016.)

URL 6: <http://geoportal.dgu.hr/podaci-i-servisi/hok5/> (5.8.2016.)

URL 7: <http://geoportal.dgu.hr/podaci-i-servisi/dof5/> (5.8.2016.)

URL 8: <http://www.mapsoft.rs/index.php/sr/fotogrametrija/digitalni-modeli-terena>  
(5.8.2016.)

URL 9: <http://www.studioars.com/hr/hr/plateia-2015/232/106> (5.8.2016.)

## 11.2. POPIS TABLICA:

Tablica 5.1. Podjela prometnica prema veličini motornog prometa.....	75
Tablica 5.2. Karakteristike konfiguracija terena.....	76
Tablica 5.3: Ovisnost širine rubnog traka o širini prometnog traka.....	81
Tablica 5.4. Ovisnost širine bankine o širini prometnog traka.....	82
Tablica 6.1. Najmanja duljina kružnog luka $L_k$ (m).....	91
Tablica 6.2. Voznodinamički zahtjevi za duljinu prijelaznice $L_{min}$ (m).....	95
Tablica 6.3. Relativni nagib ruba kolnika $\Delta s_{max}$ (%).....	95
Tablica 6.4. Dozvoljene vrijednosti $L_{min}$ uz odgovarajući $R_{min}$ .....	96
Tablica 7.1. Najveći uzdužni nagib nivelete $s_{max}$ (%).....	98
Tablica 7.2. Najmanji konveksni polumjer $R_{min}$ (m).....	101
Tablica 7.3. Najmanji konkavni polumjeri $R_{min}$ (m).....	102
Tablica 8.1. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava koherentnog tla.....	111
Tablica 8.2. Veza između konzistentnih stanja materijala i brojčane vrijednosti parametara.....	112
Tablica 8.3. Sastav i svojstva injekcijske smjese na 100 kg suhe tvari cementa.....	127

### 11.3. POPIS SLIKA:

Slika 2.1. Osnovni model klizišta sa svojim elementima.....	7
Slika 3.1. Djelovanje vode na prometnicu ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	12
Slika 3.2. Poprečni presjeci jaraka ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	13
Slika 3.3. Trapezni jarak cestovni i željeznički ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	14
Slika 3.4. Trapezni odvodni jarak ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	14
Slika 3.5. Segmentni jarak.....	15
Slika 3.6. Željeznički armiranobetonski jarak.....	15
Slika 3.7. Kaskadno izveden jarak.....	16
Slika 3.8. Tipovi zaštitnih jarakana padini iznad usjeka.....	17
Slika 3.9. Zaštitni jarak na padini iznad usjeka.....	17
Slika 3.10. Zaštitni jarak uz nožicu nasipa.....	18
Slika 3.11. Rigoli.....	18
Slika 3.12. Tipovi rigola ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	19
Slika 3.13. Betonski trokutasti rigol izveden kontinuirano.....	19
Slika 3.14. Betonski trokutasti rigol.....	19
Slika 3.15. Segmentni rigol od male kocke s drenažom.....	20
Slika 3.16. Otvoreni kanal niz pokos nasipa doprihvatnog kanala (obložen kanalicama) <i>(Dragčević, Rukavina 2006.)</i> .....	20
Slika 3.17. Otvoreni kanal niz pokos nasipa od odvodnog jarka.....	21
Slika 3.18. Detalj otvorenog kanala niz pokos nasipa ili usjeka.....	21
Slika 3.19. Povijesni razvoj sustava plitkih drenaža.....	23
Slika 3.20. Dvoslojne plastične drenažne cijevi.....	25
Slika 3.21. Plastična drenažna cijev na podlozi od betona.....	26
Slika 3.22. Izbor filtratemelem filtarskih pravila ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	27
Slika 3.23. Odvodnja – izvedba bankina prije konstrukcije ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	30

Slika 3.24. Odvodnja mehanički zbijenog nosivog sloja ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	30
Slika 3.25. Detalj drenaže ispod betonskog rigola ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	31
Slika 3.26. Tipovi vertikalnih drenaža ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	32
Slika 3.27. Podgrada rova.....	33
Slika 3.28. Širine drenažnog rova ovisno o dubini rova ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	33
Slika 3.29. Prihvatanje vode iz vodonosnog sloja ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	34
Slika 3.30. Snižavanje podzemne vode ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	34
Slika 3.31. Sairanje klizišta vertikalnom drenažom ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	35
Slika 3.32. Horizontalne bušene drenaže ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	36
Slika 3.33. Bušenje horizontalne drenaže s detaljem spoja na vanjsku odvodnju.....	36
Slika 3.34. Oblici površinskih drenaža ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	37
Slika 3.35. Položaj propusta u odnosu na os ceste ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	38
Slika 3.36. Regulacija vodotoka ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	39
Slika 3.37. Položaj propusta u situaciji i uzdužnom profilu ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	40
Slika 3.38. Izbor mjesta za lociranje propusta ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	41
Slika 3.39. Poprečni presjeci cijevnih propusta ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	41
Slika 3.40. Poprečni presjek cijevnog propusta.....	42
Slika 3.41. Gradnja pločastog propusta.....	43
Slika 3.42. Pločasti propust.....	43
Slika 3.43. Uzdužni presjek cijevnog propusta ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	44
Slika 3.44. Primjeri uređenja uljeva propusta ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	44
Slika 3.45. Uljevna glava propusta.....	45
Slika 3.46. Betoniranje kaskade.....	45
Slika 3.47. Stepeničasta pojačanja temelja propusta.....	46
Slika 3.48. Primjeri uređenja iljeva propusta.....	47
Slika 3.49. Izljevne glave propusta.....	47
Slika 3.50. Izljevna glava u potpornome zidu.....	47



Slika 3.51. Proračun elementa propusta ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	49
Slika 3.52. Čunjevi uz paralelno krilo mosta ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	50
Slika 4.1. Parametri za izbor položaja potpornog zida ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	53
Slika 4.2. Utjecaj položaja zida u nasipu i njegovu duljinu i veličinu ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	54
Slika 4.3. Zaštita nasipa u potpornim zidom u zoni vodotoka.....	54
Slika 4.4. Potporni zidovi u kruni nasipa ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	55
Slika 4.5. Parametri za projektiranje upornog zida ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	55
Slika 4.6. Presjek zida stabilnosti na prevrtanje.....	59
Slika 4.7. Presjek zida stabilnosti na klizanje.....	59
Slika 4.8. Presjek zida sa pritisokm na tlo.....	60
Slika 4.9. Presjek zida sa stabilnosti na klizanje.....	60
Slika 4.10. Poprečni presjeci gravitacijskih zidova ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	61
Slika 4.11. Poprečni presjeci AB zidova ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	62
Slika 4.12. Temeljenje zida ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	63
Slika 4.13. Izrada zida u kampadama ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	64
Slika 4.14. Izrada drenaže iza zida.....	65
Slika 4.15. Betonski zid u kamenom materijalu.....	65
Slika 4.16. Montažni zid od predgotovljenih armiranobetonskih elemenata ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	67
Slika 4.17. Gabioni od čelične mreže ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	68
Slika 4.18. Izgradnja zida od gabiona.....	68
Slika 4.19. Zidovi od gabiona ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	69
Slika 4.20. Zid od tla armiranog geosinteticima ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	70
Slika 4.21. Potporni zid od armiranog tla s obložnim pročeljem ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	71
Slika 4.22. Izrada obložnog zida od lomljenog kamena u cementnom mortu.....	72

Slika 4.23. Tipovi obložnih betonskih zidova u stjenovitom materijalu ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	73
Slika 4.24. Obložni zidovi od betona ( <i>Dragčević, Rukavina 2006.</i> ).....	73
Slika 5.1. Poprečni presjek ( <i>Vitković, 2014.</i> ).....	78
Slika 5.2. Elementi poprečnog presjeka ( <i>Korlaet, 1995.</i> ).....	78
Slika 5.3. Dimenzije poprečnog presjeka ( <i>Blažun, 2014.</i> ).....	79
Slika 5.4. Širina prometnog traka ( <i>Bošnjak, 2014.</i> ).....	79
Slika 5.5. Širina rubnog traka ( <i>Topić, 2014.</i> ).....	81
Slika 5.6. Bankina ( <i>Bedovec, 2014.</i> ).....	82
Slika 5.7. Bankina ( <i>URL 2</i> ).....	82
Slika 5.8. Berma ( <i>Blažun, 2014.</i> ).....	83
Slika 6.1. Tlocrtni elementi trase prometnice ( <i>Vitković, 2014.</i> ).....	86
Slika 6.2. Pravac ( <i>Jakovljević, 2014.</i> ).....	87
Slika 6.3. Jednostrani nagib kolnika ( <i>Trbljanić, 2014.</i> ).....	87
Slika 6.4. Dvostrani nagib kolnika ( <i>Trbljanić, 2014.</i> ).....	87
Slika 6.5. Dvostrani nagib kolnika sa zaobljenjem ( <i>Trbljanić, 2014.</i> ).....	88
Slika 6.6. Dvostrani parabolični nagib ( <i>Trbljanić, 2014.</i> ).....	88
Slika 6.7. Kružni luk ( <i>Blažun, 2014.</i> ).....	89
Slika 6.8. Stabilnost vozila u krivini ( <i>Blažun, 2014.</i> ).....	89
Slika 6.9. Odnos radijusa, poprečnog nagiba i računskih brzina ( <i>Rezo, 2014.</i> ).....	91
Slika 6.10. Prijelaznica ( <i>Jakovljević, 2014.</i> ).....	92
Slika 6.11. Postupno smanjenje "C" sile ( <i>Bedovec, 2014.</i> ).....	92
Slika 6.12. Klotoida ( <i>Korlaet, 1995.</i> ).....	93

Slika 7.1. Vertikalne krivine ( <i>Bedovec 2014.</i> ).....	98
Slika 7.2. Konveksne vertikalne krivine ( <i>Blažun, 2014.</i> ).....	100
Slika 7.3. Najmanji polumjer konveksnog vertikalnog zaobljenja .....	101
Slika 7.4. Konkavna vertikalna krivina ( <i>Grubešić, 2014.</i> ).....	102
Slika 8.1. Državna cesta D22-klizište „D22-Sudovec II“ .....	103
Slika 8.2. Cesta D22 poprečni presjek trupa ceste – čelo klizište.....	104
Slika 8.3. Klizišta: Kipišće I. i Kipišće II. na razmaku cca 30 m.....	105
Slika 8.4. Klizišta: Kipišće I. i Kipišće II. na razmaku cca 30 m.....	105
Slika 8.5. Na bližem potezu ceste vidljivo je više pužišta (sporo klizanje) na bankini i cesti.....	105
Slika 8.6. Preventivne mjere za uspostavljanje stabilnosti.....	106
Slika 8.7. U zasjeku su vidljive manje površinske erozije – voderine.....	107
Slika 8.8. Materijal bušotine B1.....	107
Slika 8.9. Materijal bušotine B2.....	107
Slika 8.10. Materijal bušotine B3.....	108
Slika 8.11. Geomehničke korelacije za ocjenu karakterističnih parametara koherentnih vrsta tla.....	101
Slika 8.12. Korelacija vršnog i rezidualnog kuta trenja s indeksom plastičnosti prirodnih Materijala ( <i>Ortolan/Mihalinec 1998.</i> ).....	111
Slika 8.13. Korelacije dijagram.....	113
Slika 8.14. Profil padine; Nagibi kosina.....	115
Slika 8.15. Proračun stabilnosti potpornog zida.....	116
Slika 8.16. Proračun naprezanja na stopi.....	118

Slika 8.17. Efektivna širina temeljenja.....	119
Slika 8.18. Plitki temelj na vrhu kosine.....	119
Slika 8.19. Meyerhof-ov faktor nosivosti za nekoherentna tla.....	120
Slika 8.20. Meyerhofer faktor nosivosti $N_{cq}$ za potpuno koherentna tla.....	120
Slika 8.21. Prirodna ponašanja plastične zone ispod teškog kontinuiranog temelja na licu kosine.....	121
Slika 8.22. Promjena faktora $N_{cqs}$ u odnosu na kut $\beta$ .....	121
Slika 8.23. Promjena faktora $N_{qs}$ u odnosu na kut.....	122
Slika 8.24. Tehničko rješenje potporne konstrukcije armiranobetonskog zida.....	123
Slika 8.25. Tehničko rješenje stabilizacije trupa ceste potpornom konstrukcijom.....	124
Slika 8.26. Skica temelj, bušotina, čelična cijev.....	126
Slika 8.27. Perforiranje čelične cijevi 1,0 m od vrha cijevi.....	126
Slika 8.28. Brtva sa spojem čelične i okiten cijevi.....	126
Slika 8.29. Presjek bušotine s namještenim cijevima i pakerom.....	127
Slika 8.30. Sustav odvodnje površinskih voda (rigol s rubnikom).....	128
Slika 8.31. Izvedeno stanje potpornog zida.....	129
Slika 8.32. Izvedeno stanje kolničke konstrukcije.....	129
Slika 8.33. Detalj iz zaštitne ograde – H2 iz priloga P15-1.....	130
Slika 9.1. Učitavanje točaka za izradu digitalnog modela.....	132
Slika 9.2. Učitavanje točaka.....	133
Slika 9.3. Učitavanje točaka za DMT.....	133
Slika 9.4. Kreiranje površine terena.....	133
Slika 9.5. Definiranje parametara.....	134

Slika 9.6. Dodavanje učitanih točaka.....	134
Slika 9.7. Dodavanje učitanih točaka.....	135
Slika 9.8. Digitalni model terena.....	135
Slika 9.10. Prijelaz iz AutoCad-a Civil 3D u Plateu.....	135
Slika 9.11. CGS izbornik.....	136
Slika 9.12. Modul „Situacija“ .....	136
Slika 9.13. Modul „Osi.....	137
Slika 9.14. Upravljanje osima.....	137
Slika 9.15. Glavni elementi.....	138
Slika 9.15. Crtanje tangentsnog poligona.....	138
Slika 9.16. Tangentni poligon.....	139
Slika 9.17. Uređivanje glavnih elemenata.....	139
Slika 9.18. Zapis glavnih elemenata.....	140
Slika 9.19. Crtanje i zapis poprečnih osi.....	140
Slika 9.20. Projiciranje osi.....	140
Slika 9.21. Zapis profila.....	140
Slika 9.22. Upravljanje tablicama.....	141
Slika 9.23. Unos i zapis terena.....	141
Slika 9.24. Crtanje tangenti i nivelete.....	142
Slika 9.25. Unešeni teren.....	142
Slika 9.26. Unos horizontalnih elemenata.....	143
Slika 9.27. Poprečni nagibi i denivelacije.....	143
Slika 9.28. Tabeliranje i zapis profila.....	144

Slika 9.29. Poprečni profili.....	144
Slike 9.30. Uređivanje tablica.....	144
Slika 9.31. Unos terena.....	145
Slika 9.32. Unos kolnika.....	145
Slika 9.33. Teren s kolnikom.....	145
Slika 9.34. Elementi normalnog poprečnog presjeka.....	146

#### **11.4. PRILOZI:**

Prilog 1: Topografska karta M 1:25000

Prilog 2: Hrvatska osnovna karta M 1:5000

Prilog 3: Digitalna ortofoto karta M 1:5000

Prilog 4: Geodetski situacijski nacrt M 1:500

Prilog 5: Geotehnički elaborat G1 M 1:500

Prilog 6: Geotehnički elaborat G2 M 1:100

Prilog 7: Geotehnički elaborat G3 M 1:100

Prilog 8: Geotehnički elaborat G4 1:500

Prilog 9: Geotehnički elaborat G5

Prilog 10: Geotehnički elaborat G6

Prilog 11: Građevinska situacija trase ceste M 1:500

Prilog 12: Građevinska situacija M 1:500

Prilog 13: Normalni poprečni profil A – A M 1:50

Prilog 14: Normalni poprečni profil B – B M 1:50

Prilog 15: Uzdužni profil trase M 500/500 M 1:500

Prilog 16: Poprečni profil P1 M 1:100

Prilog 17: Poprečni profil P2 M1:100

Prilog 18: Poprečni profil P3 M 1:100

Prilog 19: Situacija – prometno rješenje M 1:500

Prilog 20: Prometni znakovi

Prilog 21: Detalj montažnog kabelskog zdenca MZ D1-E/150kN M 1:20

Prilog 22: Detalj polegnutog i uspravnog rubnjaka 15/25/80

Prilog 23: Detalj trapeznh kanala M 1:10

Prilog 24: Detalj okna i kanalskog poklopca M 1:10

Prilog 25: Detalj odbojne ograde na potpornom AB zidu M 1:10

Prilog 26: Detačj zaštitne ograde upojasu bankine M 1:10





IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
----------	-------	--------	---------

SVEUČILIŠTE SJEVER  
Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:  
**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:  
**POLOŽAJNI NACRT OBJEKTA  
TK25**

VRSTA PROJEKTA: **GRAĐEVINSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE: **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:  
**prof. dr. sc. Božo Soldo**

IZRADILA:  
**Dragana Hrgić**

MJERILO: **M 1 : 25 000**

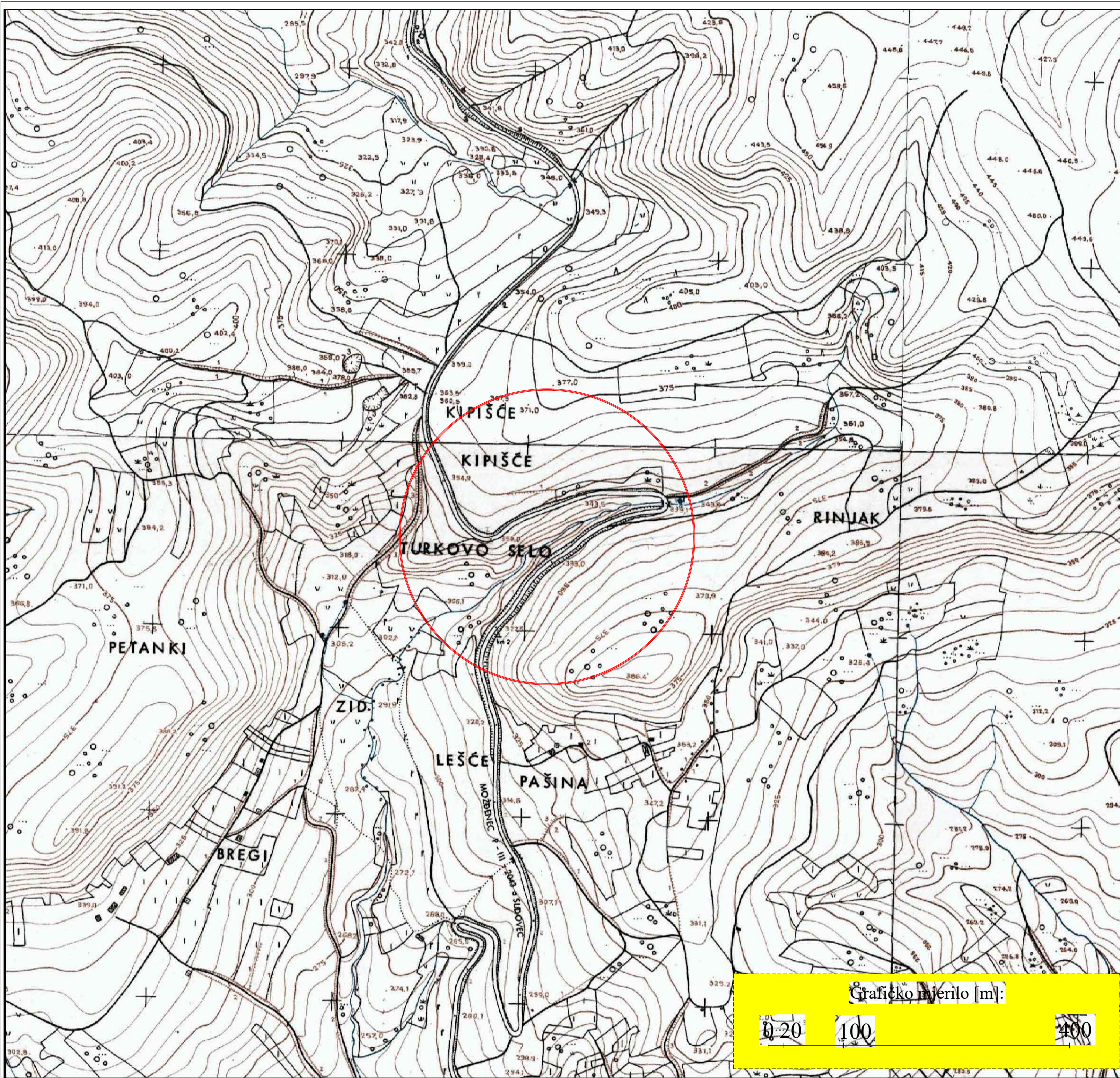
BR. TEH. DNEVNIKA:

KNJIGA:

BROJ PRILOGA: **1**

DATUM: **rujan, 2016.**





IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
----------	-------	--------	---------

SVEUČILIŠTE SJEVER  
Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:  
**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:  
**POLOŽAJNI NACRT OBJEKTA  
HOK5**

VRSTA PROJEKTA: **GRAĐEVINSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE: **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR: **prof.dr. sc. Božo Soldo**

IZRADILA: **Dragana Hrgić**

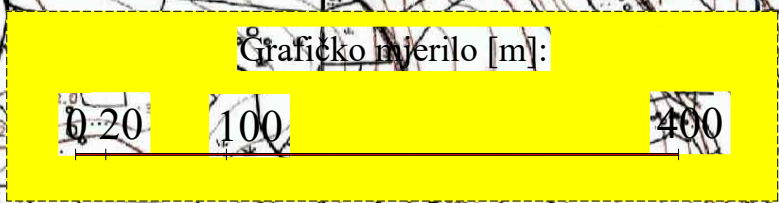
MJERILO: **M 1 : 5000**

BR. TEH. DNEVNIKA:

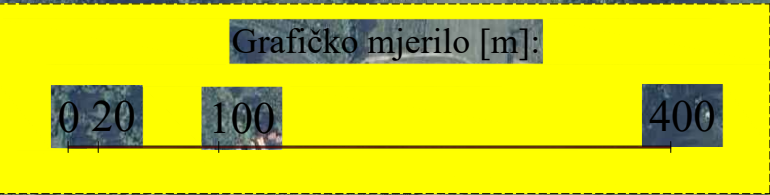
KNJIGA:

BROJ PRILOGA: **2**

DATUM: **rujan, 2016.**

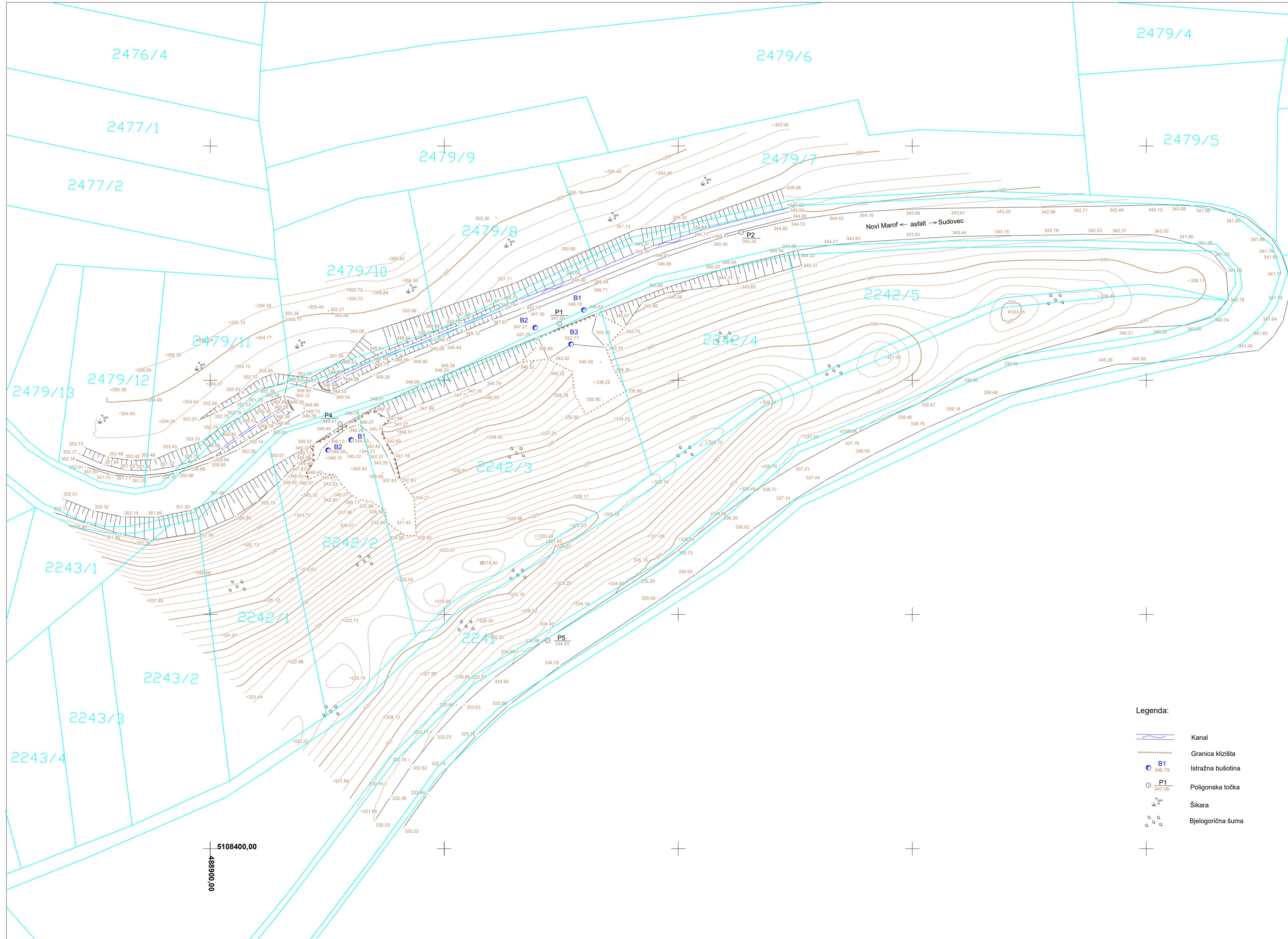






IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
<b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b> Odjel Graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA: <b>SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE</b>			
NACRT: <b>POLOŽAJNI NACRT OBJEKTA DOF5</b>			
VRSTA PROJEKTA:	<b>GRAĐEVINSKI PROJEKT</b>		
RAZINA OBRADE:	<b>GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT</b>		
MENTOR:	<b>prof.dr. sc. Božo Soldo</b>		
IZRADILA:	<b>Dragana Hrgić</b>		
MJERILO:	<b>M 1 : 5000</b>		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
KNJIGA:			
BROJ PRILOGA:	<b>3</b>		
DATUM:	<b>rujan, 2016.</b>		





IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:  
**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:  
**GEODETSKI SITUACIJSKI NACRT  
NA KATASTARSKOM PLANU**





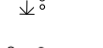

VRSTA PROJEKTA: **GEODETSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE: **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

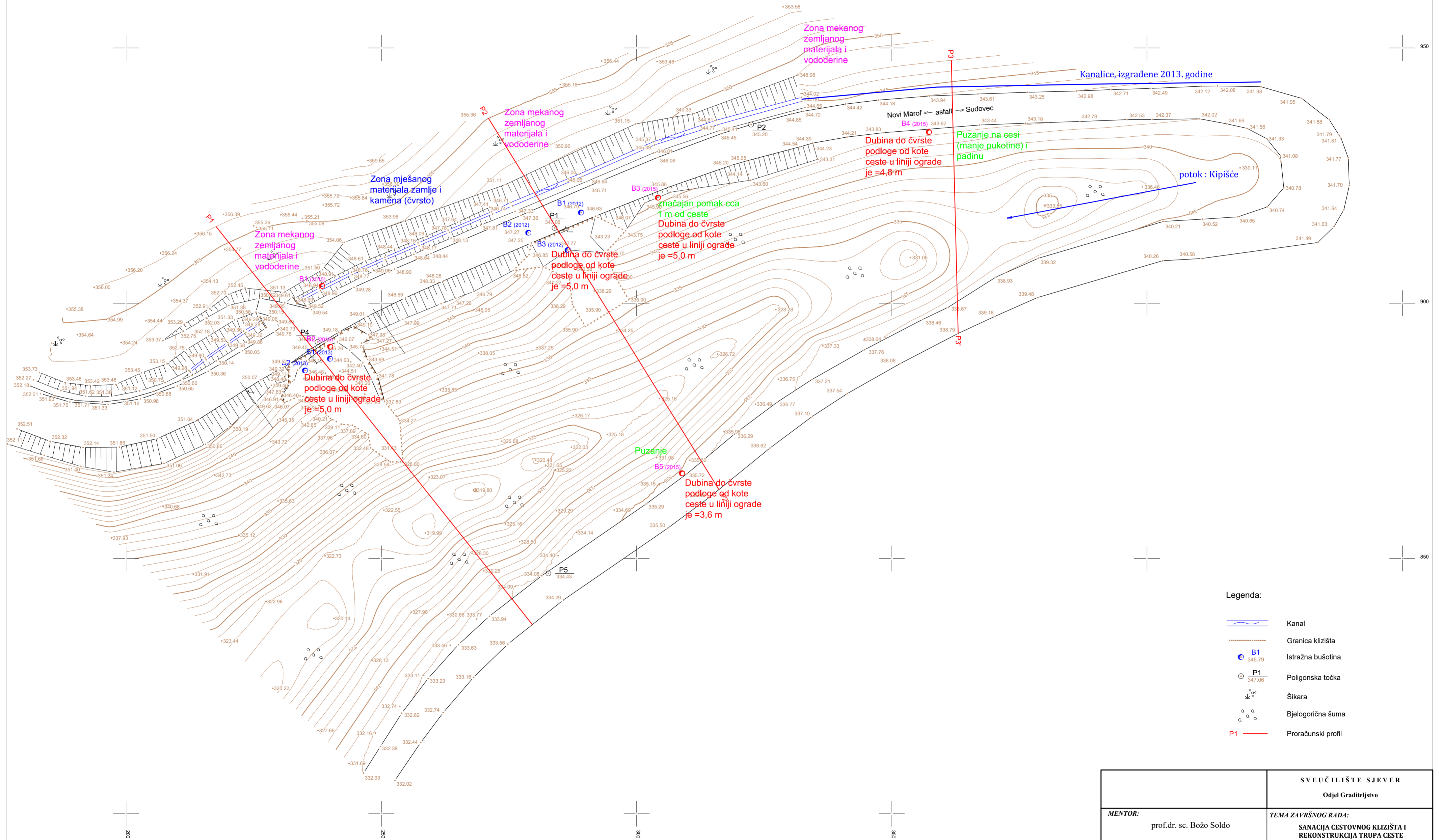
MENTOR:  
**prof.dr. sc Božo Soldo**

IZRADILA:  
**Dragana Hrgić**

MJERILO: **M 1 : 500**  
BR. TEH. DNEVNIKA:  
KNJIGA:  
BROJ PRILOGA: **4**  
DATUM: **rujan, 2016.**

- Legenda:**
-  Kanal
  -  Granica klizišta
  -  Istražna bušotina
  -  Poligonska točka
  -  Šikara
  -  Bjelogorična šuma





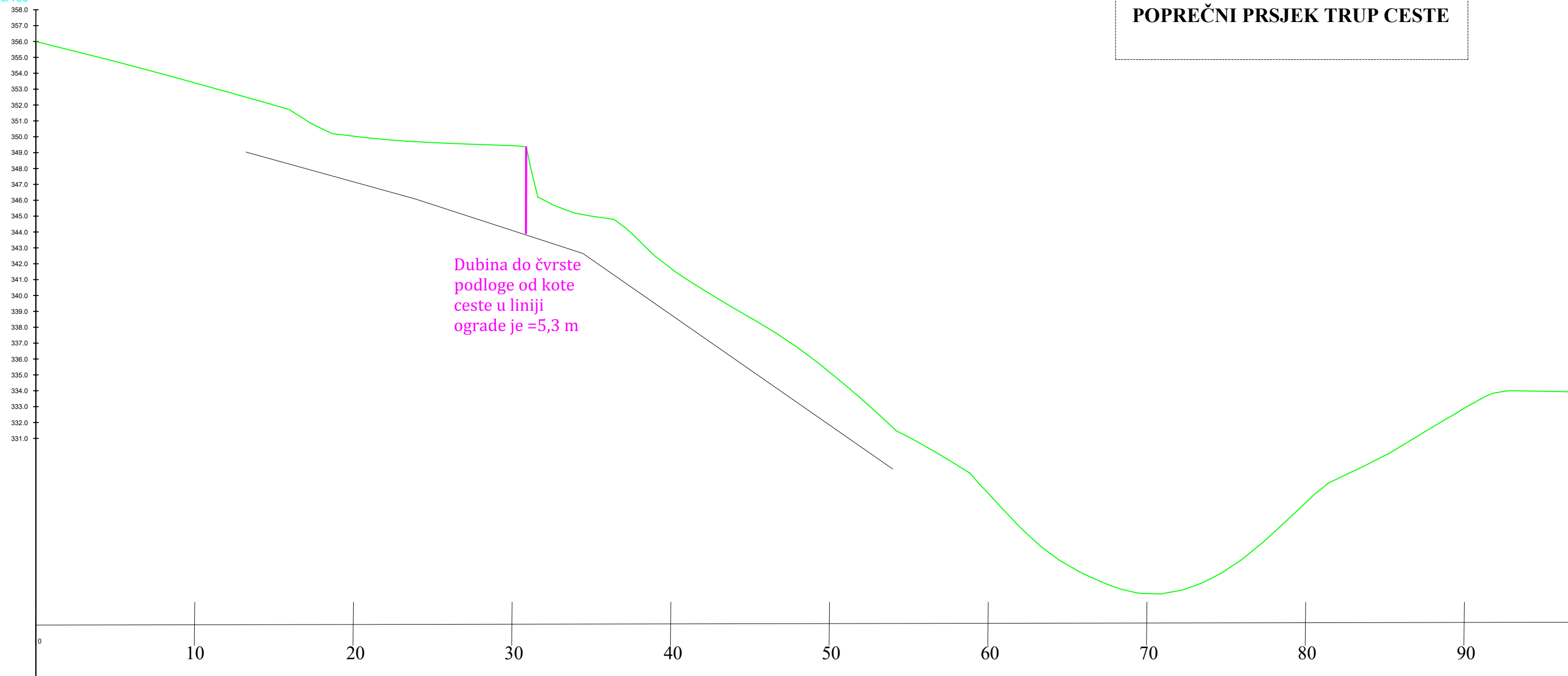
- Legenda:**
- Kanal
  - Granica klizišta
  - B1  
346,79 Istražna bušotina
  - P1  
347,06 Poligonska točka
  - Šikara
  - Bjelogorična šuma
  - P1 Proračunski profil

		<b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b> Odjel Graditeljstvo			
<b>MENTOR:</b> prof.dr. sc. Božo Soldo		<b>TEMA ZAVRŠNOG RADA:</b> SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE			
		<b>VRSTA PROJEKTA:</b> GEOTEHNIČKI ELABORAT			
<b>IZRADILA:</b> Dragana Hrgić		<b>SADRŽAJ:</b> POLOŽAJNA SITUACIJA CESTE			
<b>ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA:</b>	<b>UR BROJ:</b>	<b>BROJ MAPE:</b>	<b>DATUM:</b> 09/2016	<b>MJERILO:</b> 1:500	<b>LIST:</b> G-1

MJERILO 1:500  
Ekvidistancija 1 m

OFIL\_P1  
RILO 1:100/100

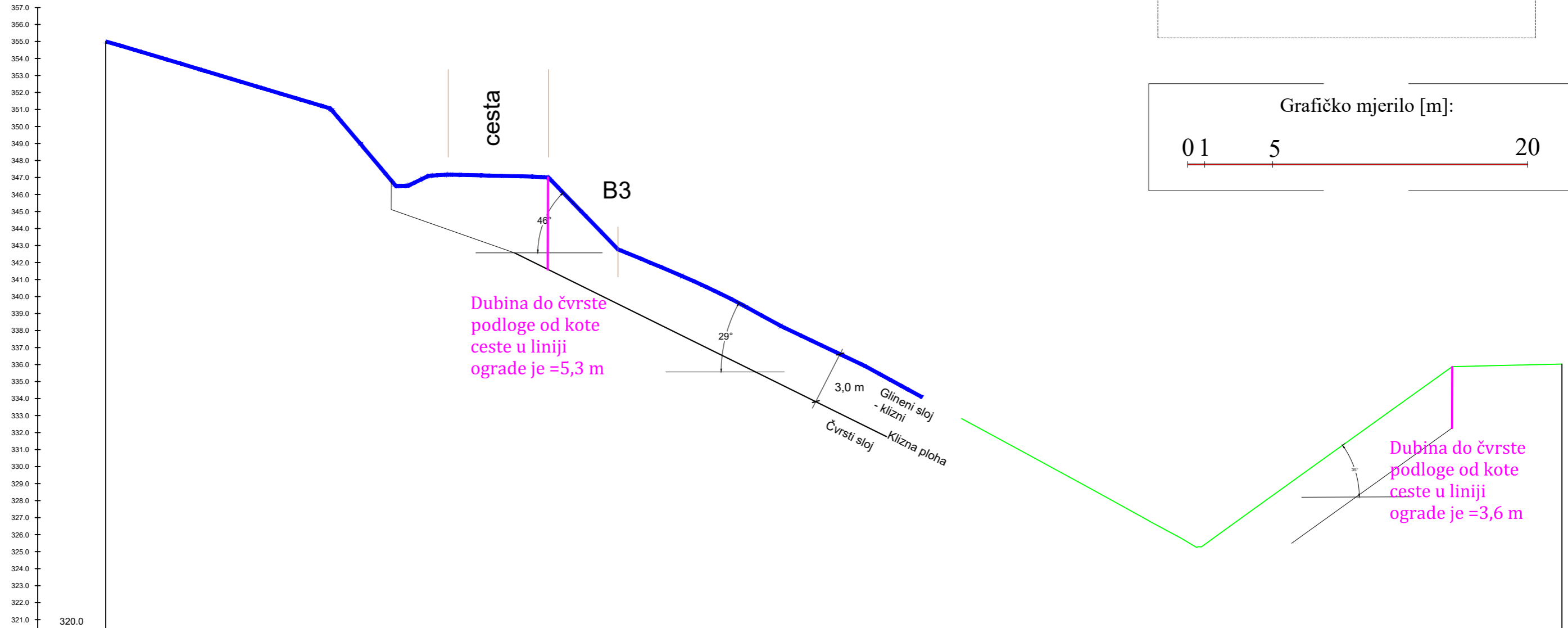
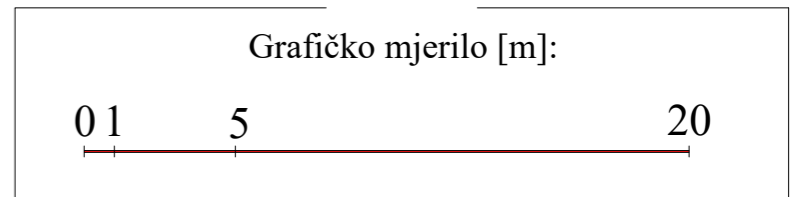
PRILOG G\_2  
UZDUŽNI PRESJEK PADINE I  
POPREČNI PRSJEK TRUP CESTE



		SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel Graditeljstvo			
<b>MENTOR:</b> prof.dr. sc. Božo Soldo		<b>TEMA ZAVRŠNOG RADA:</b> SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE			
		<b>VRSTA PROJEKTA:</b> GEOTEHNIČKI ELABORAT			
<b>IZRADILA:</b> Dragana Hrgić		<b>SADRŽAJ:</b> UZDUŽNI PROFIL PADINE I POPREČNI PROFIL TRUPA CESTE			
<b>ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA:</b>	<b>UR BROJ:</b>	<b>BROJ MAPE:</b>	<b>DATUM:</b> 09/2016	<b>MJERILO:</b> 1:100	<b>LIST:</b> G-2

P1-P1'  
MJERILO 1:250

PRILOG G-3  
UZDUŽNI PRESJEK PADINE I  
POPREČNI PRSJEK TRUP CESTE



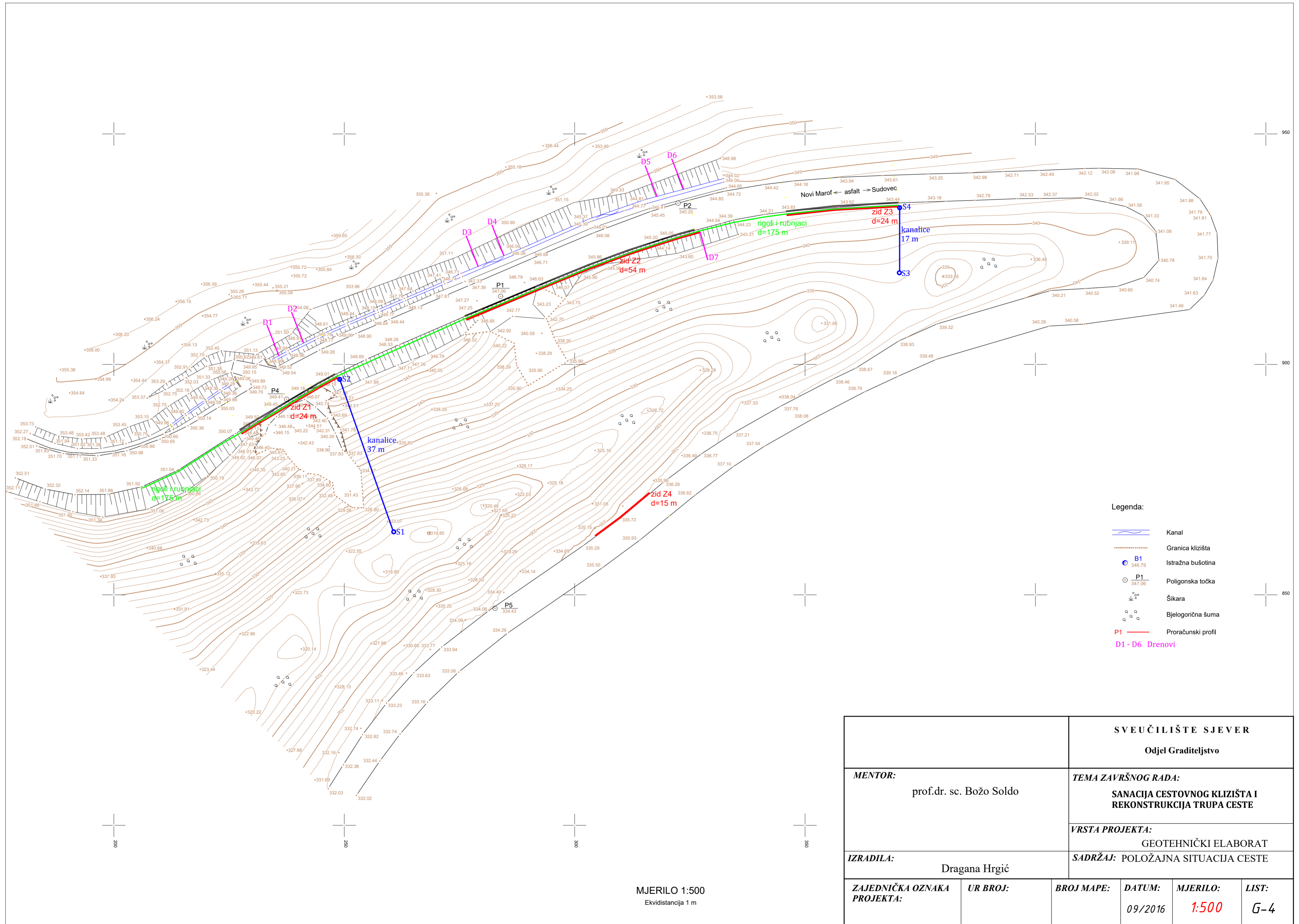
Dubina do čvrste  
podloge od kote  
ceste u liniji  
ograde je =5,3 m

Dubina do čvrste  
podloge od kote  
ceste u liniji  
ograde je =3,6 m

OZNAKA TERENA	GC1	GC2
KOTE TERENA [m.n.m.]	321.0	321.0
STACIONAŽA TERENA	0+00.00	0+00.00

		SVEUČILIŠTE SJEVER Odjel Graditeljstvo			
MENTOR: prof.dr. sc. Božo Soldo		TEMA ZAVRŠNOG RADA: SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE			
		VRSTA PROJEKTA: GEOTEHNIČKI ELABORAT			
IZRADILA: Dragana Hrgić		SADRŽAJ: UZDUŽNI PROFIL PADINE I POPREČNI PROFIL TRUPA CESTE			
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA:	UR BROJ:	BROJ MAPE:	DATUM: 09/2016	MJERILO: 1:100	LIST: G-3





- Legenda:**
- Kanal
  - Granica klizišta
  - B1 Istražna bušotina
  - P1 Poligonska točka
  - Šikara
  - Bjelogorična šuma
  - P1 Proračunski profil
  - D1 - D6 Drenovi

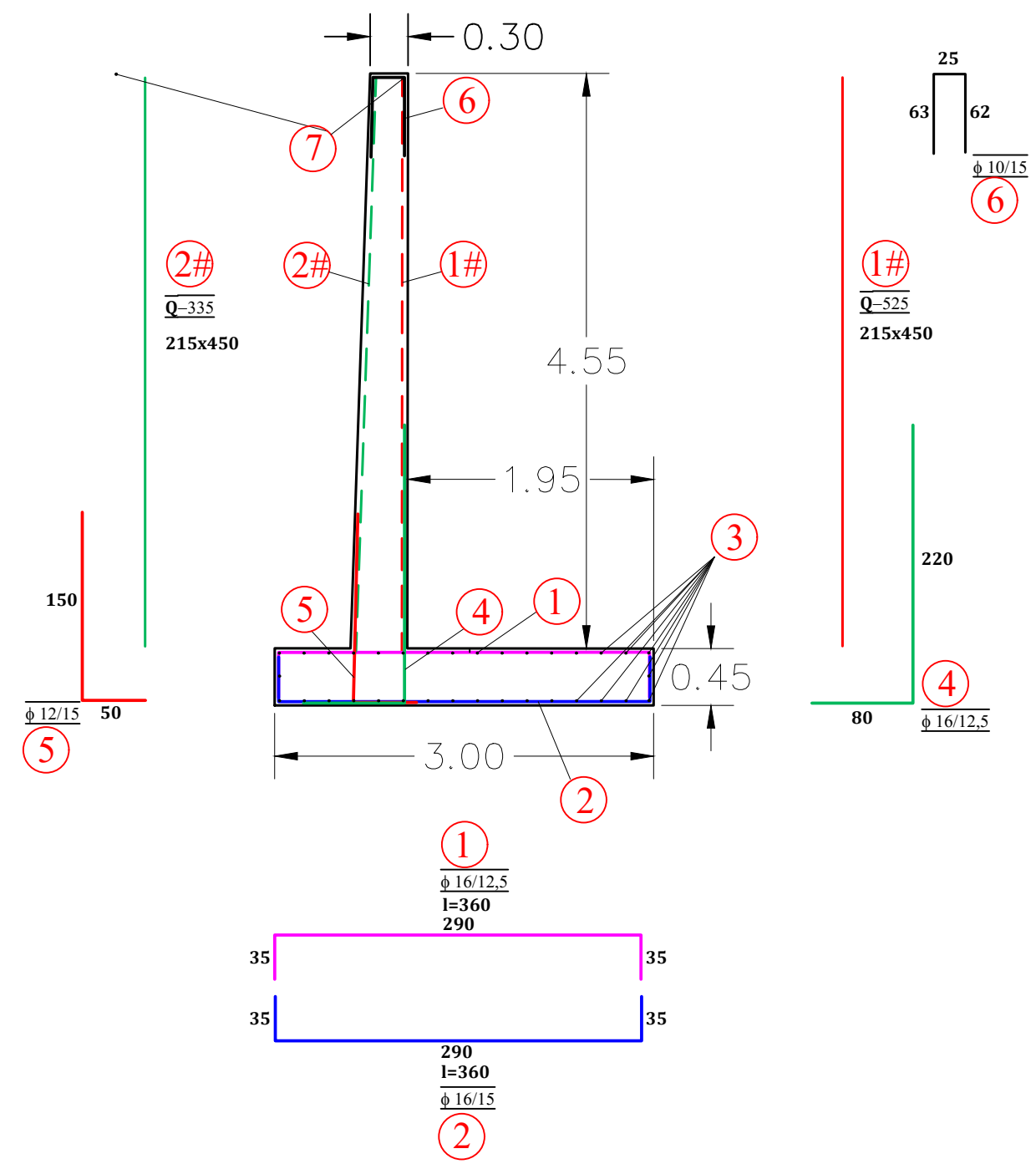
<b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b>					
<b>Odjel Graditeljstvo</b>					
<b>MENTOR:</b> prof.dr. sc. Božo Soldo			<b>TEMA ZAVRŠNOG RADA:</b> <b>SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE</b>		
			<b>VRSTA PROJEKTA:</b> GEOTEHNIČKI ELABORAT		
<b>IZRADILA:</b> Dragana Hrgić			<b>SADRŽAJ:</b> POLOŽAJNA SITUACIJA CESTE		
<b>ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA:</b>	<b>UR BROJ:</b>	<b>BROJ MAPE:</b>	<b>DATUM:</b> 09/2016	<b>MJERILO:</b> 1:500	<b>LIST:</b> G-4

MJERILO 1:500  
Ekvidistancija 1 m



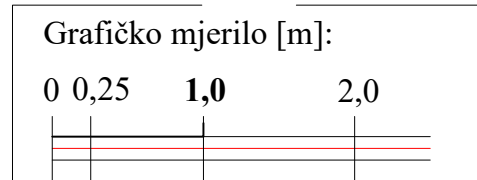


**PRILOG G-6**  
**POPREČNI PRESJEK**  
**POTPORNOG AB ZIDA I**  
**POLOZAJ ARMATURE**



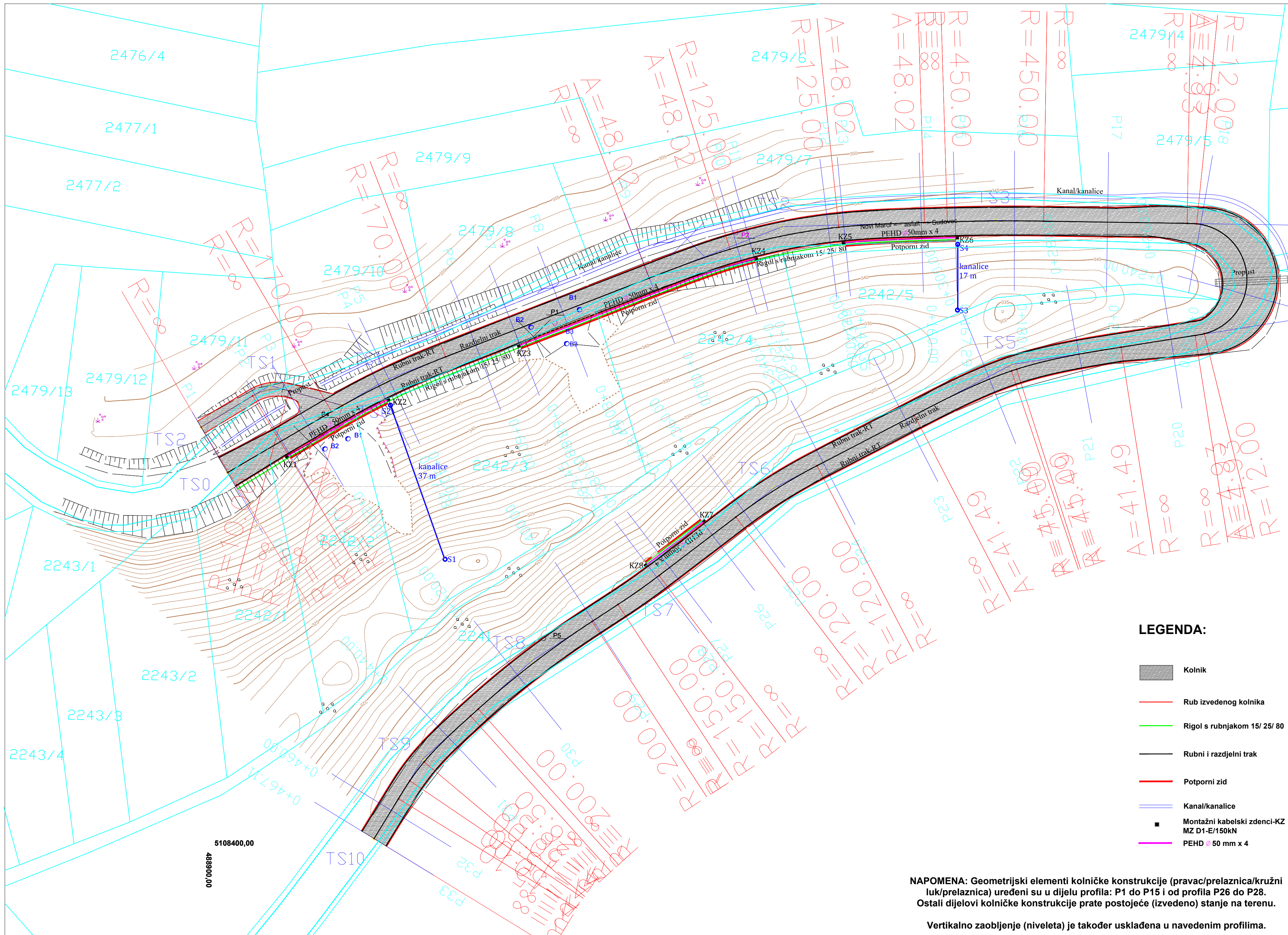
**Armatura:**

- ①  $\overline{\phi 16/12,5}$
- ②  $\overline{\phi 12/15}$
- ③  $\overline{\phi 10/20}$
- ④  $\overline{\phi 16/12,5}$
- ⑤  $\overline{\phi 12/15}$
- ⑥  $\overline{\phi 10/15}$
- ⑦  $\overline{2 \phi 12}$
- ①#  $\overline{\# Q-525}$
- ②#  $\overline{\# Q-335}$



<b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b> Odjel Graditeljstvo	
<b>MENTOR:</b> prof.dr. sc. Božo Soldo	<b>TEMA ZAVRŠNOG RADA:</b> SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE
	<b>VRSTA PROJEKTA:</b> GEOTEHNIČKI ELABORAT
<b>IZRADILA:</b> Dragana Hrgić	<b>SADRŽAJ:</b> POLOŽAJ ARMATURE U POTPORNOM ZIDU
<b>ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA:</b>	<b>UR BROJ:</b>
<b>BROJ MAPE:</b>	<b>DATUM:</b> 09/2016
<b>MJERILO:</b>	<b>LIST:</b> G-6





IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:

SVEUČILIŠTE SJEVER  
 Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:  
**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
 REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:  
**GRAĐEVINSKA SITUACIJA TRASE CESTE  
 NA GEODETSKOM SITUACIJSKOM NACRTU**

VRSTA PROJEKTA: **GRAĐEVINSKI PROJEKT**  
 RAZINA OBRADE: **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:  
**prof. sc. Božo Soldo**

IZRADILA:  
**Dragana Hrgić**

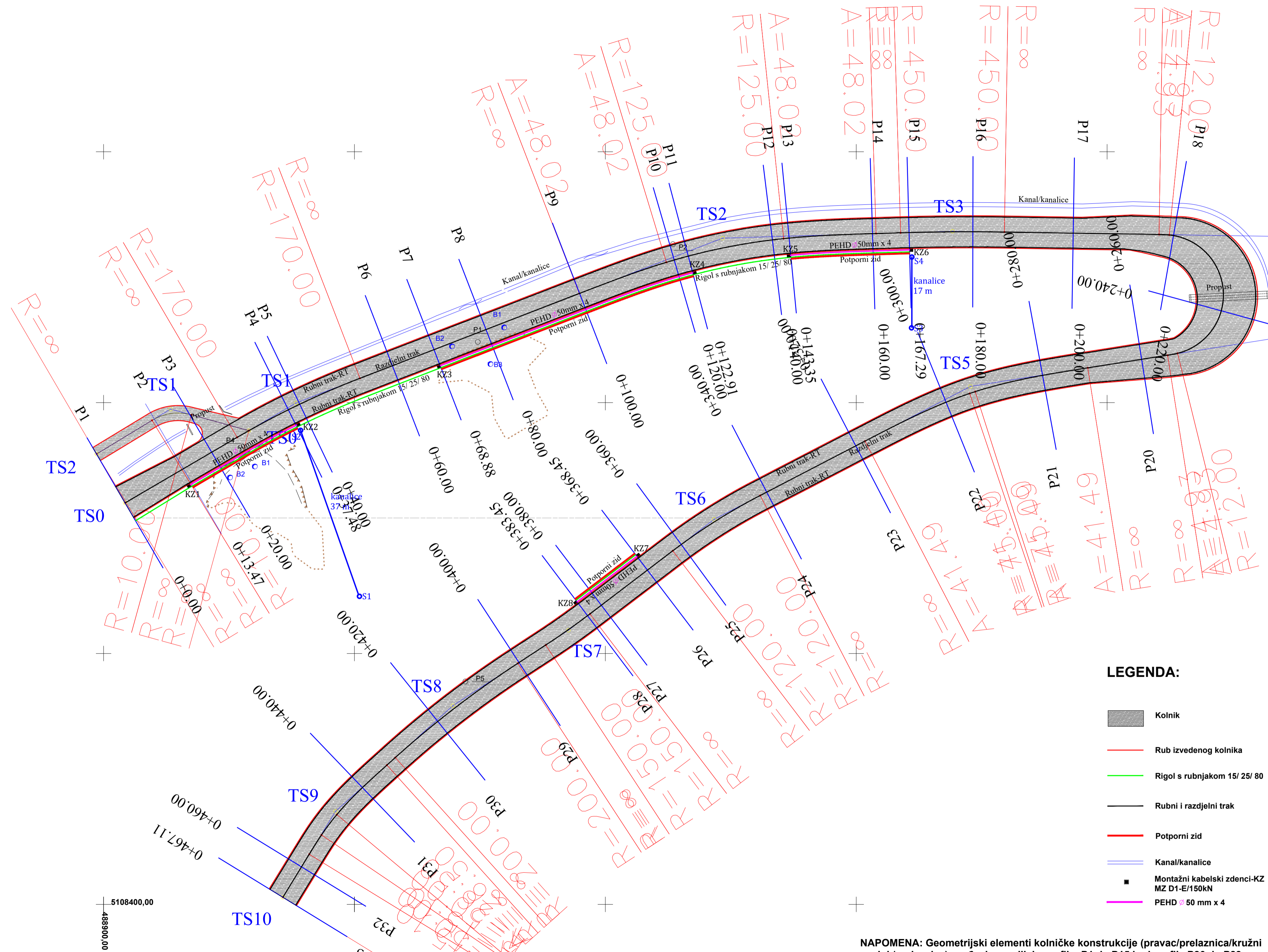
MJERILO: **M 1 : 500**  
 BR. TEH. DNEVNIKA:  
 KNJIGA:  
 BROJ PRILOGA: **5**  
 DATUM: **rujan, 2016.**

- LEGENDA:**
- Kolnik
  - Rub izvedenog kolnika
  - Rigol s rubnjakom 15/ 25/ 80
  - Rubni i razdjelni trak
  - Potporni zid
  - Kanal/kanalice
  - Montažni kabelski zdenci-KZ MZ D1-E/150kN
  - PEHD 50 mm x 4

**NAPOMENA:** Geometrijski elementi kolničke konstrukcije (pravac/prelaznica/kružni luk/prelaznica) uređeni su u dijelu profila: P1 do P15 i od profila P26 do P28. Ostali dijelovi kolničke konstrukcije prate postojeće (izvedeno) stanje na terenu.

Vertikalno zaobljenje (niveleta) je također usklađeno u navedenim profilima.





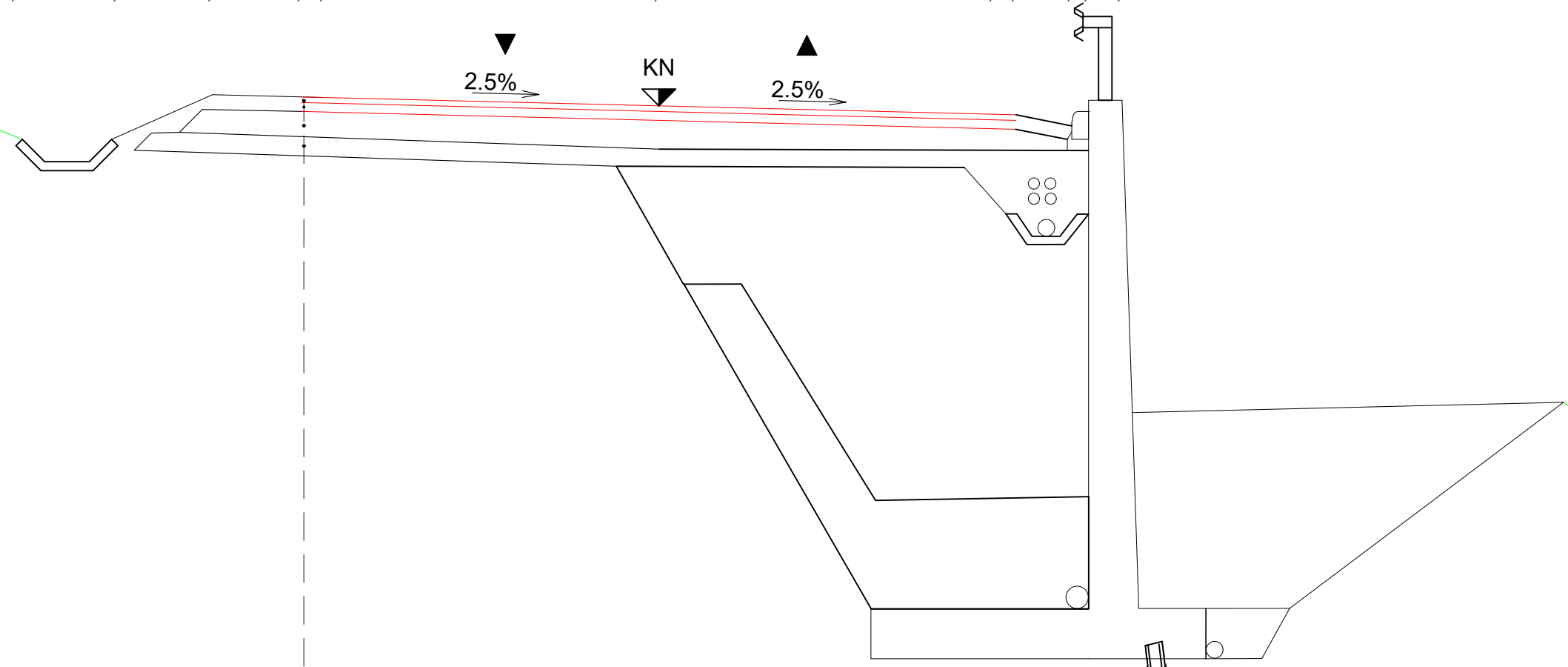
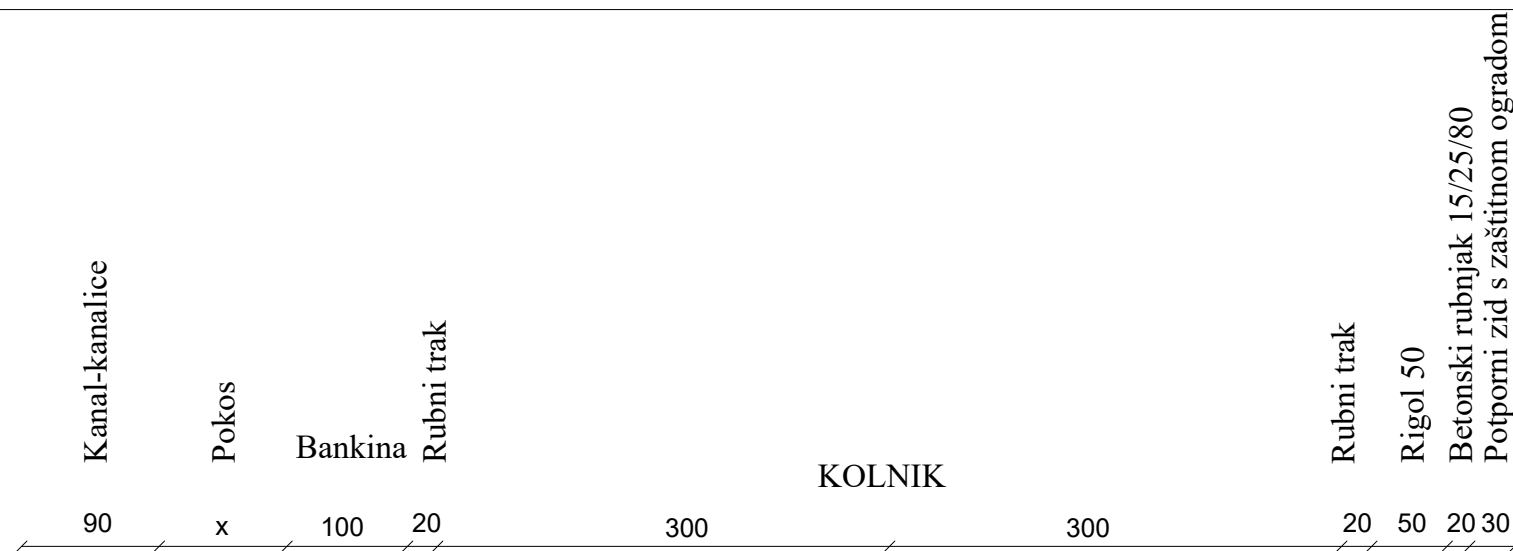
5108400.00  
488900.00

- LEGENDA:**
- Kolnik
  - Rub izvedenog kolnika
  - Rigol s rubnjakom 15/ 25/ 80
  - Rubni i razdjelni trak
  - Potporni zid
  - Kanal/kanalice
  - Montažni kabelski zdenci-KZ MZ D1-E/150kN
  - PEHD  $\varnothing$  50 mm x 4

**NAPOMENA:** Geometrijski elementi kolničke konstrukcije (pravac/prelaznica/kružni luk/prelaznica) uređeni su u dijelu profila: P1 do P15 i od profila P26 do P28. Ostali dijelovi kolničke konstrukcije prate postojeće (izvedeno) stanje na terenu.

Vertikalno zaobljenje (niveleta) je također usklađeno u navedenim profilima.

61d			
IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
<b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b> Odjel Graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA: <b>SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I          REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE</b>			
NACRT: <b>GRAĐEVINSKA SITUACIJA</b>			
VRSTA PROJEKTA:	<b>GRAĐEVINSKI PROJEKT</b>		
RAZINA OBRADE:	<b>GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT</b>		
MENTOR:	<b>prof.dr. sc. Božo Soldo</b>		
IZRADILA:	<b>Dragana Hrgić</b>		
MJERILO:	<b>M 1 : 500</b>		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
KNJIGA:			
BROJ PRILOGA:	<b>6</b>		
DATUM:	<b>rujan, 2016.</b>		



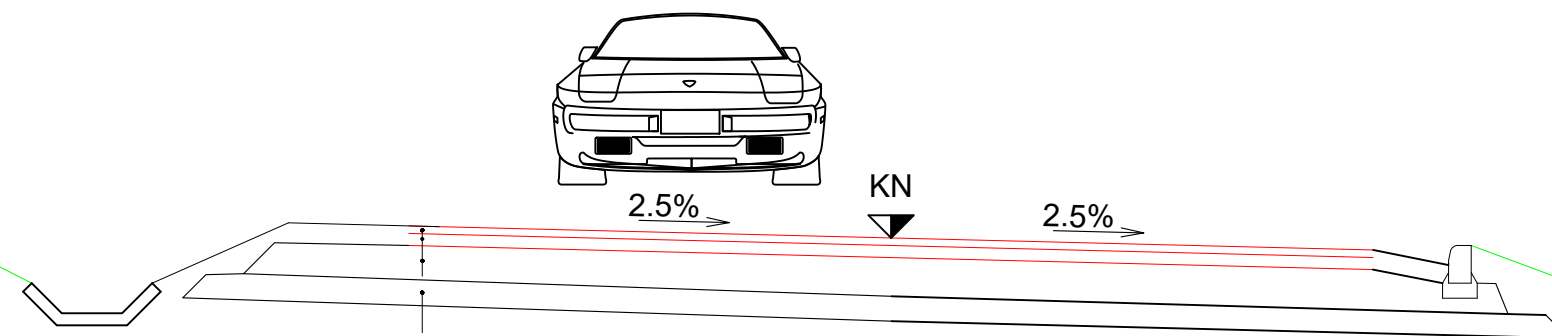
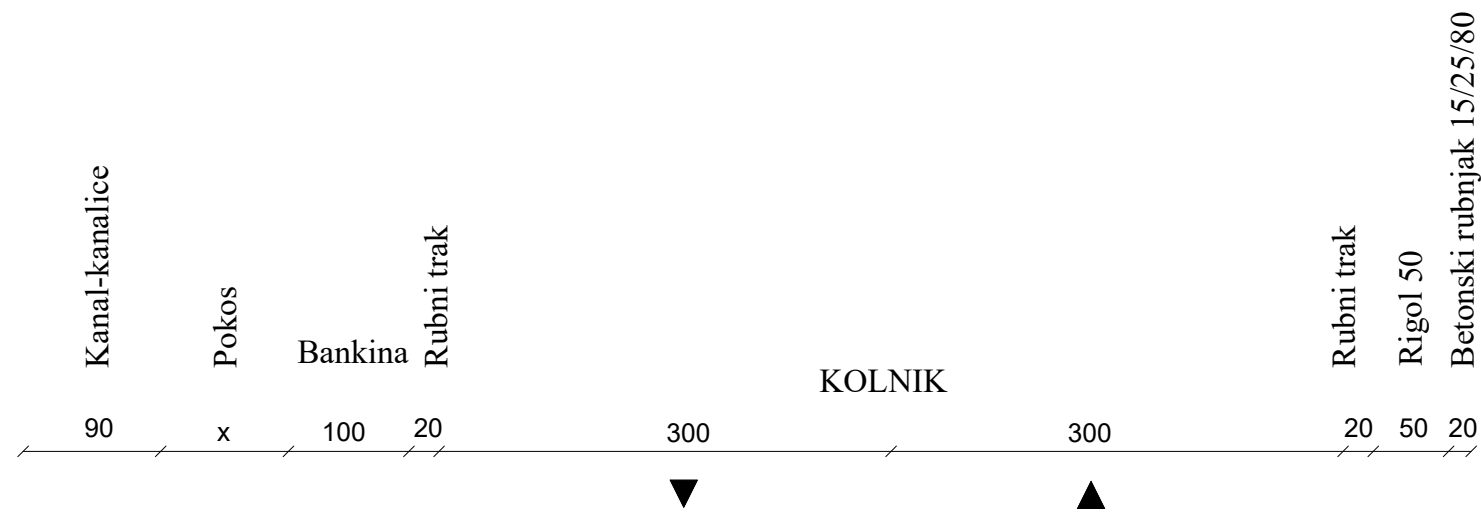
- — — HABAJUĆI SLOJ - AC 11 surf 45/80-65 AG2 M2, d = 4 cm
- — — NOSIVI SLOJ ASFALTA AC 32 base 50/70 AG6 M2, d = 8 cm
- — — DONJI NOSIVI SLOJ OD DROBLJENOG KAMENOG AGREGATA, d = 30 cm
- — — DONJI NOSIVI SLOJ OD ZRNATOG KAMENOG MATERIJALA ( $\frac{0}{63}$  mm), d = 15 - 25 cm

NAPOMENA: Ukoliko se kod posteljice ne može postići  $M_s > 20$  MN/m<sup>2</sup> radi se poboljšanje temeljnog tla zamjenom materijala u debljini d=30cm (prirodni šljunčani materijal / lomljeni kamen) te se postavlja i geotekstil.

Detalji vezani uz potporni zid i vrste ugradbenog materijala nalaze se u knjizi 2.

IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
----------	-------	--------	---------

<b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b> Odjel Graditeljstvo	
TEMA ZAVRŠNOG RADA: <b>SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I          REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE</b>	
NACRT: <b>NORMALNI POPREČNI PROFIL A - A</b>	
VRSTA PROJEKTA:	<b>GRAĐEVINSKI PROJEKT</b>
RAZINA OBRADE:	<b>GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT</b>
PROJEKTANT:	<b>prof. dr. sc. Božo Soldo</b>
IZRADILA:	<b>Dragana Hrgić</b>
MJERILO:	<b>M 1 : 50</b>
BR. TEH. DNEVNIKA:	
KNJIGA:	
BROJ PRILOGA:	<b>7-1</b>
DATUM:	<b>rujan, 2016.</b>



- — — HABAJUĆI SLOJ - AC 11 surf 45/80-65 AG2 M2, d = 4 cm
- — — NOSIVI SLOJ ASFALTA AC 32 base 50/70 AG6 M2, d = 8 cm
- — — DONJI NOSIVI SLOJ OD DROBLJENOG KAMENOG AGREGATA, d = 30 cm
- — — DONJI NOSIVI SLOJ OD ZRNATOG KAMENOG MATERIJALA ( $\frac{0}{63}$  mm), d = 15 - 25 cm

NAPOMENA: Ukoliko se kod posteljice ne može postići  $M_s > 20$  MN/m<sup>2</sup> radi se poboljšanje temeljnog tla zamjenom materijala u debljini d=30cm (prirodni šljunčani materijal / lomljeni kamen) te se postavlja i geotekstil.

IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
----------	-------	--------	---------

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:  
**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:  
**NORMALNI POPREČNI PROFIL B - B**

VRSTA PROJEKTA: **GRAĐEVINSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE: **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:  
**prof. dr. sc. Božo Soldo**

IZRADILA:  
**Dragana Hrgić**

MJERILO: **M 1 : 50**

BR. TEH. DNEVNIKA:

KNJIGA:

BROJ PRILOGA: **7-2**

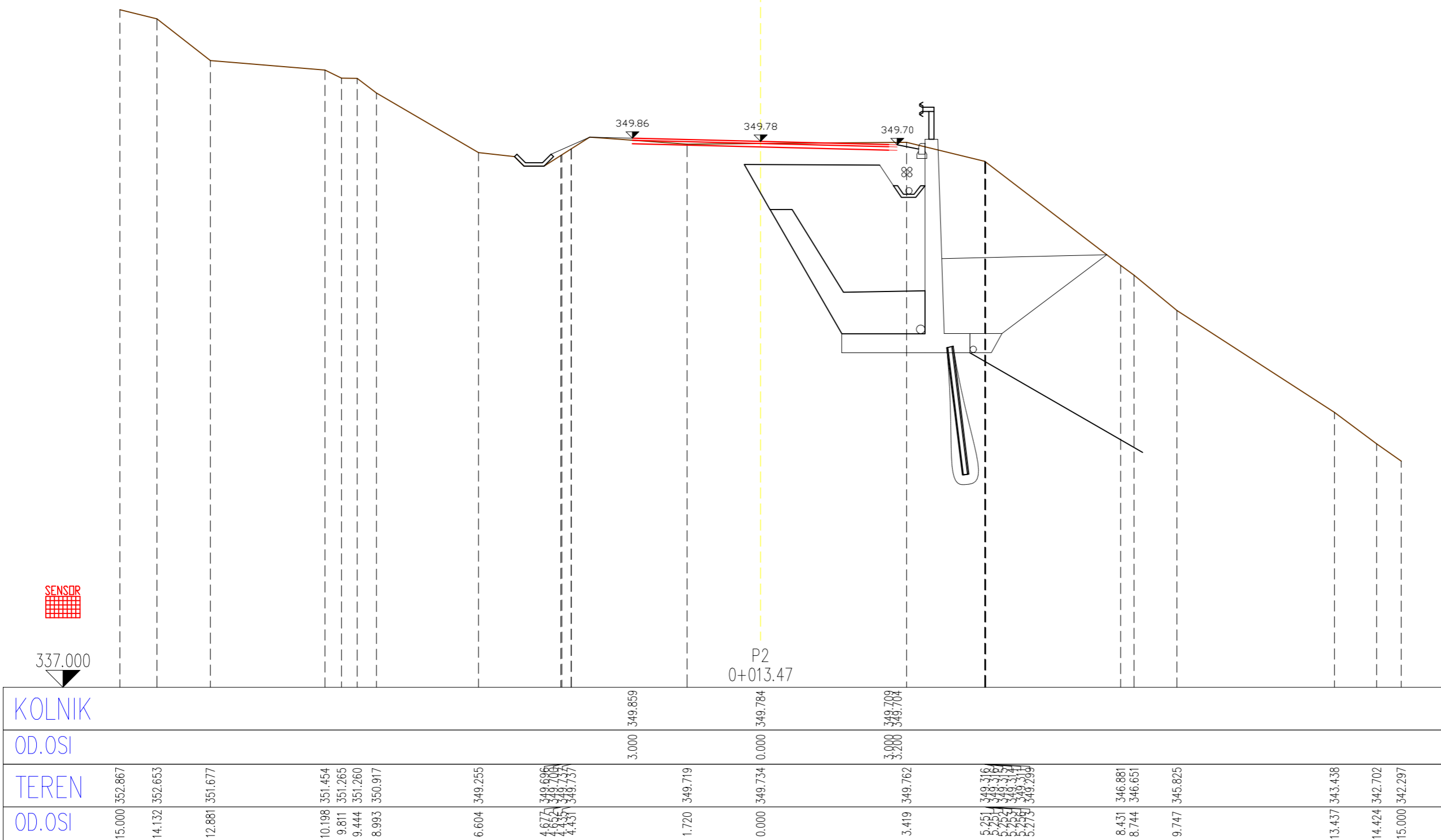
DATUM: **rujan, 2016.**





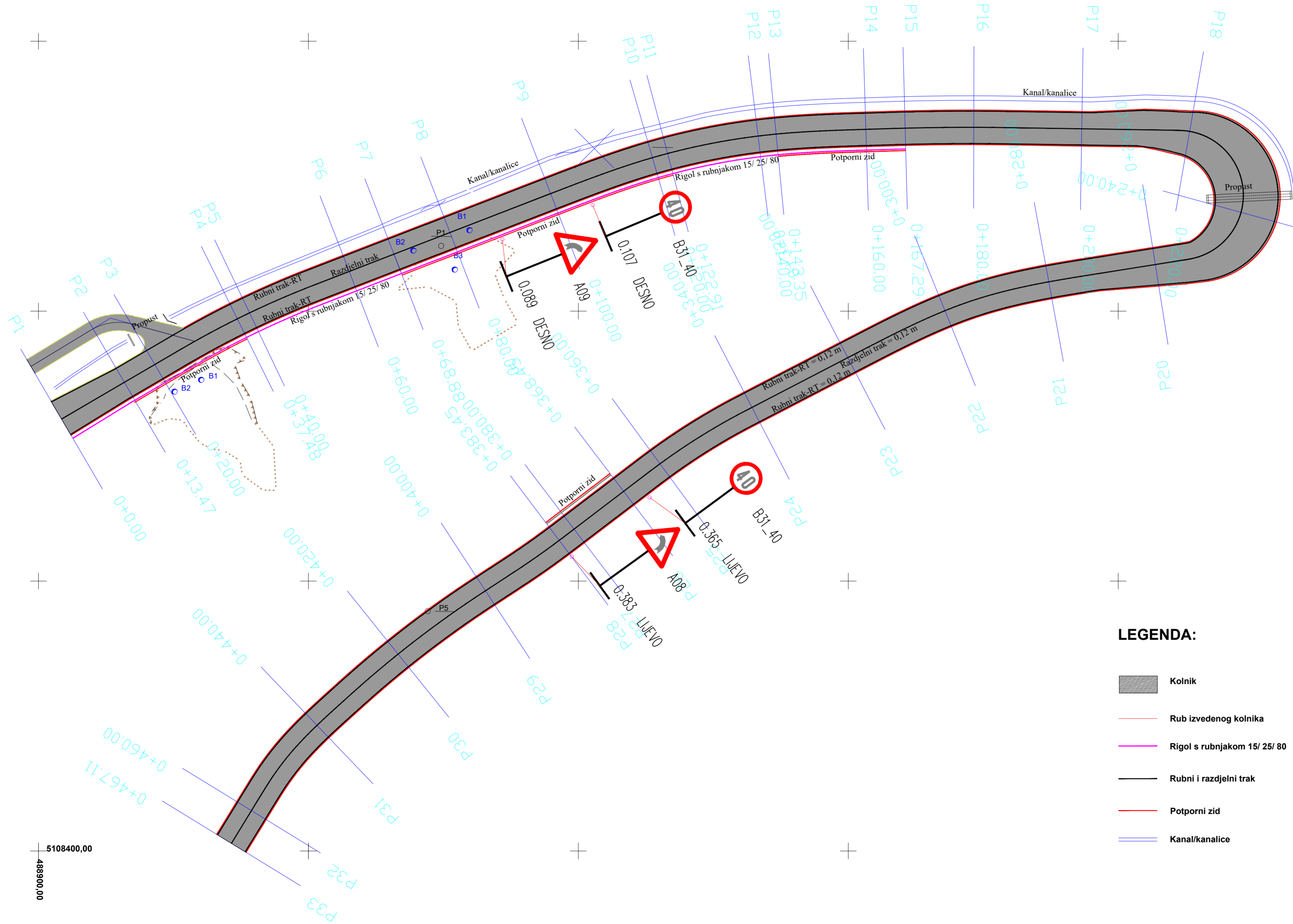






IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
<b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b> Odjel Graditeljstvo			
TEMA ZAVRŠNOG RADA: <b>SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I          REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE</b>			
NACRT: <b>POPREČNI PROFIL          P2</b>			
VRSTA PROJEKTA:	<b>GRAĐEVINSKI PROJEKT</b>		
RAZINA OBRADE:	<b>GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT</b>		
MENTOR:	<b>prof. dr.sc. Božo Soldo</b>		
IZRADILA:	<b>Dragana Hrgić</b>		
MJERILO:	<b>M 1 : 100</b>		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
KNJIGA:			
BROJ PRILOGA:	<b>9-2</b>		
DATUM:	<b>rujan, 2016.</b>		





5108400,00  
488900,00

**LEGENDA:**

-  Kolnik
-  Rub izvedenog kolnika
-  Rigol s rubnjakom 15/ 25/ 80
-  Rubni i razdjelni trak
-  Potporni zid
-  Kanal/kanalice

IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:

SVEUČILIŠTE SJEVER  
Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:  
**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:  
**SITUACIJA - PROMETNO RJEŠENJE**

VRSTA PROJEKTA: **GRAĐEVINSKI PROJEKT**  
RAZINA OBRADE: **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:  
**prof.dr.sc. Božo Soldo**

IZRADILA:  
**Dragana Hrgić**

MJERILO: **M 1 : 500**  
BR. TEH. DNEVNIKA:  
KNJIGA:  
BROJ PRILOGA: **10-1**  
DATUM: **rujan, 2016.**

# ZNAKOVI OPASNOSTI



A08

Oznaka znaka: A08

Količina ugradnje: 1



A09

Oznaka znaka: A09

Količina ugradnje: 2

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

# ZNAKOVI IZRIČITIH NAREDBI



B31\_40

Oznaka znaka: B31\_40

Količina ugradnje: 2

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

# ZNAKOVI OBAVIJESTI

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

Oznaka znaka:

Količina ugradnje:

IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
----------	-------	--------	---------

SVEUČILIŠTE SJEVER

Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:

**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:

**PROMETNI ZNAKOVI**

VRSTA PROJEKTA:

**GRAĐEVINSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE:

**GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:

**prof.dr. sc. Božo Soldo**

IZRADILA:

**Dragana Hrgić**

MJERILO:

BR. TEH. DNEVNIKA:

KNJIGA:

BROJ PRILOGA:

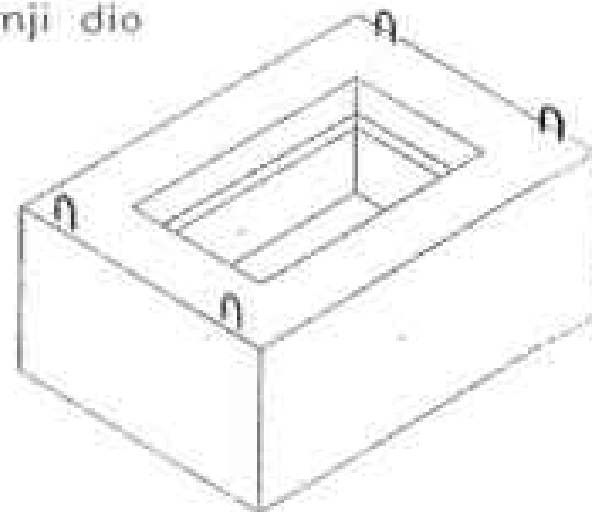
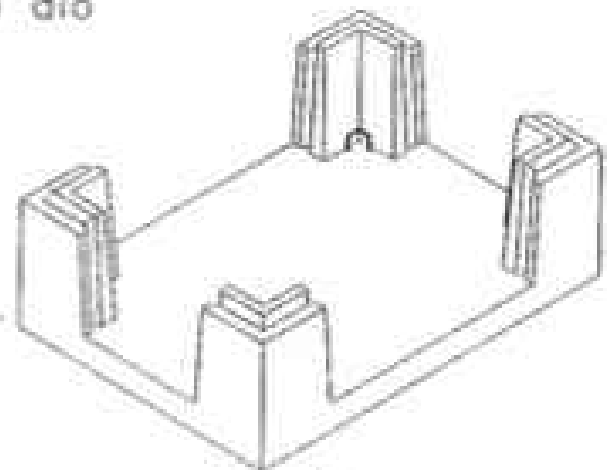
**10-2**

DATUM:

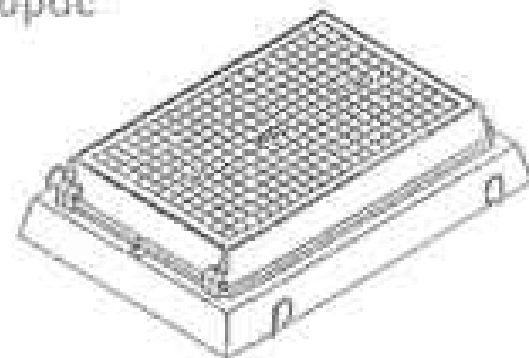
**rujan, 2016.**

Donji dio

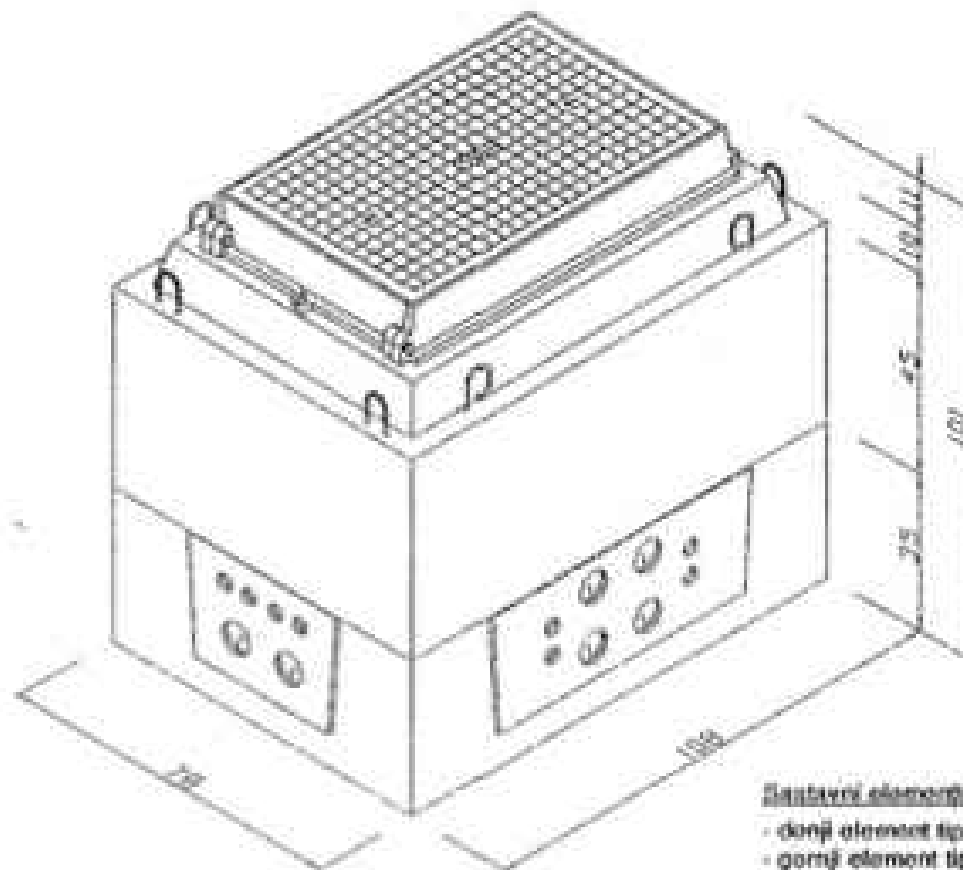
Gornji dio



Poklopac



Prostorni prikaz



Sastavni elementi:

- donji element tip D1
- gornji element tip D1
- poklopac komplet tip D1/15
- ulazna ploča tip S 75/40-4/4 (2 kom)
- ulazna ploča tip S 75/40-2/4 (2 kom)

Unutarnje dimenzije zdenca: 82x82x72 cm (širina x dužina x visina)

IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:

SVEUČILIŠTE SJEVER

Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:

**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I**

**REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:

**DETALJ MONTAŽNOG KABELSKOG  
ZDENCA MZ D1-E/150kN**

VRSTA PROJEKTA:

**GRAĐEVINSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE:

**GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:

**prof.dr. sc. Božo Soldo**

IZRADILA:

**Dragana Hrgić**

MJERILO:

**M 1 : 20**

BR. TEH. DNEVNIKA:

KNJIGA:

BROJ PRILOGA:

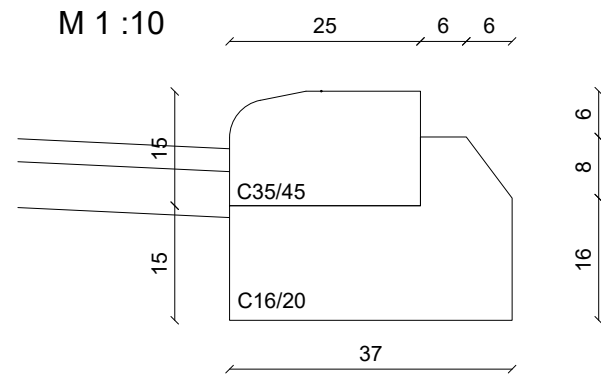
**11**

DATUM:

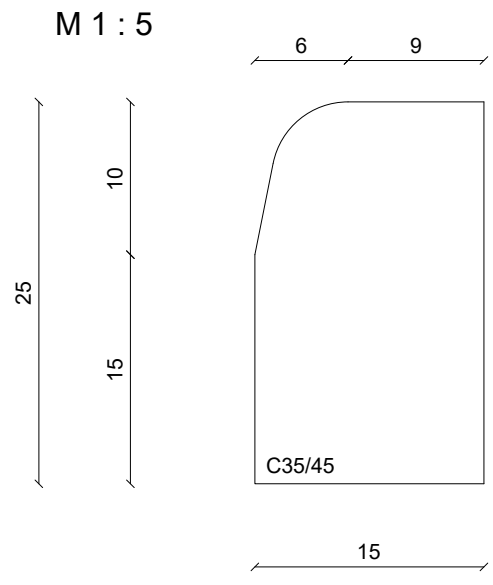
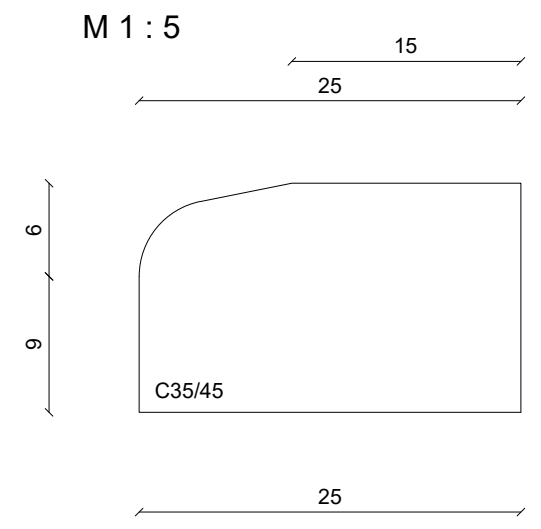
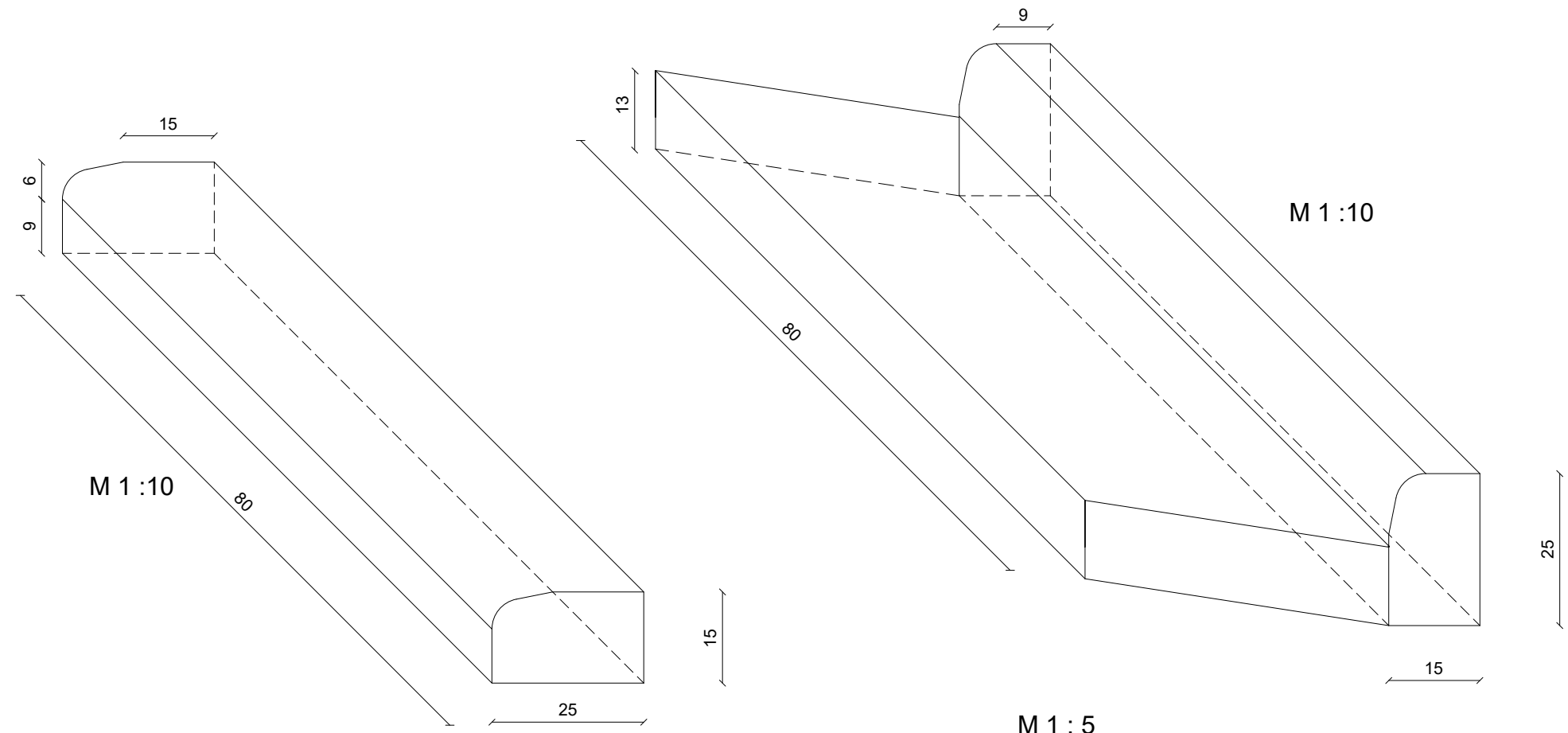
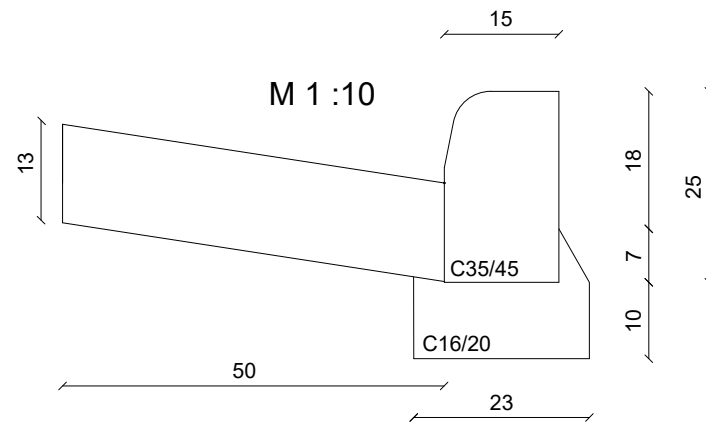
**rujan, 2016.**



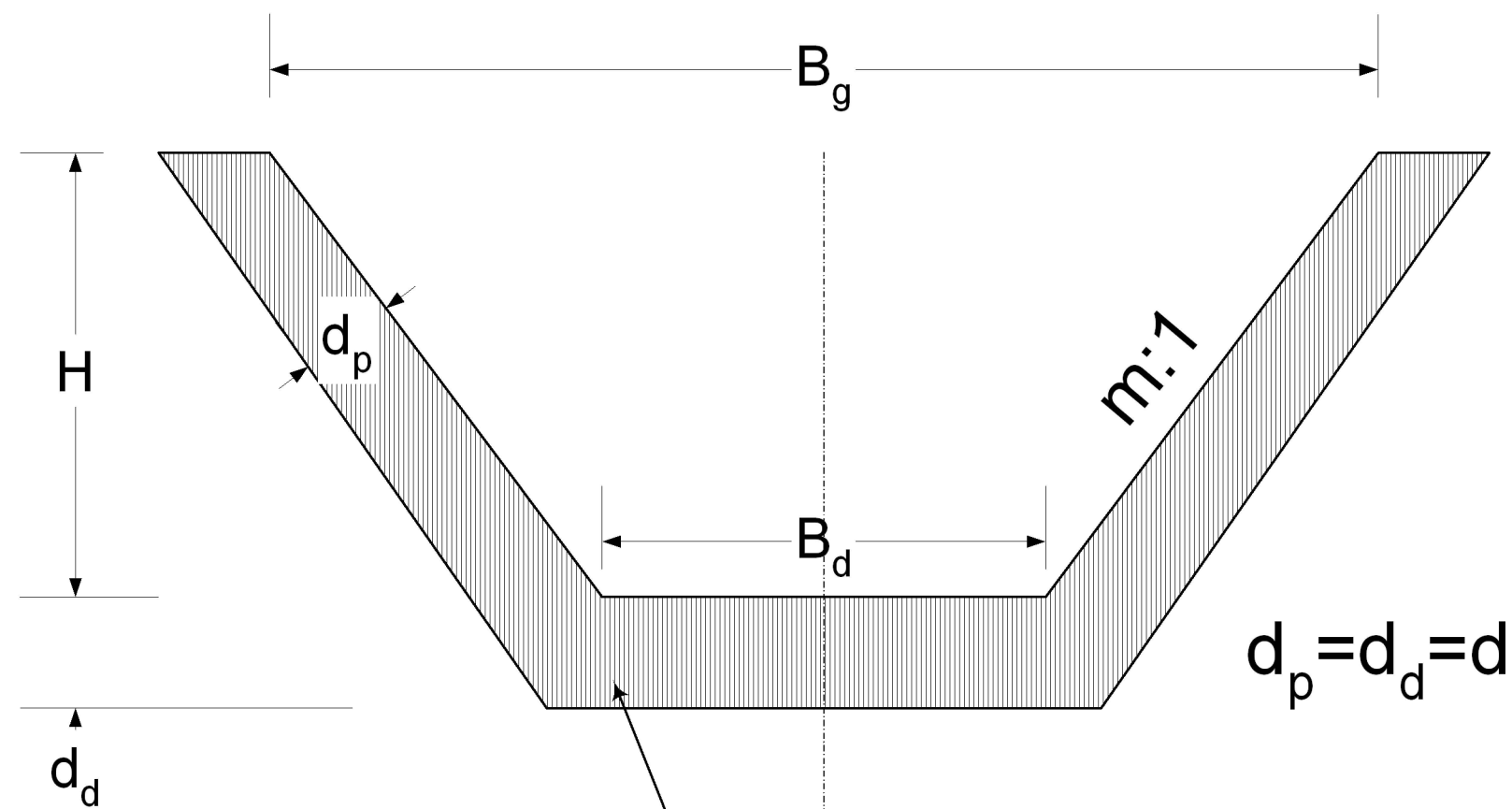
DETALJ POLEGNUTOG RUBNJAKA 15/25/100



DETALJ RIGOLA S RUBNJAKOM 15/25/100



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
<p><b>SVEUČILIŠTE SJEVER</b></p> <p>Odjel Graditeljstvo</p>			
<p>TEMA ZAVRŠNOG RADA:</p> <p style="text-align: center;"><b>SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE</b></p>			
<p>NACRT:</p> <p style="text-align: center;"><b>DETALJ POLEGNUTOG RUBNJAKA 15/25/80</b></p> <p style="text-align: center;"><b>DETALJ RIGOLA I USPRAVNOG RUBNJAKA 15/25/80</b></p>			
VRSTA PROJEKTA:	<b>GRAĐEVINSKI PROJEKT</b>		
RAZINA OBRADE:	<b>GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT</b>		
MENTOR:	<b>prof.dr. sc. Božo Soldo</b>		
IZRADILA:	<b>Dragana Hrgić</b>		
MJERILO:	<b>M 1 : 10</b>		
BR. TEH. DNEVNIKA:			
KNJIGA:			
BROJ PRILOGA:	<b>12</b>		
DATUM:	<b>rujan, 2016.</b>		



**MB 30** (prefabricirani betonski elementi  
slicnih dimenzija prema programu proizvođača)

Redni broj	Nagib pobočki	Osnovne dimenzije [cm]				Hidraulička svojstva	
		H	B <sub>d</sub>	B <sub>g</sub>	d	A [m <sup>2</sup> ]	cca Q <sub>m</sub> ax [l/s]
1	1:1	10	10	30	5	0,0200	30
2		15	10	40	5	0,0375	55
3	1,5:1	22,5	15	45	6	0,0675	100
4	2.1	25	25	50	7,5	0,0937	140
5		35	35	70	8,5	0,1837	270

IZMJENA:                      OPIS:                      DATUM:                      POTPIS:

SVEUČILIŠTE SJEVER  
Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:  
**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:  
  
**DETALJ TRAPEZNIH KANALA**

VRSTA PROJEKTA:                      **GRAĐEVINSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE:                      **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:  
  
**prof. dr. sc. Božo Soldo**

IZRADILA:  
  
**Dragana Hrgić**

MJERILO:                      **M 1 : 10**

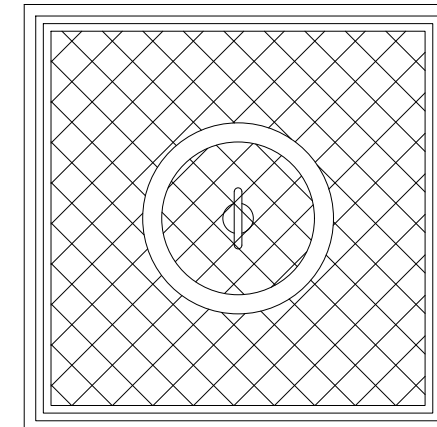
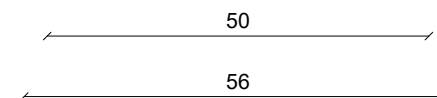
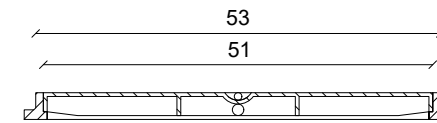
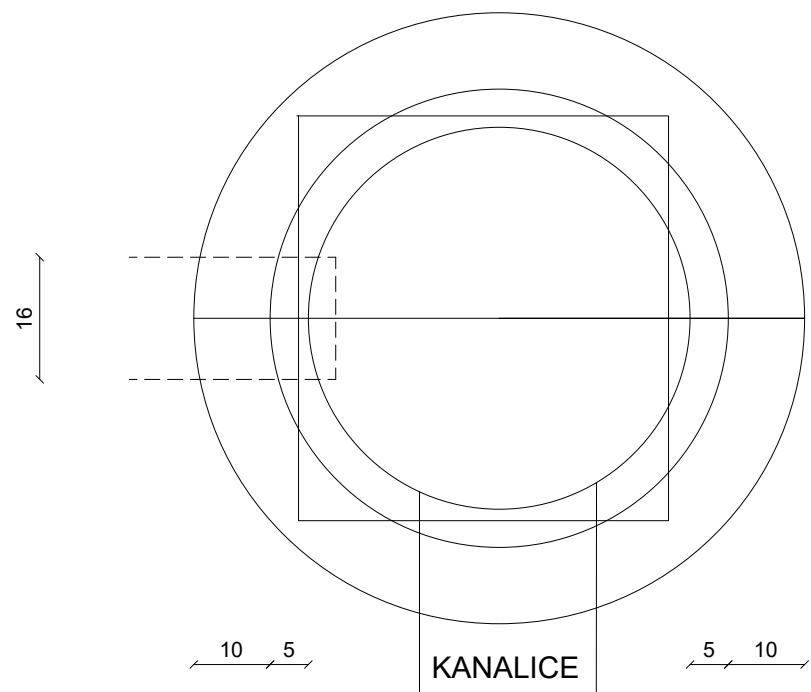
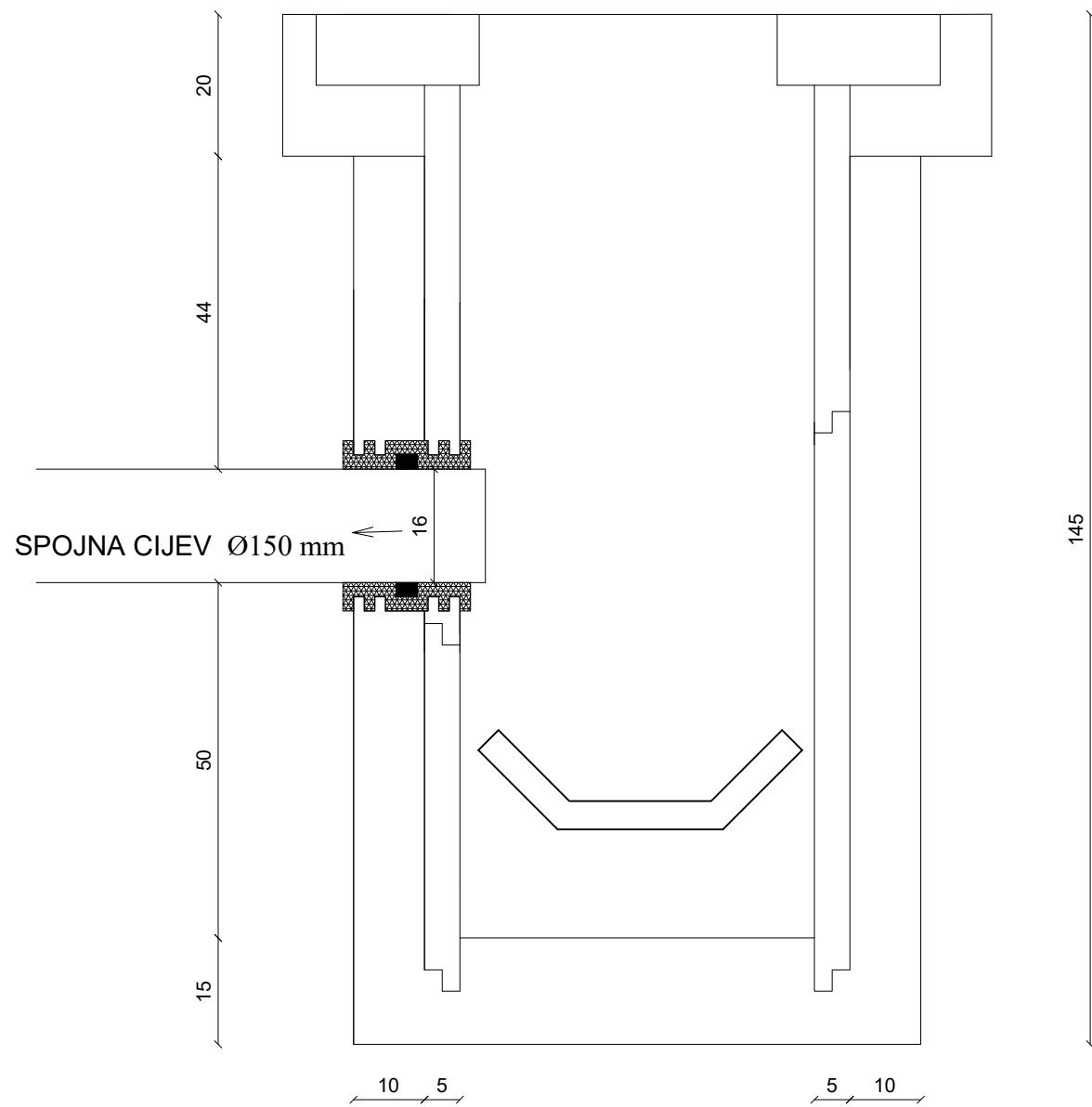
BR. TEH. DNEVNIKA:

KNJIGA:

BROJ PRILOGA:                      **13**

DATUM:                      **svibanj, 2015.**

DETALJ OKNA S ALOŽNICOM



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
----------	-------	--------	---------

SVEUČILIŠTE SJEVER  
 Odjel Graditeljstvo

TEMA ZAVRŠNOG RADA:  
**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I  
 REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:  
**DETALJ OKNA  
 DETALJ KANALSKOG POKLOPCA**

VRSTA PROJEKTA: **GRAĐEVINSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE: **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:  
**prof.dr. sc. Božo Soldo**

IZRADILA:  
**Dragana Hrgić**

MJERILO: **M 1 : 10**

BR. TEH. DNEVNIKA:

KNJIGA:

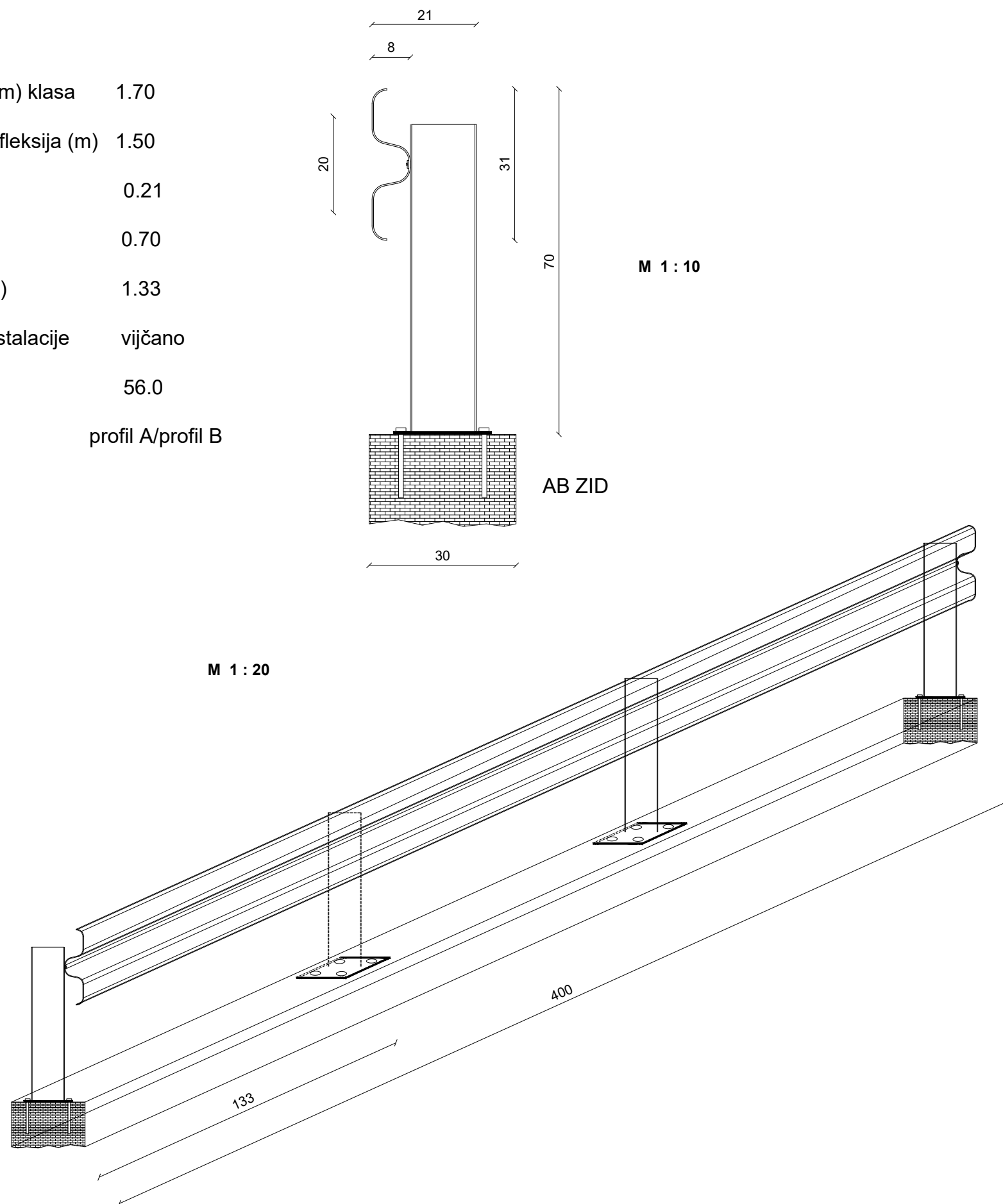
BROJ PRILOGA: **14**

DATUM: **rujan, 2016.**

## DETALJ ZAŠTITNE OGRADE H2

### TEHNIČKE SPECIFIKACIJE:

Normalizirana radna širina (m) klasa	1.70
Normalizirana dinamička defleksija (m)	1.50
Konstruktivna širina (m)	0.21
Konstruktivna visina (m)	0.70
Razmak između stupova (m)	1.33
Testirani sustav temelja / instalacije	vijčano
Testirana dužina (m)	56.0
Tip	profil A/profil B



IZMJENA:	OPIS:	DATUM:	POTPIS:
----------	-------	--------	---------

**SVEUČILIŠTE SJEVER**

**Odjel Graditeljstvo**

TEMA ZAVRŠNOG RADA:

**SANACIJA CESTOVNOG KLIZIŠTA I**

**REKONSTRUKCIJA TRUPA CESTE**

NACRT:

**DETALJ ZAŠTITNE OGRADE H2  
NA OBJEKTU POTPORNOG AB ZIDA**

VRSTA PROJEKTA: **GRAĐEVINSKI PROJEKT**

RAZINA OBRADE: **GLAVNI I IZVEDBENI PROJEKT**

MENTOR:  
**prof.dr. sc. Božo Soldo**

IZRADILA:  
**Dragana Hrgić**

MJERILO: **M 1 : 10**

BR. TEH. DNEVNIKA:

KNJIGA:

BROJ PRILOGA: **15-1**

DATUM: **rujan, 2016.**

