

Уређивачки одбор:

др Петар Митровић, дипл. инж.
др Драженко Главић, дипл. инж.
Горан Шеница, дипл. инж.
Новица Стевановић, дипл. инж.
Дејан Весић, дипл. инж.
Момчило Вељовић, дипл. инж.
Владан Тасић, дипл. инж.
мр Боровоје Алексић, дипл. инж.
Светозар Миленковић, дипл. инж.

Главни и одговорни уредник:

др Драженко Главић, дипл. инж. саоб.
drazen@via-vita.org.rs

Адреса редакције:

Српско друштво за путеве
11221 Београд, Кумодрашка 257
Тел./факс: 011/2493-134
Текући рачун: 355-1002423-53
е-mail: putisaobracaj@via-vita.org.rs
putisaobracaj@gmail.com

Лектура и коректура:

Мр Јелена Добриловић, проф.
jeja@poetic.com

Издавач:

Српско друштво за путеве VIA-VITA

Претплата за часопис:

Претплату за часопис уплатити на текући рачун Српског друштва за путеве 355-1002423-53, а огласе и остало слати у електронској форми на putisaobracaj@via-vita.org.rs или поштом на Српско друштво за путеве, Београд, Кумодрашка 257, поштански фах 4831, Тел. 2493-134

Годишња претплата за 2011. годину:

За правна лица 4 примерка часописа 25.000 динара, 2 примерка часописа 12.500 динара и 1 примерак часописа 6.250 динара. За Републику Српску исти ценовник према важећем курсу КМ. За иностранство 19.000 динара..

Колективна чланарина одређује се сразмерно величини и значају правног лица и не може бити нижа од 10.000 динара. Уплатом чланарине колективни чланови добијају одређени број примерака часописа бесплатно.

Резимеи и део текстова који се објављују у нашем часопису могу се читати и претраживати и на интернету, на сајту Српског друштва за путеве:

<http://www.via-vita.org.rs/>

Насловна страна:

Сава Шумановић, Липова алеја, 1941.
Уље на платну, 60 x 80 cm
Власништво Галерије слика "Сава Шумановић" Шид

Тираж:

400 примерака

Штампа:

„АТЦ – Штампa и издаваштво“ - Београд

Пут и саобраћај

ЧАСОПИС СРПСКОГ ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ

Број 1 • Јануар - Март 2011. • Година LVII

VIA – VITA!

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 1

На основу одлуке Српског друштва за путеве VIA-VITA 10.02.2011, за новог главног и одговорног уредника часописа Пут и Саобраћај именован је др Драженко Главић, дипл. инж. саоб.

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 2

У могућности смо да Вам понудимо **рекламирање у часопису Пут и саобраћај у издању Српског друштва за путеве [VIA-VITA]**. Часопис Пут и саобраћај добију сва предузећа за путеве у Србији, Институт, пројектантске фирме, Факултети, секретаријати, дирекције, као и институције од локалног до републичког нивоа која се баве путним инжењерством, путоградњом и саобраћајним инжењерством.

Како би **Ваши производи и услуге** на најбољи начин дошли до **циљне групе** односно до широког спектра крајних корисника **нудимо Вам да се оглашавате по симболичним ценама**. Ако сте заинтересовани за рекламирање у часопису, све информације можете добити на 0112493134 или е-mailом на putisaobracaj@via-vita.org.rs

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 3

Позивамо све који су у путном и саобраћајном инжењерству да објаве стручни рад у нашем часопису. Рад би трабао да приказује интересантне пројекте или интересантне методологије у којим су аутори и њихове компанија учествовали.

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 4

Крајем маја одржати ће се 57. годишња Скупштина Српског друштва за путеве VIA-VITA. О месту, термину и теми скупа бићете обавештени преко сајта СДП VIA-VITA на адреси www.via-vita.org.rs

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 5

Стални корисници, претплатници и финансијери часописа „Пут и саобраћај“ су: Министарство за инфраструктуру Србије; ЈП „Путеви Србије“; Инжењерска комора Србије; Академија ИАС; Привредна комора Србије; Предузеће „Србија пут“ а.д.; ПЗП „Београд“ а.д.; ПЗП „Крагујевац“ а.д.; А.Д. „Војводинапут“ Панчево, „Војводинапут - Бачкапут“ А.Д. Нови Сад; „Војводинапут“ А.Д. Зрењанин; ПЗП „Ниш“ а.д.; А.Д. за путеве „Крушевацпут“, ЈКП „Београд пут“, „Мостоградња“ а.д. Београд; А.Д. „Нови Пазар-Пут“, ПЗП „Пожаревац“ а.д.; „Путеви“ А.Д. Чачак; „Путеви-Ивањица“ д.о.о.; А.Д. „Путеви“ Пожега; А.Д. „Путеви“ - Ужице; А.Д. „Сремпут“ – Рума; „Србијааутопут“ а.д.; „Унијапромет“ д.о.о. Чачак, ПЗП „Врање“; ПЗП „Ваљево“ а.д.; „Војпут“ Суботица; „Геопут“, Београд; „Viaпројект“ Београд; „Урбиспројект“, Нови Сад; „Шидпројект“ Шид; „Енергопројект“ Београд; Институт „Михаило Пупин“ Београд; Г.П. „Планум“ Београд; „Институт за путеве“ а.д., Београд; Институт ИМС Београд; Грађевински факултет Београд; Саобраћајни факултет Београд; Рударско-геолошки факултет Београд; Грађевински факултет Ниш; Факултет техничких наука Нови Сад; „Ратко Митровић - Нискоградња“ Београд; „Партизански Пут“ Београд; „Боја“ Суботица, итд.

Број 1

Јануар - Март 2011 • Година LVII

САДРЖАЈ

Аутори:

Раде БОГДАНОВИЋ, дипл.инж.грађ.
Бранислав МАРКОВИЋ, дипл. инж.грађ.

Рецензент:

Драгутин Калезић, дипл. инж. грађ.

ИЗРАДА ПРОЈЕКТНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ЗА
ГЛАВНИ ПРОЈЕКАТ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ ПУТА
ПРИСТАНИШТЕ ЈОВАЊИЦА-МАНСТИР
ХИЛАДНАР-ХИЛАНДАРСКО ПРИСТАНИШТЕ
НА СВЕТОЈ ГОРИ

5

Аутори:

Милован ЈОТИЋ, дипл.инж.геол.
Бошко УБИПАРИП, дипл.инж.геол.
мр Владета ВУЈАНИЋ, дипл.инж.геол.
Јадранка МИЛИЋ, дипл.инж.грађ.
Светлана ЈОТИЋ, дипл.инж.геол.

Рецензент:

др Петар Митровић, дипл. инж. грађ.

РЕГИСТАР КЛИЗИШТА И ДРУГИХ
НЕСТАБИЛНИХ ПОЈАВА У ФУНКЦИЈИ
ПОБОЉШАЊА СТАЊА ДРЖАВНИХ
ПУТЕВА СРБИЈЕ

12

Аутор:

Видосав СТЕВАНОВИЋ, дипл.инж.грађ.

Рецензент:

Горан Шеница, дипл. инж. грађ.

ГЛАВНИ ПРОЈЕКАТ АУТОПУТА Е-80 НИШ
(ПРОСЕК)-ДИМИТРОВГРАД,
Деоница 7: Суково - Димитровград

20

Аутор:

Срђан СПАСОЈЕВИЋ, дипл.инж.грађ.

Рецензент:

др Петер Митровић, дипл. инж. грађ.

ФОРЕНЗИЧКА ГЕОТЕХНИЧКА АНАЛИЗА
НЕСТАБИЛНОСТИ НАСИПА И ПРОГНОЗА
ЊЕГОВОГ ПОНАШАЊА НАКОН
САНАЦИЈЕ ЛАКОТЕЖУЋИМ
МАТЕРИЈАЛОМ, НУМЕРИЧКИМ
МОДЕЛИРАЊЕМ

29

Number 1

January - March 2011 • Year LVII

CONTENTS

Authors:

Rade BOGDANOVIĆ, B.Sc. CE
Branislav MARKOVIĆ, B.Sc. CE

Reviewer:

Dragutin Kalezić, B.Sc. CE

PREPARATION OF FINAL DESIGN
DOCUMENTATION FOR THE ROAD
RECONSTRUCTION LANDING JOVANICA -
MONASTERY CHILANDAR - CHILANDAR'S
LANDING ON THE HOLY MOUNTAIN

5

Authors:

Milovan JOTIĆ, B.Sc. GE
Bosko UBIPARIP, B.Sc. GE
Vladeta VUJANIĆ, M.Sc., B.Sc. GE
Jadranka MILIĆ, B.Sc. CE
Svetlana JOTIĆ, B.Sc. GE

Reviewer:

Petar Mitrović, Ph.D. B.Sc. CE

REGISTER OF LANDSLIDE AND OTHER
INSTABILITIES APPEARANCE AS A
FUNCTION OF CONDITIONS OF
IMPROVEMENT OF SERBIAN PUBLIC ROADS

12

Author:

Vidosav STEVANOVIĆ, B.Sc. CE.

Reviewer:

Goran Šenica, B.Sc. CE

FINAL DESIGN NIŠ (PROSEK)-
DIMITROVGRAD E-80 MOTORWAY,
Section 7: Sukovo - Dimitrovgrad

20

Author:

Srdjan SPASOJEVIC B.Sc. (C.E.)

Reviewer:

Petar Mitrović, Ph.D. B.Sc. CE

FORENSIC GEOTECHNICAL ANALYSIS OF
EMBANKMENT DISTRESS AND ITS
BEHAVIOR FORECAST AFTER
LIGHTWEIGHT MATERIAL REHABILITATION
MEASURES, BY NUMERICAL MODELING

29

Број 1

Јануар - Март 2011 • Година LVII

САДРЖАЈ

Аутори:

мр Душан БЕРИСАВЉЕВИЋ, дипл.инж.геол.
др Ненад ШУШИЋ, дипл.инж.грађ.

Рецензент:

мр Владета Вујанић, дипл.инж.геол.

ПРОЦЕНА ОПАСНОСТИ ОД ЛИКВЕФАЦИЈЕ
АНАЛИЗОМ IN SITU СРТ ОПИТА И
ИНДЕКСНИХ ПОКАЗАТЕЉА ТЛА

38

Аутор:

др Горан РАЈОВИЋ, дипл.геогр.

Рецензент:

др Драженко Главић, дипл. инж. саоб.

ПРИРОДНИ УСЛОВИ ЗА РАЗВОЈ И
РАЗМЕШТАЈ САОБРАЋАЈА У
СЕВЕРОИСТОЧНОЈ ЦРНОЈ ГОРИ

44

Аутор:

Николић ЗЛАТОМИР, дипл.инж.грађ.

Рецензент:

Момчило Вељовић, дипл. инж. грађ.

ДРУМСКИ АРМИРАНО БЕТОНСКИ МОСТ
ПРЕКО РЕКЕ РАСИНЕ НА КМ 59+117
ДРЖАВНОГ ПУТА ДРУГОГ РЕДА БР. 222
(Р-222) ДЕОНИЦЕ БРУС - РАЗБОЈНА

53

Number 1

January - March 2011 • Year LVII

CONTENTS

Authors:

Dušan BERISAVLJEVIĆ, M.Sc. GE
Nenad ŠUŠIĆ Phd, CE

Reviewer:

Vladeta Vujanich, M.Sc., B.Sc. GE

ASSESSMENT OF LIQUEFACTION HAZARD
BY IN SITU CPT TEST ANALYSIS AND
INDEXING INDICATOR OF SOIL

38

Author:

Goran Rajovic, Ph.D, GE

Reviewer:

Drazenko Glavic, Ph.D. M.Sc. B.Sc. TE

THE NATURAL CONDITIONALIS FOR
DEVELOPMENT OF TRAFIC IN
NOORDOOSTE - MONTENEGRO

44

Author:

Zlatomir NIKOLIC. B.Sc. CE

Reviewer:

Momcilo Veljovic, B.Sc. CE

REINFORCED CONCRETE ROAD BRIDGE
OVER THE RIVER RASINA AT KM 59+117 OF
THE STATE SECONDARY ROAD NO. 222 (R-
222) SECTION BRUS - RAZBOJNA

53

ИЗРАДА ПРОЈЕКТНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ЗА ГЛАВНИ ПРОЈЕКАТ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ ПУТА ПРИСТАНИШТЕ ЈОВАЊИЦА - МАНСТИР ХИЛАДНАР - ХИЛАНДАРСКО ПРИСТАНИШТЕ НА СВЕТОЈ ГОРИ

Раде Богдановић, дипл.инж.грађ.

bogdanovicr@sicp.co.rs

Бранислав Марковић, дипл. инж.грађ.

markovicb@sicp.co.rs

Саобраћајни Институт ЦИП,

Немањина 6, Београд

Стручни рад

Резиме: У раду је презентирано постојеће стање, пројекат и техничка проблематика реконструкције пута у специфичном окружењу где се примењеним решењима није смела нарушити амбијентална целина Свете Горе. Циљ пројекта је да се реконструкцијом пута обезбеди његова целовитост, носивост и трајност, спречи негативан утицај атмосферилија и побољшају технички елементи. Крајњи резултат примењених техничких решења је повећање безбедност саобраћаја а самим тим и квалитета услуге корисника.

PREPARATION OF FINAL DESIGN DOCUMENTATION THE ROAD RECONSTRUCTION LANDING JOVANICA - MONASTERY CHILANDAR - CHILANDAR'S LANDING ON THE HOLY MAUNTAIN

Rade Bogdanović, B.Sc.CE.

bogdanovicr@sicp.co.rs

Branislav Marković, B.Sc.CE.

markovicb@sicp.co.rs

Institute of transportation CIP,

Nemanjina 6, 11000 Belgrade

Professional paper

Summary: The paper herein analyzes the current state, project preparation and technical problems related to the road reconstruction. Since the road concerned is located in specific environment, it requires specific solutions to be applied so as ambient entity of Sveta Gora (Mount Athos) could be left undisturbed. The purpose of the project is reconstruction of the existing road that shall be provided with more improved characteristics. Through the reconstruction process, the road shall be completed and provided with more improved technical elements, appropriate bearing capacity and durability so as adverse precipitation impacts could be significantly reduced. The final result of the applied technical solutions shall contribute to improved traffic safety and enable better quality services.

УВОД:

Свети Манастир Хиландар налази се у северо-западном делу полуострва Атос Агиос Орос, шире познатог као Света Гора.

Манстирско здање, подигнуто 1198.г. је лоцирано на десетом километру земљаног пута који води од Сигитског залива (пристаништа Јовањица) преко Атоса до Тракијског мора на супротној, источној страни полуострва, односно до Хиландарског пристаништа-арсане. Трајектна веза до пристаништа Јовањица је уједно и једина саобраћајна веза манастирског комплекса с обзиром да друмска комуникација не постоји. Хиландарско пристаниште се налази недалеко од Цркве Светог Василија из 1310. г. Због утицаја мора и несолидне градње ово пристаниште је оштећено и уз њега тренутно не пристају бродови.

Укупна дужина пута од пристаништа Јовањица до Хиландарског пристаништа на другој обали износи 12343м а дужина крака пута од главне трасе пута до улаза на манастирску капију 213m. Комплетна траса пута се налази на поседу од 8600 хектара који припада Светом Манастиру Хиландар.

ОПИС ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА

Предметни пут Јовањица - Манастир Хиландар - Хиландарско пристаниште простире се кроз предео манастирских шума у власништву Манастира Хиландар на северном делу полуострва Света Гора. Пут је ширине 3-6m са коловозом од земљаног и мешаног дробљеног каменог материјала, претежно у засеку и са кривинама које омогућавају пролаз најтежих возила. Са брдске стране постоје грубо ископани канали променљивих димензија, делимично оштећени великом брзином воде и ерозијом косина. У време киша због ерозије косина, недовољног броја објеката за пропуштање воде, те распадања и спирања косина и коловозног застора, дошло је до убрзаног пропадања пута. Поред оштећења коловоза на више места дошло је до оштећења тупа пута која се огледају у зарушавању тупа односно косине насипа.

Такође је уочено да један део постојећих пропусти нема довољну дужину изливне конструкције нити стабилизациони праг, те их је вода поткопала и угрозила стабилност.



Слика 1. Прегледна ситуација

У вертикалној пројекцији траса пута почиње од коте мора, а затим успоном преко првог врха, на стационажи 4+284, кнв 329.10, и "седла" између, долази до највише тачке на коти 336.40 (км 5+318). До првог врха пут је у константном успону 7-8%. После другог врха нивелета је у паду, такође 7-8% све до стационаже 10+300. Од ове стационаже траса улази и долину и у благом је нагибу (око 1.4%) све до крајње стационаже у Хиландарском пристаништу (км 12+342.70).

На стацинажи 10+106.71 са леве стране одваја се крак пута дужине 213m који води до капије манстирског комплекса (почетак калдрме).

У попречном пресеку генерално се може констатовати да је пут у засеку од почетка до станицаже 4+800. Од 4+800 до 6+000 траса се креће по планинском гребену, а од ове станицаже до км 10+300 поново у засеку. Од 10+300 траса је долињска, положена по терену без изражених усека и насипа.

До почетка реконструкције манастира пут је коришћен за кретање возила за снабдевање и транспорт туриста који се искрцавају у Јовањици.

Са радовима на реконструкцији манастира после пожара, њиме саобраћају и возила која допремају материјал и опрему за потребе градилишта.

У геолошком погледу земљиште на коме је лоциран пут изграђује претежно гранит, кварц и гнајс који је подложен распадању под утицајем биохемијских фактора. Земљиште се на овом подручју сврстава у тамно црвено средоземно земљиште.

Клима на подручју Свете Горе спада у благе средоземне климе подложна утицају високих температура и североисточних ветрова који дувају на овом подручју. Просечна годишња количина падавина износи 651mm.

Пут је реконструисан 2002. године према пројекту Грчке фирме "Грчке шуме" из 1998. године. Према том пројекту поред проширења пута и других радова, предвиђено је да се уради 26 цевних пропуста. Према геодетски снимљеној ситуацији (2007.године) констатовано је да на целој траси пута има укупно четрнаест пропуста, већином од бетонских цеви Ø800mm.



Слика 2. Ерозија косина

СИТУАЦИОНО РЕШЕЊЕ

У ситуационом плану, почетак трасе је у пристаништу Јовањица а крај у Хиландарском пристаништу. Осовина пута се води приближно по постојећој осовини уз неопходне корекције да би се добили што повољнији услови одвијања саобраћаја.

Од станица 0+270 до станица 0+420 извршена је корекција трасе јер је тај потез приликом рекогносцирања терена означен као неповољан са становишта ситуационих елемената трасе, што је и потврђено и после геодетског снимања терена. С обзиром да висина падине није велика то је корекција спроведена без већих засецања а тиме знатно побољшана безбедност саобраћаја.

Од км 1+300 до 1+380 постојећи пут обострано обилази брежуљак висине до 7m. За реконструкцију је процењено да је повољнија лева страна те су интервенцијом знатно поправљену ситуациони елементи трасе. Материјал са ове локације се може користити за насипања тако да се добије зараван подесна за одмориште.

С обзиром да је пут у стрмом засеку то не постоји могућност за већим исправљањем трасе јер би то проузроковало велике радове на изради потпорних конструкција што би нарушило амбијенталну целину.

На станицама 10+106.71 на десну страну се одваја крак дужине 213m који води до улазне капије Манастира Хиландар.

После одвајања за Манастир главна траса пута је знатно опруженија са кривинама великих полупречника и малих скретних углова. До станица 10+600 траса се протеже уз десну обалу водотока по благо засеченом терену кроз пределе са чемпресима.

Од станица 10+230 до 10+300 постојећи пут има коловоз од старе калдрме из доба краља Милутина. Пројектом је урађена девијација пута на овом потезу тако да је он измештен на леву страну. Овом девијацијом је калдрма заштићена од дејства саобраћајног оптерећења на успону које ће бити појачано када се реконструише Хиландарско пристаниште код Цркве Светог Василија. Непосредно пре потеза са калдрмом за провођење воде из канала са десне стране кроз труп пута, пројектован је цеваст пропуст (км 10+232.50). До сада се вода из овог канала разливала преко калдрме.

Од станица 11+668 где се са десне стране налази пирг краља Милутина, траса пута улази у плодну равницу познату као "Савине ливаде".

На овом потезу, са обе стране пута се налази жичана ограда. Постојећи пут је положен по терену и без икаквог одводњавања. Због скидања насута материјала на потезу од 11+900 до 12+176 коловозни застор је испод околног терена и до пола метра. Овакво стање је довело до тога да нема отицања воде па је коловоз заблаћен скоро целе године што отежава кретање возила и пешака. Из тих разлога неопходно је скинути или изместити постојећу жичану ограду, извршити насипање и урадити обостране канале за оцеђивање воде.

Пут се завршава у Хиландарском пристаништу окретницом са спољним полупречником од 12m. Окретница је пројектована за потребе садашњег и будућег саобраћаја када се оспособи пристаниште, јер се са ове стране очекује већи прилив посетилаца.

Краћа станица пројектоване реконструкције пута је 12+342,70.



Слика 3. Крак пута за прилаз Манастиру Хиландар, km 10+607



Слика 4. Крај прилазног крака - почетак старе калдрме. У позадини улазни трем (1635.г.) и пирг Светог Саве (XII век и 1682.г.)



Слика 5. Крај трасе, окретница у Хиландарском пристаништу - Арсени, km 12+343

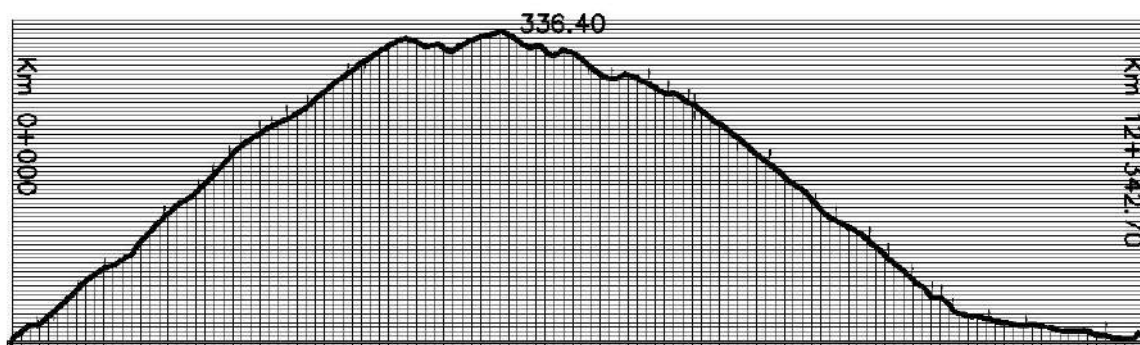
НИВЕЛАЦИОНО РЕШЕЊЕ

Нивелета реконструкције пута је пројектована приближно према постојећој нивелети, односно генерално изнад ње за висину будуће коловозне конструкције од 20cm.

Једино подизање нивелете је урађено у зони пројектованог плочастог пропуста од 5m на почетку трасе (км 0+273).

Вертикални преломи нивелете су заобљени одговарајућим вертикалним кривинама. Две највише тачке на уздужном профилу су на стационажама 4+284, кнв 329.10m и на 5+318, кнв 336.40m.

Дворишни део манстирског здања са Црквом краља Милутина налази се на надморској висини од 47 до 51m.



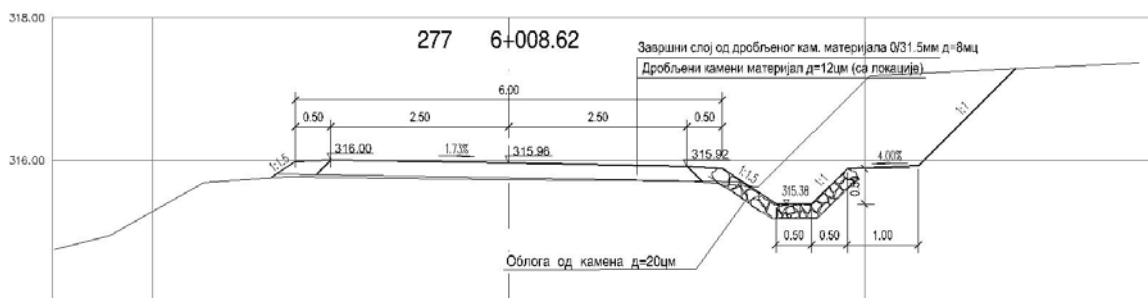
Слика 5. Уздужни профил

ПОПРЕЧНИ ПРОФИЛИ

Попречни профили су пројектовани сходно пројектном задатку са ширином коловозног застора од 5m и обостраним банкама од по 0.50. Банкине ће се изводити од дробљеног каменог материјала са локације тако да се могу користити и као коловозни застор за мимоилажење возила. Попречни нагиб коловоза износи 3% с тим да је у кривинама обезбеђен позитиван попречни нагиб.

Са брдске стране пројектовани су калдрмисани канали дубине минимум 50cm са дном ширине такође најмање 50cm. Нагиб косина усека се креће од 1: 1 до 3:1 зависно од услова микро локације.

Кроз обраду попречних профила се настојало да се поред канала према брдској страни обезбеди берма ширине 1m а не мање од 0.5m. Нагиб берме је према коловозу и износи 4%.



Слика 6. Попречни профил

КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА

Коловозна конструкција је пројектована уважавајући специфичност локације и тешкоће са набавком и допремом материјала. У том смислу предвиђено је да се уради први слој у дебљини од 12cm од локалног дробљеног каменог материјала и завршни хабајући слој

дебљине 8cm од дробљеног каменог материјала 0/31.5mm. Према томе укупна дебљина коловозне конструкције би била просечно 20cm. Завршни слој од 8cm квалитетног дробљеног материјала 0/31.5mm би требало допремити са налазишта ван Свете Горе. Та количина би износила око 5100m³.

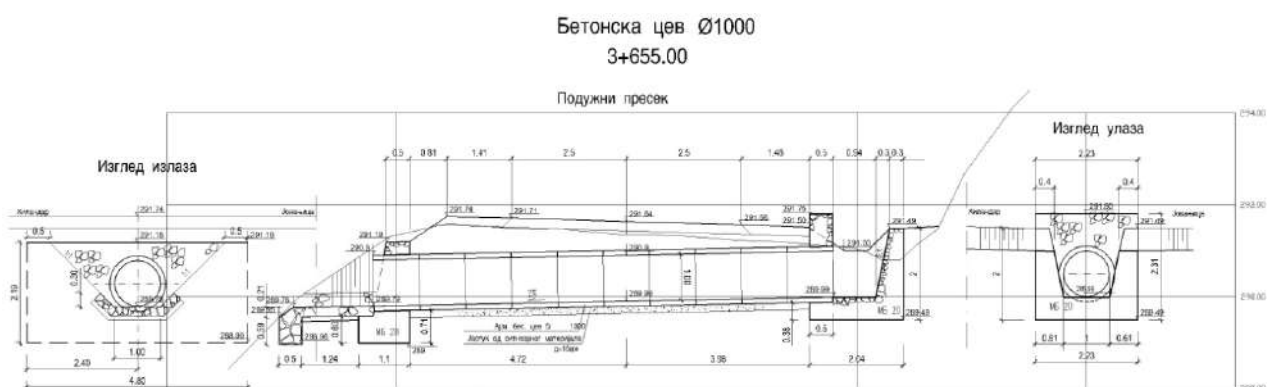
На Хиландарском поседу Свете Горе постоји локални каменолом. Уз инсталирање малог дробилишног постројења и друге опреме материјал би се могао користити за израду доњег дела коловозне конструкције (д=12см) као и за одржавање. Потребна количина овог материјала за коловозну конструкцију износи око 7600m³.

ОДВОДЊАВАЊЕ

Закључено је да је основни узрок пропадања пута недовољан број пропуста. Вода добије убрзање у дугачким стрмим каналима и код наилаaska на кривине прелази преко пута,

разара коловоз а често и супротну банкину односно труп пута. Констатовано је да на траси има укупно четрнаест пропуста од бетонских цеви претежно Ø800mm.

На постојећим пропустима треба извести радове на њиховој санацији или побољшњу услова отицања према закључцима који су донешени за сваки пропуст на основу рекогносцирања терена и хидролошких параметара.



Слика 7. Цеваст пропуст



Слика 8. Пројектно решење девијације пута и евакуације воде (лево) у циљу заштите калдрме из доба краља Милутина са фотографијом постојећег стања (десно)

Према сликовима и конфигурацији трасе констатовно је да треба изградити још двадесет нових објеката.

Пропусти су пројектовани од армирано бетонских цеви Ø1000mm. Са улазне стране имају улазни шахт а са излазне стране паралелни крилни зид и калдрмисано изливно корито са зубом. Предвиђено је да овај део буде од калдрме дебљине 20cm у цементном малтеру, на подлози од ситнозрног материјала. Да се неби нарушавао природни амбијент пројектом је одређено да се све видне површине обложе каменом са локације и то тако што би се камен слагао уз оплату.

Уз брдску страну пројектовани су канали за одводњавање. Постојећи канали су са недефинисаном геометријом, често продубљеног дна и са тенденцијом поткопавања пута. Канали су пројектовани са ширином дна од 50cm и са дубином не мањом од такође 50cm. Предвиђено је да се сви канали обложе каменом. Приоритет код извођења радова на облагању косина треба дати каналима испред пропусте са уливне стране, те радови на облагању треба почети од ових места.



Слика 9. Пирг (осматрачница) са почетка IVX века, km 11+668

ЗАКЉУЧАК

Реализацијом пројекта знатно би се побољшала безбедност саобраћаја и удобност вожње на предметном путу, те омогућила његова трајност и целовитост. Пројектом је предвиђена примена локалног материјала у комбинацији са материјалима допремљеним са стране. Уз пажљиво одабране приоритетне радове при извођењу, примену нискоквалификоване радне снаге и минимума механизације објекат би се могао реализовати у етапама и без великих трошкова изградње.

Литература:

- [1] Пројекат за поправку шумског пута "Јовањица - Свети Филип - Папа Конак - Манастир -Хиландарско пристаниште" ради противпожарне заштите шумског поседа Светог Манастира Хиландар на Светој Гори, Солун, септембра 1998, Пројектни биро "Грчке шуме" о.е.

РЕГИСТАР КЛИЗИШТА И ДРУГИХ НЕСТАБИЛНИХ ПОЈАВА У ФУНКЦИЈИ ПОБОЉШАЊА СТАЊА ДРЖАВНИХ ПУТЕВА СРБИЈЕ

Милован ЈОТИЋ, дипл.инж.геол.
Бошко УБИПАРИП, дипл.инж.геол.
мр Владета ВУЈАНИЋ, дипл.инж.геол.
Јадранка МИЛИЋ, дипл.инж.грађ.
Светлана ЈОТИЋ, дипл.инж.геол.
е-mail: geotehnika@beotel.rs
Институт за путеве, Кумодрашка 257, 11040
Београд, Србија

Стручни рад

Резиме: На државним путевима Србије дошло је, у периоду од 2006 до 2010. године, до формирања више стотина нестабилних појава (клизишта, тецишта, одрона, оштећења трупa пута), различитих димензија и степена активности, које су имале за последицу отежано одвијање саобраћаја, а на неким деоницама и до његовог потпуног прекида. Овакво стање наметнуло је код Ј.П. „Путеви Србије“ (Сектор за одржавање државних путева I и II реда), потребу за (хитну) израду „Регистра клизишта и других нестабилних појава на путној мрежи“, који би омогућио, да се на бази прикупљених података, донесу одлуке о приоритетима за санацију, јер није се могло истовремено кренути у санацију свих формираних нестабилних појава. У овом раду даје се приказ методолошког приступа израде регистра (односно евидентирање основних података) нестабилних појава. Примењена методологија омогућава коришћење тако прикупљених података, како за (превентивно) сагледавање потенцијалне опасности од клизног хазарда и ризика, тако и за програм неопходних геолошко геотехничких истраживања, успостављање мониторинга, њихову санацију, те за евентуалну израду базе података о клизиштима и другим нестабилним појавама на државним путевима Србије.

Кључне речи: пут, нестабилна појава, клизиште, регистар

REGISTER OF LANDSLIDE AND OTHER INSTABILITIES APPEARANCE AS A FUNCTION OF CONDITIONS OF IMPROVEMENT OF PUBLIC ROADS SERBIAN

Milovan JOTIĆ, B.Sc. GE
Bosko UBIPARIP, B.Sc. GE
Vladeta VUJANIĆ, M.Sc. B.Sc. GE
Jadranka MILIĆ, B.Sc. CE
Svetlana JOTIĆ, B.Sc. GE
The Highway Institute, Department for geotechnics,
257 Kumodraska St., 11040 Belgrade, Serbia,
е-mail: geotehnika@beotel.rs

Professional paper

Abstract: In the period 2006-2010 on state roads of Serbia there were several hundreds occurrences of instability (landslides, soil flows, slumps, road base damages) of various dimensions and activity rates, which altogether rendered difficult the traffic operations, and on certain sections even the traffic had to be interrupted completely. Such conditions imposed to the Public Company "Roads of Serbia" i.e. its Sector for maintenance of roads of the 1st and the 2nd rank to prepare urgently "The Register of Landslides and Unstable Occurrences on the Roadnetwork". The latter, on the basis of gathered data, would be able to provide for the decision-making on the priorities of repairs, since it could not be feasible to repair simultaneously all unstable occurrences. This paper is reviewing the methodological approach in the register preparation i.e. recording of basic data pertaining to unstable occurrences. The applied methodology enables the utilization of data gathered in such a way, either for preventive perception of potential danger originating from sliding hazard and risk, and also for the program of required geological-geotechnical investigations, monitoring, repair measures, and possible data base preparation as regards the landslides and other unstable occurrences on state roads of Serbia.

Key words: road, instability, landslide, register

1. УВОД

Деформације у зони пута изазване појавом клизишта, не само да директно утичу на стабилност и сигурност одвијања саобраћаја на путевима, него и на сигурност становништва које живи у непосредној близини и околним објектима. Радови на реконструкцији и поновном успостављању ранијег стања, често захтевају огромна финансијска средства. Зато је неопходно да се препознају сва потенцијална (активна и примирена) клизишта, у раној фази свог настанка, кроз њихово евидентирање, повремена истраживања и инспекцију, ради спречавања (настанка или развоја) клизних процеса већих размера.

Другим речима, благовремено откривање појаве нестабилности и утврђивање њених карактеристика, дозвољава могућност примене правовремених, адекватних (рационалних) санационих мера. Због тога, што су неке од ових појава задњих година, довеле до потпуног прекида саобраћаја на појединим путним правцима, а неке и данас представљају потенцијалну опасност и прете да угрозе животе учесника у саобраћају.

Ј.П. „Путеви Србије“ је уговорила са Институтом за путеве а.д. из Београда, да се обиђу значајнији путни правци магистралне и регионалне мреже у Србији, ради евидентирања (потенцијалних) нестабилних појава. Током 2008., 2009. и 2010. године., регистровано је око 200 нестабилних појава (клизишта, оштећености тупа пута, одрона и др.), различитих димензија, механизма и степена активности, слике 1 и 2.

2. КРАТАК ПРИКАЗ МЕТОДОЛОГИЈЕ ИЗРАДЕ РЕГИСТРА КЛИЗИШТА И ДРУГИХ НЕСТАБИЛНИХ ПОЈАВА НА ПУТНОЈ МРЕЖИ СРБИЈЕ

Израда регистра клизишта и других нестабилних појава на државним путевима Србије треба да омогући благовремено, потпуно и тачно информисање надлежних институција о броју и стању активности клизишта и других нестабилних појава, степену угрожености саобраћајница, рејтингу приоритета предузимања санационих мера као и информисање учесника у саобраћају о стању, проходности и безбедности саобраћајница.

Основна концепција за израду регистра клизишта, и других нестабилних појава на државним путевима Србије се заснива на поставци да се за свако клизиште, одрон или оштећење тупа пута, формира регистарски лист. Оцењено је да је за правилну стручнију интерпретацију битних параметара сваке нестабилне појаве на путу неопходно, поред регистарског листа, дати и приказ њеног географског положаја у путној мрежи Србије, затим скицу диспозиције и прогнозног инжењерско-геолошког пресека терена, као и одговарајућу фотодокументацију.

Предвиђено је да се регистарски лист ради на основу површинског инжењерскогеолошког рекогностицирања терена и обраде фонда постојеће геолошко - геотехничке документације. У циљу уједначеног прикупљања и обраде, свих појава нестабилности на терену, у регистарском листу је дат начин попуњавања и његов садржај.

Регистарски лист на јединствен, стручно аргументован и целовит начин обрађује клизишта и друге нестабилне појаве на

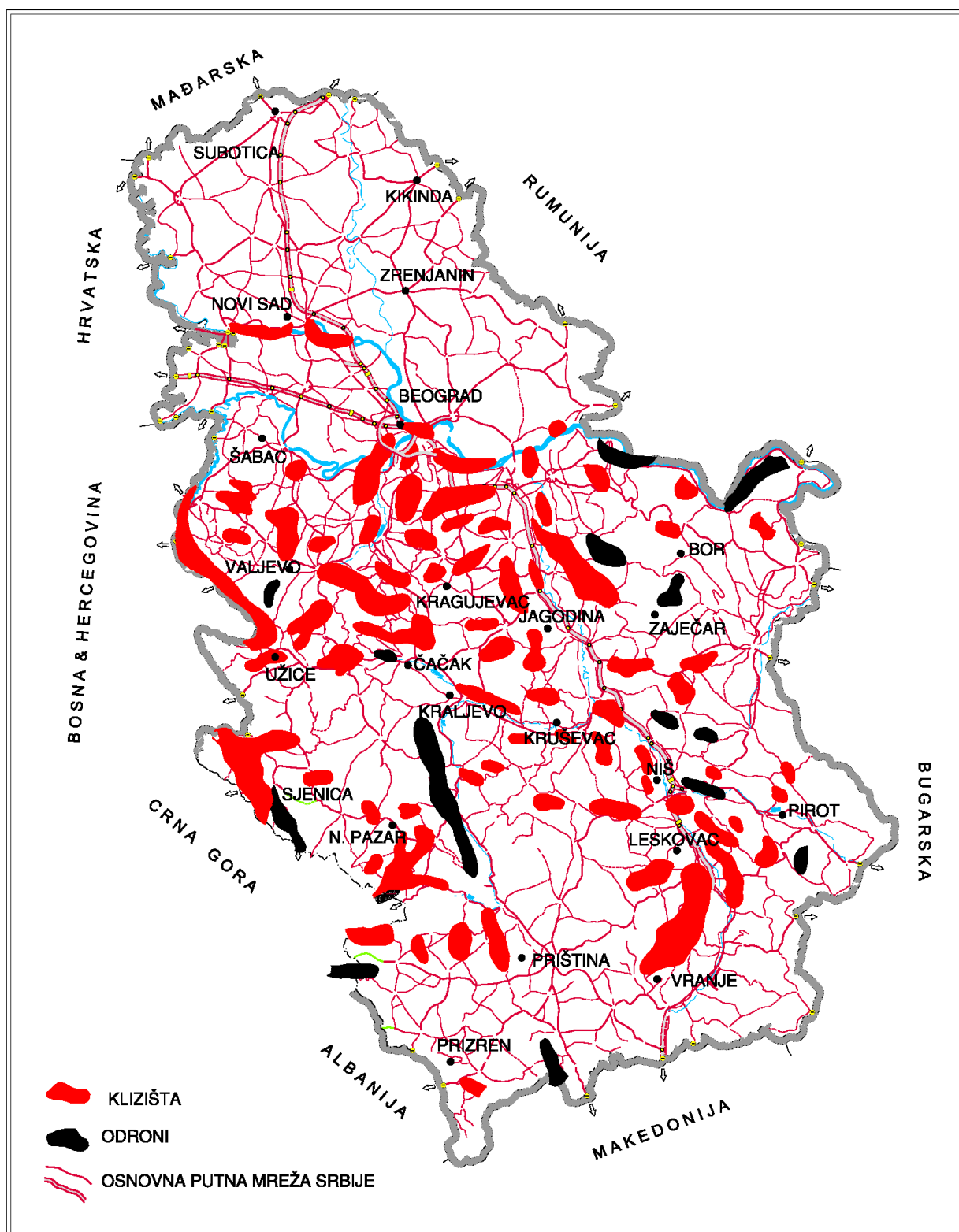
државним путевима Србије. Кроз овај лист извршена је комплетна просторна идентификација, утврђене су димензије и облик клизишта, а на основу података прикупљених на терену дате су и оријентационе дубине клизишта. Поред ових параметара, за сваку појаву понаособ, дата је инжењерскогеолошка скица, прогнозни инжењерскогеолошки пресек терена као и текстуални опис основне геолошке грађе терена са битним инжењерскогеолошким и хидро- геолошким одликама. Регистарским листом су дати подаци о угрожености објеката и простора, узроцима настанка појава, прогнози понашања процеса, као и претходна оцена о могућностима санације терена и објеката.

За део магистралне и регионалне путне мреже Србије, у периоду од 2005/06. до половине 2010. године, извршено је рекогностицирање и евидентирање преко 200 нестабилних појава на путевима, а прикупљени подаци представљају аргументовану документациону основу за израду базе података о клизиштима и другим нестабилним појавама на путној мрежи Србије, слике 1 и 2.

3. ОСВРТ НА КРИТЕРИЈУМЕ ЗА ПОПУЊАВАЊЕ РЕГИСТАРСКОГ ЛИСТА КЛИЗИШТА

Општи подаци о клизиштима: попуњавају се тако што се уписује: назив и број пута, деоница пута на којој је регистрована појава, њена стационажа, број појаве на деоници и локални назив појаве према називу најближег насељеног места или називу мештана. Уколико нема локалног назива уписује се само стационажа појаве на путу. На карти пут- не мреже Србије, слике 2 и 3 уписује се географски положај клизишта (нестабилне појаве).

Елементи појаве: уписује се категорија клизишта (нестабилне појаве) према активности, процењени или измерени параметри који дефинишу елементе појаве у простору: дужина нестабилне појаве, њена ширина по путу, површина захваћена процесом, облик тела, висина и облик чеоног ожилжа, положај деформације према путу, вертикална и хоризонтална померања и на крају уписује се процењена дубина клизишта (нестабилне појаве).

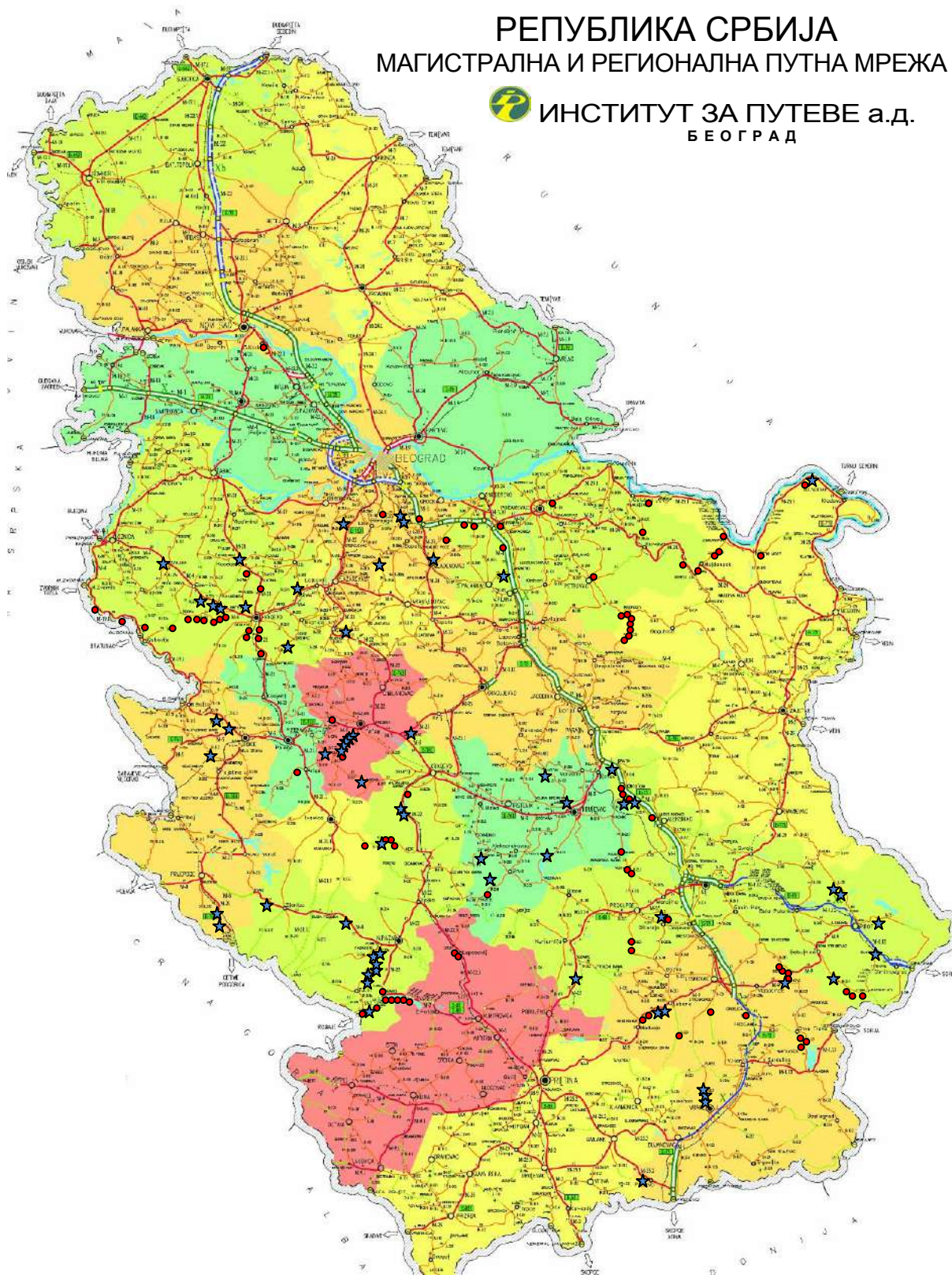


Слика 1. – Прегледна карта Србије са значајним зонама нестабилности терена: клизишта, одрона и сипара
Figure 1. – Index map of Serbia with relevant zones of terrain instability: landslides, rockfalls and screes

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
МАГИСТРАЛНА И РЕГИОНАЛНА ПУТНА МРЕЖА



ИНСТИТУТ ЗА ПУТЕВЕ а.д.
БЕОГРАД



Слика 2. – Прегледна карта Србије са евидентираним клизиштима и другим нестабилним појавама на магистралној и регионалној путној мрежи
★Клизишта и оштећења насипа трупa пута, регистрована у периоду 2005 – 2007. г.
●Клизишта и оштећења насипа трупa пута, регистрована у периоду 2008. – прва половина 2010. г.

Figure 2. – Index map of Serbia with recorded landslides and other occurrences of instability on respective main and regional road networks
★ Landslides and damages on embankment road base recorded in the period 2005 – 2007.
● Lanslides and damages on embankment road base recorded in the period 2008. – 1st half of 2010.

Геолошка конструкција терена: исказује се преко скице диспозиције и инжењерскогеолошког пресека који илуструје геолошку грађу и склоп терена (слика 4). Кроз кратак текст се указује на битне инжењерскогеолошке услове настанка и развоја појаве. Као посебна илустрација дају се фотографије нестабилне појаве, (слика 5, 6, 7 и 8).

Процена узрока настанка појаве: дефинишу се узроци настанка појаве, наглашавајући при томе посебно природне, а посебно антропогене утицаје. Уколико је могуће, пожељно је истаћи пресудне утицаје на формирање клизишта (нестабилне појаве).

Прогноза понашања процеса и угроженост саобраћаја: зависно од степена изучености појаве, од могућности дефинисања инжењерскогеолошких својстава стенских маса и услова терена, указује се, кроз кратку анализу, на могућност даљег ширења процеса и оцењује степен угрожености саобраћаја и објеката у зони пута, односно нестабилне појаве због њеног могућег проширења. Посебно треба проценити утицај одржавања и друге антропогене активности на проширење појаве.

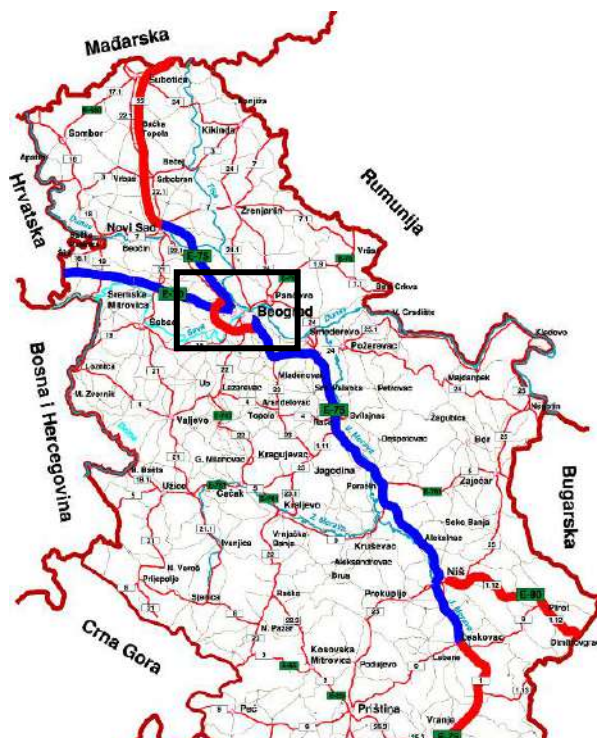
Оцена хитности интервенције: имајући у виду категорију пута (државни путеви I и III реда), саобраћајно оптерећење, величину деформација на коловозу и степен угрожености пута и објеката, врши се оцена хитности интервенције и дају у вези са тим одговарајуће препоруке Инвеститору.

Остали подаци: уписују се сви битни подаци о регистрованој појави, који нису обрађени у претходним рубрикама, а оцењени су да су значајни за дефинисање укупних инжењерскогеолошких услова у зони нестабилне појаве.

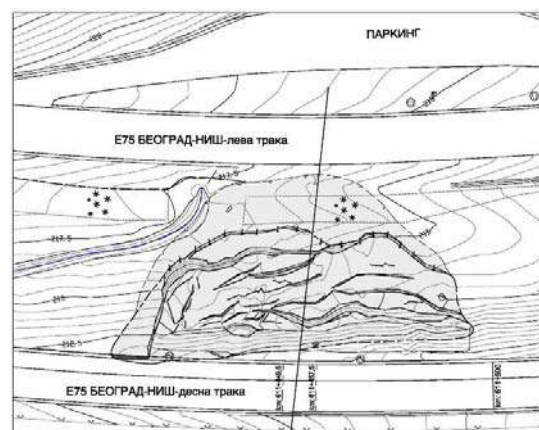
Подаци о обрађивачу: у завршном делу регистарског листа клизишта, уписују се подаци о учесницима на његовој обради као и датум регистровања појаве.

Као пример приказујемо попуњен регистарски лист једног карактеристичног клизишта на аутопуту Е-75 Београд - Ниш.

Географски положај у путној мрежи:



Слика 3. – Географски положај клизишта на карти путне мреже Србије



Скица диспозиције и геолошког профила клизишта:

РЕГИСТАРСКИ ЛИСТ КЛИЗИШТА
„БЕГАЉИЧКО БРДО“ НА АУТОПУТУ Е-75

Назив и број пута: Е-75 Београд -Ниш Број појаве: 1

Деоница пута: Стационажа: 611+350 - 611+500 смер ка Нишу

Ужа локација: Бегаљичко брдо

Активност појаве: Активно клизиште

■ Димензије појаве:

– Дужина (чело - ножица):	Око 60 м	Ширина по путу:	Око 150 м
– Површина:	Око 1 ха	Облик тела:	фронтално
– Висина и обликчеоног ожилжака:	Око 1,5 – 3,0 м; сложеног лучног облика		
– Положај чеоног ожилжака према путу:	Чеоно ожилжак је формиран на падини изнад две траке аутопута		
– Вертикална померања:	До 1,5 – 3,0 м	Хоризонтална померања:	1 - 2 м
– Процењена дубина клизишта:	3 - 4 м	Запремина:	Око 35000 м ³

Геолошка грађа терена и појаве подземне воде: Тело клизишта изграђују глиновито - лапоровито - песковити седименти са доста карбоната у себи; основу терена чине лапоровито - песковите карбонатне глине; покренута стенска маса је потпуна водозасићена до течљива;

Процена узрока настанка: Водозасићење глиновито - песковито - лапоровитих седимената на косини и падини услед дуготрајних и обилних падавина, као и неадекватан (стрм) нагиб косине – шкарпе изнад аутопута;

Прогноза понашања појаве: Очекује се даљи развој процеса клижења и његовог ширења ка саобраћајној траци аутопута – смер ка Београду, и даље наклизавање великих количина глиновитог течљивог материјала на коловоз брзе саобраћајне траке аутопута;

Предходна истраживања и примењене санације: До сада нису вршена истраживања и испитивања на овој локацији;

Степен угрожености саобраћаја: У садашњим условима саобраћај је веома угрожен, односно на брзој траци обустављен;

Приступачност терена: Приступачан терен за извођење истражних и санационих радова

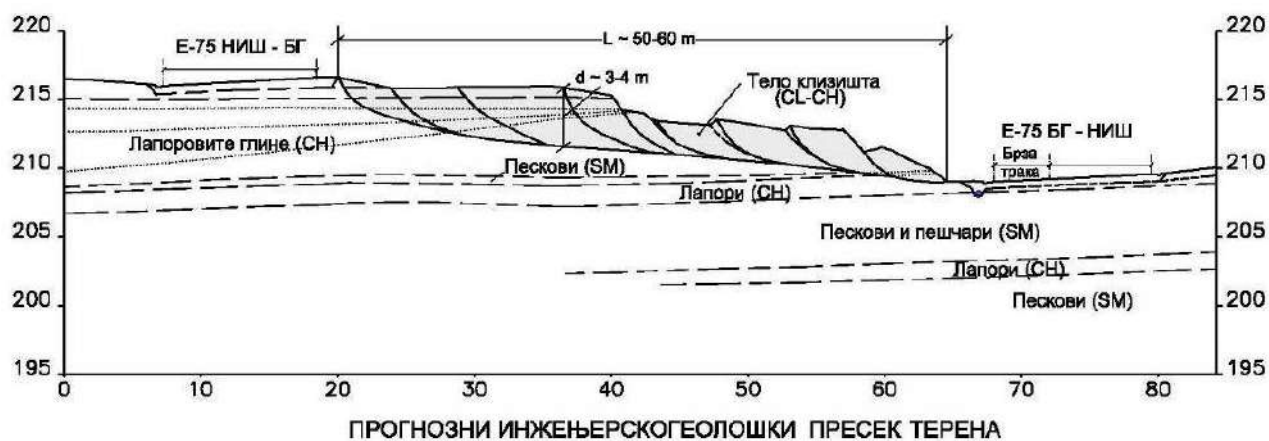
Оцена хитности интервенције: Неопходне су хитне санационе мере како би се спречило даље ширење процеса клижења које би могло довести до затрпавања брзе саобраћајне траке на овој деоници аутопута. Осим тога, ширењем процеса уз падину директно ће се угро- зити и саобраћајна трака из правца Ниша ка Београду. Потребно је урадити одговарајућу геодетску подлогу терена, извести геотехничке истражне радове и урадити Главни пројекат санације клизишта.

Напомена:

Појаву евидентирали: 1) Милован Јотић, дипл.инж.геол.

2) Др Петар Митровић, дипл.инж.грађ.

Датум: 12. јануар 2010. године



Слика 4. – Прогнозни инжењерскогеолошки пресек терена



Слика 5 – Панорамски изглед клизишта



Слика 6 – Панорамски изглед клизишта



Слика 7 – Изглед клизишта из профила



Слика 8 – Наклизана - покренута маса на кловозу

4. ЗАКЉУЧАК

Сваки Регистарски лист клизишта (нестабилне појаве) представља аргументовану документациону основу за израду пројектног задатка са методологијом и програмом истраживања за потребе израде пројекта санације.

Такође овакав приступ изучавања клизишта или других нестабилних појава представља добру документациону основу за формирање базе података о клизиштима и другим појавама нестабилности на магистралној и регионалној путној мрежи Србије.

По наведеној методологији и начину попуњавања регистарских листова приказаном на примеру једног клизишта, до сада је обрађено више од 200 клизишта и других нестабилних појава на државним путевима Србије. Од тога је око 100 клизишта истражено и за њих су урађени пројекти санације, а око 50 клизишта је на основу рејтинга приоритета предузимања санационих мера и санирано.

Литература:

[1] Љубомир Рокић, Владета Вујанић: Падине, проучавање падинских процеса за потребе планирања, пројектовања и изградње грађевинских објеката – Београд 2000. год.

- [2] Landslides, Investigation and mitigation, Special report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.1996. g.
- [3] Landslides, Techniques for Evaluating Hazard, World Road Association, PIARC, Technical Committee on Earthworks, Drainage, Subgrade (C12), 1997.g.
- [4] Правилник о одржавању магистралних и регионалних путева (Сл. Гласник РС, бр.2. од 06.01.1993. г.)
- [5] Правилници који утврђују потребу постојања информатичке подршке о планирању и програмирању радова одржавања.
- [6] Регистар клизишта и других нестабилних појава на магистралној и путној мрежи Србије – фондовска документација Института за путеве а.д., Београд и Ј.П „Путеви Србије“, Београд; 2008/2009. год.
- [7] WP/WLI (1990) - A Suggested Method for Reporting a Landslides, Bulletin of the International Association of Engineering geology, No. 41, pp.5-12.
- [8] WP/WLI (1991) - A Suggested Method for a Landslide Summary, Bulletin of the International Association of Engineering geology, No. 43, pp. 101- 110.
- [9] WP/WLI (1993a) - A Suggested Method for Description the Activity of a Landslide Summary, Bulletin of the International Association of Engineering geology, No. 47, pp. 53 - 57.
- [10] WP/WLI (1993b) - Multilingual Landslide Glossary, Bi-Tech Publishers, Richmond, British Columbia, Canada, 59 pp.
- [11] Закон о геолошким истраживањима Републике Србије.
- [12] Зборник радова: ИИ Симпозијум „Истраживање и санација клизишта“, Доњи Милановац 06-09. јун 1995. год.

ГЛАВНИ ПРОЈЕКАТ АУТОПУТА Е-80 НИШ (ПРОСЕК)-ДИМИТРОВГРАД, Деоница 7: Суково - Димитровград

Видосав Стевановић, дипл.инж.грађ.
stevanovicv@sicip.co.rs,
Саобраћајни Институт ЦИП

Стручни рад

Резиме: Циљ овог рада је да представи основне елементе из Главног пројекта аутопута Е-80 Ниш (Просек) - Димитровград, деоница 7: Суково - Димитровград, на основу ког ускоро почињу радови, с обзиром да је на расписаном тендеру изабран извођач радова. Главни пројекат је израдио Саобраћајни Институт ЦИП, а за потребе Инвеститора ЈП "Путеви Србије". Дужина деонице је 8.3 km.

Кључне речи: Главни пројекат аутопута Е-80.

FINAL DESIGN NIŠ (PROSEK)- DIMITROVGRAD E-80 MOTORWAY, Section 7: Sukovo - Dimitrovgrad

Vidosav Stevanović, B.Sc.CE.
Transportation Institute CIP

Professional paper

Summary: The purpose of the paper herein is to present the basic elements stated in the Final design for Niš (Prosek) – Dimitrovgrad E-80 Motorway, Section 7: Sukovo–Dimitrovgrad. Works referring to the said design will commence soon since the Contractor was selected through the regular tender procedure. The Final design was prepared in the Institute of Transportation CIP, for the Investor - "Roads of Serbia" PE. The studied section is 8.3 km long.

Key words: Final design of E-80 motorway.

УВОД

Аутопут Е-80 је подељен на 4 сектора и 8 деоница укупне дужине 83.45 km

Сектор 1: Просек - Црвена река 22.53 km
Деоница 1: Просек - Бранцарево 9.50 km
Деоница 2: Бранцарево - Црвена река 13.03 km
Сектор 2: Црвена река - Чифлик 12.66 km
Деоница 3: Црвена река - Чифлик 10.29 km
Деоница 3б: Црвена река - Чифлик 2.37 km
Сектор 3: Чифлик - Пирот 26.76 km
Деоница 4: Чифлик - Станичење 12.07 km
Деоница 5: Станичење - Пирот 14.69 km
Сектор 4: Пирот - Димитровград 21.50 km
Деоница 6: Пирот - Суково 4.58 km
Деоница 7: Суково - Димитровград 8.27 km
Деоница 8: Обилазак Димитровграда 8.65 km



Слика 1: Прегледна карта аутопута Е-80 Ниш
(Просек) - Димитровград

У оквиру мреже међународних, односно Е путева, који се кроз Србију протежу правцем од границе са Републиком Мађарском, Хоргош - Нови Сад - Београд - Ниш - граница са Бугарском и даље према Софији, овај аутопут представља основну саобраћајницу у европском коридору 10. Путни правац Ниш - граница са Бугарском, концепиран је као везни пут Е-80 комерцијалног карактера са затвореним системом наплате. Значај овог коридора дефинисан је Просторним планом Републике Србије ("Сл. гласник РС", бр. 83/03 и 41/06), чиме су створене основе за интензивирање активности на изради техничке документације планираног аутопута

ПРОЈЕКТОВАНА ТРАСА

Коридор аутопута је утврђен Генералним пројектом, а на овој деоници простире се од места Сукова до улаза у Димитровград. У оквиру коридора, Идејним пројектом 2003. године одређена је најповољнија траса аутопута.

Пројектована траса аутопута се простире од km 87+447.73 до km 95+731.17, укупне дужине од 8.3 km. Почетак и крај деонице је усаглашен са суседним деоницама. Траса аутопута пролази долином реке Нишаве, у уском коридору између реке са леве стране и постојећег магистралног пута и железничке пруге Ниш - Димитровград са десне стране. Надмоска висина се креће између 410m и 435m, изнад тунела "Кале" максимална кота надслоја је 464m. Аутопут пресеца неколико локалних и пољских путева, реке Нишаву и Јерму, као и неколико потока.

За потребе одвијања локалног саобраћаја, као алтернативни пут, предвиђен је државни пут I реда М-1.12 који је реконструисан 2006. и 2007. године. Из тога разлога овај пут није био предмет пројекта.

СИТУАЦИОНИ ПЛАН, ПОДУЖНИ И ПОПРЕЧНИ ПРОФИЛИ АУТОПУТА

У ситуационом смислу (слика 2) траса аутопута је опружена, са елементима хоризонталног плана изнад граничних елемената за рачунску брзину од 120 km/h. Пројектовано је укупно 10, углавном "S" кривина радијуса од 800m до 4984m са одговарајућим прелазним кривинама које дозвољавају брзину од 130 km/h.

Осовина аутопута је пројектована по средини разделног појаса чија је ширина 4 m, осим на делу тунела где је коловоз раздвојен.

Нивелета у уздужном профилу представља коту ивице коловоза и важи за обе коловозне траке, осим на делу раздвојеног коловоза где су вођене две засебне нивелете. Нагиби нивелете су у распону од 0.30% до 1.30%, тако да заједно са попречним нагибом омогућавају ефикасно одвођење воде са коловоза.

На основу прогнозираног саобраћајног оптерећења, структуре саобраћаја, ранга пута и усвојене рачунске брзине ($V_r=120\text{km/h}$) усвојен је нормални попречни профил аутопута са два одвојена коловоза укупне ширине 28.40m (слика 3).

Попречни нагиб коловоза на правцу је симетрично двостран и износи $i_p = 2.5\%$, а у кривини једностран, усмерен ка центру кривине и износи: $2.5\% \leq i_p \leq 7\%$.

Аутопут се налази углавном на већем или мањем насипу а у зони тунела "Кале" у већем усеку. Пре израде земљаних радова предвиђено је скидање хумуса у просеку од 20-30 cm, а по завршетку радова хумусирање косина и зеленог појаса, слојем хумуса дебљине 20 cm.

Усвојени нагиби косина за насип и усек је 1:2. У зони тунела у већем усеку је нагиб косина 1:1, у стени нагиб је 3:1 са бермама ширине 3m на сваких 6m висине усека.

Контакт косина насипа и усека са природним тереном се заобљава, како би се створио утисак уклапања земљаног трупа саобраћајнице у околни терен. Поред тога предвиђено је затрављивање и озелењавање косина одговарајућом врстом биолошког покривача, уз поштовање принципа безбедности саобраћаја и оптичког вођења трасе.

Испод разделног појаса пројектована је дренажа са бочним испустом низ косину насипа.

У усеку, уз ивицу банке, за прихватање воде са коловоза пројектован је сегментни јарак ширине 2.0 m и дубине минимум 0.30 m испод коте постељице.

С обзиром да је аутопут саобраћајница високог ранга, предвиђена је заштитна жичана ограда са обе стране пута на целој његовој дужини. Заштитна жичана ограда се углавном поставља на растојању од 1.0 m од најудаљеније тачке попречног профила. Са спољне стране заштитне жичане ограде предвиђен је простор ширине 5.0m намењен кретању пољопривредне механизације, тамо где је то могуће. Између аутопута и постојеће железничке пруге где је међусобно растојање од осе пруге до ивице коловоза аутопута 8m то није могуће постићи, па се ограда поставља на краћем растојању, а често и на косини аутопута или пруге.

ГЕОЛОШКО - ГЕОТЕХНИЧКИ ПОДАЦИ

Терен на коме се планира изградња аутопута пролази дуж средњег тока реке Нишаве, који се одликује релативно slabим хидрауличким падом, што се може закључити на основу великог броја меандара, при чему река стално мења правац. Део терена око реке Нишаве је изграђен од алувијалних и терасних седимената.

На почетку деонице аутопута траса прелази преко пролувијалних наслага. Даље, траса аутопута пролази преко алувијалних творевина реке Нишаве и речних тераса, а само једним делом кроз пешчаре и песковите кречњаке кредне старости. На делу алувијона и речних тераса, траса ће бити изведена у насипу или плитком засеку, док ће се део у пешчарима и песковитим кречњацима изводити тунелски.

С обзиром да се ради о равничарском терену траса аутопута се налази већим делом на насипу, због чега је на овој деоници велики дефицит материјала недостаје око 450 000 m³ материјала за насипање. Као могуће позајмиште намеће се депоновани материјал из ископа тунела од око 1.000.000 m³ на следећој деоници 8: Обилазак Димитровграда. Као изворишта материјала може се користити активни каменолом "Нишор". На ушћу Јерме у Нишаву постоји сепарација шљунка. Ова сепарација је веома активна, а шљунак веома повољних својстава за израду тампонских слојева, као и носећих слојева коловозне конструкције. За израду асфалтних слојева, погодна су позајмишта андезита "Корито" и "Стари до" у близини Димитровграда.

ОДВОДЊАВАЊЕ АУТОПУТА И РЕГУЛАЦИЈЕ ВОДОТОВОКА

Одводњавање аутопута предвиђено је цевном канализацијом која сакупља атмосферску воду са коловоза и одводи је до реципијента преко уређаја за пречишћавање - сепаратора.

Свака коловозна трака има своју кишну канализацију. Трасе канализације су увек на нижим странама коловозних трака. Прва, на удаљености 1.25 м од коловоза који на тој страни има ивичњак и вода се у њу сакупља класичним бубањ сливницима. Друга канализација се налази на средини разделног појаса и сакупља воду са вишег од два коловоза. У средини разделног појаса, целом дужином се води бетонски канал. Разделни појас између бетонског јарка и коловоза са којег се скупља вода је бетониран. Вода се из канала улива у кишну канализацију директно у бетонске ревизионе силазе преко металних решеткастих поклопаца. За цевни материјал предвиђене су пластичне полиетиленске цеви Ø 300-700 мм велике густине, а за сливничке везе цеви од тврдог поливинил хлорида.

Из кишне канализације вода се не испушта директно на терен него се пре тога пречишћава. Предвиђено је 9 објеката за пречишћавање ових вода са коловоза - сепаратора. Примењени су сепаратори минералних уља са интегрисаним by-pass-ом као Пуратор, или еквивалентни према ЕН 858, са захтеваним излазним граничним вредностима загађујућих материја.

Њихова локација и величина диктирани су деоницама одводњавања, положајем реципијента и конфигурацијом терена. На изливу су пројектоване изливне грађевине од бетона са жабљим поклопцем.

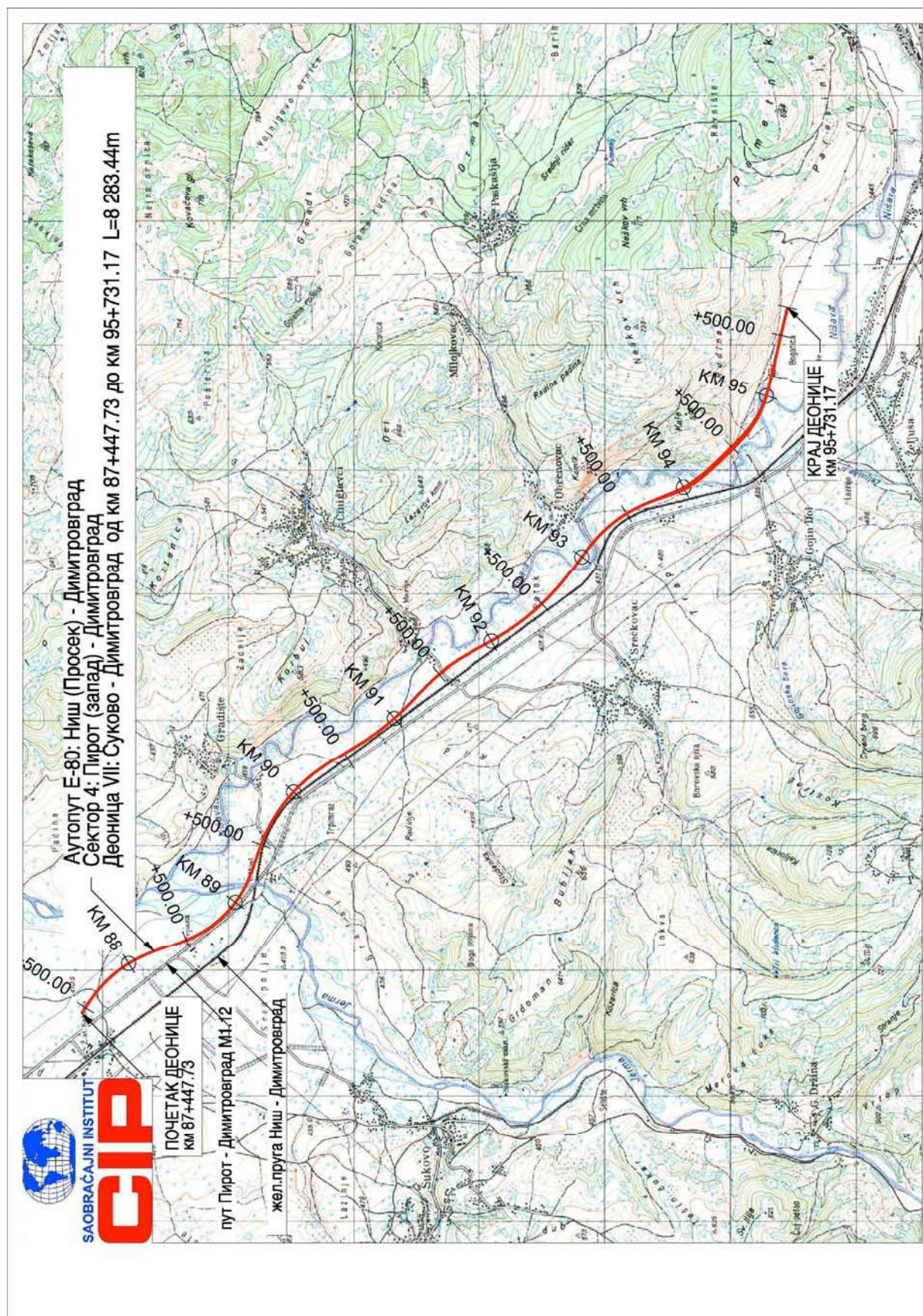
Траса аутопута пресеца, односно у колизији је са укупно шест водотока. Регулације водотока предвиђене су на потоцима Тивој Дол, Студенка, Срећковац и реци Нишави (на стационожи km 93+000). За мостовске конструкције на рекама Јерми и Нишави (на стационожи km 94+136), урађен је хидраулички прорачун без регулације водотокова.

КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА

Коловозна конструкција је пројектована према прогнозираном саобраћајном оптерећењу и добијеним подацима из геотехничких истражних радова на терену.

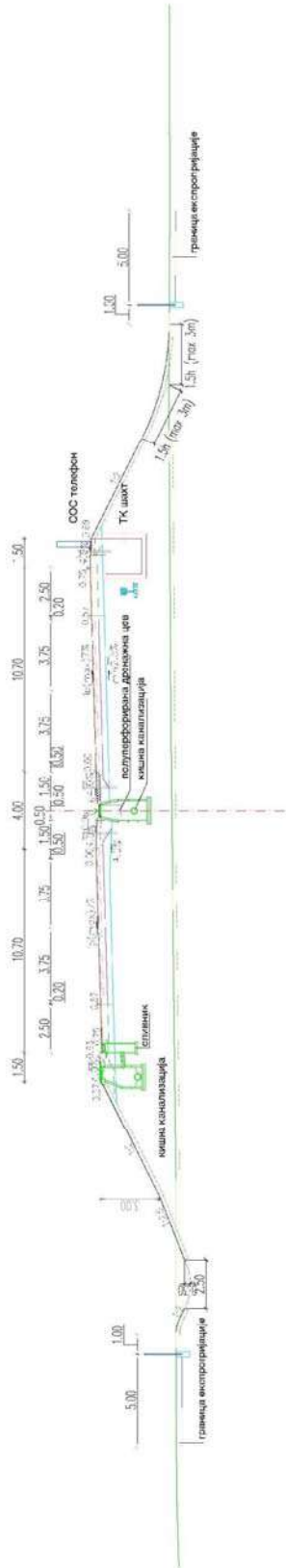
Аутопут:

Врста материјала	Дебљина слојева (cm)	
	возне траке	зауставна трака
мастикс асфалт СМА11с	4	4
битуминизирани агрегат БНС 32сА	10	6
асфалт бетон АБ8	3	-
цементна стабилизација од дробљеног материјала 0/31.5 мм	20	-
дробљени камени материјал крупноће 0/31 мм	-	27
дробљени камени материјал крупноће 0/63 мм	30	30
Укупно:	67	67

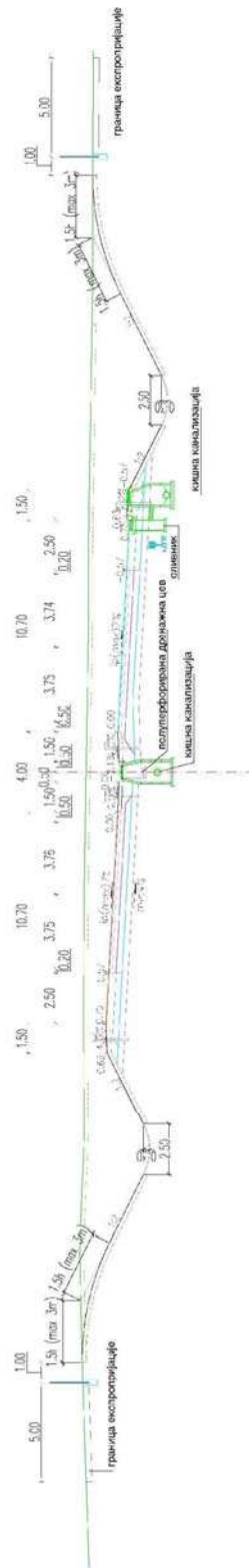


Слика 2: Прегледна карта деонице Суково - Димитровград

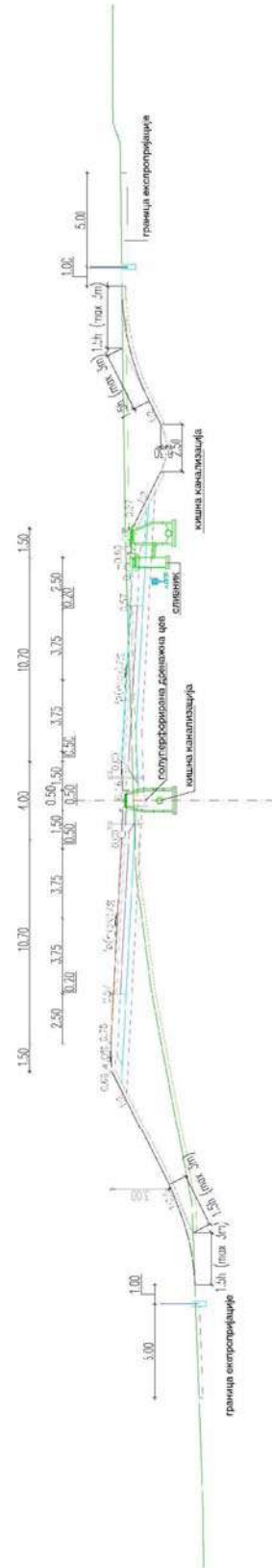
Нормални попречни профил аутопута у кривини на високом насипу



Нормални попречни профил аутопута у кривини у усеку



Нормални попречни профил аутопута у кривини у засеку



Слика 3: Нормални попречни профили аутопута

Наплатна капија "Димитровград" на делу бетонског коловоза:

Врста материјала	Дебљина слојева (cm)
цементни бетон ЦБ 16с МБ 40	7
цементни бетон ЦБ 32 МБ 35	18
битуминизирани агрегат БНС 22А	6
шљунковито-песковити материјал 0/63 мм	36
Укупно:	67

МОСТОВСКИ ОБЈЕКТИ

На траси аутопута пројектована су четири моста, два подвожњака, два надвожњака и један пропуст, укупно девет објеката:

Б.Р.	Објекат	Дужина	Ширина	Препрека
1	подвожњак	11.30	31.74	пут
2	мост	9.70	36.38	регулисан поток
3	мост	68.00	27.50	река Јерма
4	надвожњак	74.10	9.80	аутопут
5	пропуст	3.80	27.70	поток
6	надвожњак	49.24	9.80	аутопут
7	мост	8.6	28.6	регулисан поток
8	подвожњак	5.8	30.66	пут
9	мост	34.90	27.50	река Нишава

Поред већих објеката на аутопуту су пројектоване и три монтажне бетонске цеви отвора 1600 mm и једна, због малог простора, отвора 1000 mm.

ТУНЕЛ "КАЛЕ"

Тунел "Кале" се налази непосредно поред реке Нишаве, по положају је ниско падински, са максималном висином надслоја од 21,38 m. Пројектован је са две одвојене тунелске цеви, свака за један саобраћајни смер. Осовинско растојање између тунелских цеви је 30,70m.

Лева тунелска цев је дужине 204,68m, а десна 165,77m. С обзиром на дужину, не постоји потреба за вештачком вентилацијом тунела. Ширина коловоза тунелске цеви је 10,70m иста као на отвореној траси а службених стаза-тротоара $2 \times 1,00 = 2,00m$. Укупна корисна ширина тунелског отвора је 13,60m а површина $86,45m^2$. Обезбеђена је слободна висина над коловозом

4,70m, а над службеним стазама 2,34m. Попречни нагиб коловоза је $i=2,5\%$.

Конструктивни карактер предвиђених тунелских конструкција је такав да се подразумева примена савремене технологије грађења тунела – концепт Нове аустријске тунелске методе - НАТМ.

У тунелу је примењена коловозна конструкција укупне дебљине 45cm, коју чине: цемент-бетонска плоча МБ 40, $d=24cm$, битуминизирани дробљени камен БНС 22СА, $d=6cm$ и дробљени камен 0/31,5 $d=15cm$

Чело ископа се изводи у нагибу 5:1 и штити се млазним бетоном ММБ30 дебљине 5cm, СН сидрима од ребрасте арматуре $\varnothing 25$, дужине 4,00m, и арматурном мрежом Q131.

Осветљење у тунелским цевима је симетрично у односу на линију која дели две возне траке. Све светилке су специјалне тунелског степена заштите.

За напајање осветљења у тунелу "Кале", предвиђена је изградња стубне трансформаторске станице 10/0,4kV; 250kVA дизел електрични агрегат 10kVA (8kW) и у случају нестанка струје.

ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

У циљу заштите од саобраћајне буке постојећих кућа у селу Чиниглавци, предвиђена је израда зида са десне стране аутопута, на укупној дужини од 120 m, висине 3,50 m и растојању од 1,6 m од ивице коловоза. Зид се изводи од префабрикованих апсорпционих елемената (талпи) које се постављају између челичних стубова који стоје на међусобном осовинском растојању од 4,0 m. Челични стубови су убетонирани у монтажни армиранобетонски темељ. У зони испред зида на 0,5 m од ивице коловоза је предвиђена саобраћајна ограду типа H2W1 за заштиту од налета возила.

ТЕХНИЧКА ИНФРАСТРУКТУРА

Нова телекомуникациона инфраструктура

Предвиђени су односно разрађени следећи путни телекомуникациони системи:

- СОС телефонија за хитне позиве услед инцидентних ситуација или кvara возила.
- Метео-сензори (видљивост, ветар, влажност, температура, падавине) за прикупљање и прослеђивање метео-података који су груписани на металном стубу поред пута висине 5m, сензори за залеђеност коловоза (предвиђена су 2 комада) који су уграђени у асфалт на коловозним тракама са обе стране пута као и метео станице са активном опремом

смештеном у метални орман који је такође монтиран на горе поменути метални стуб. На овој деоници аутопута предвиђене су две локације за постављање метео-станица: у близини мостова преко реке Јерме и Нишаве.

- Интегрисани саобраћајни детектори за детекцију и бројање саобраћаја који се састоји од: доплеровог, ултразвучног и пасивниог инфрацрвеног радара за мерење брзине возила, класификацију возила, мерење времена између возила и заузетост саобраћајних возних трака. Тип детектора је за монтажу на портал изнад коловоза (предвиђена су 4 портала). На сваком од портала окачена су по два интегрисана саобраћајна детектора изнад возних трака тако да их укупно има 8.

- ВМС-ови светлећи панои за обавештавање

На сваком од портала окачен је по један комплет ВМС-ова који се састоји од 2 комада величине 1300 x 1300мм и 1600 x 1400мм (на средини између возних трака). Комплекти ВМС-ова се повезују на саобраћајне контролере смештене у самостојећим саобраћајним орманима (предвиђена су 2 комада). Спрегнута систем: метео подаци – контролер - ВМС-ови, може да ради у локалном режиму а постоји могућност прослеђивања података са контролера у оперативни центар путем путног комуникационог оптичког кабла.

Оптичка путна комуникациона мрежа смештена у кабловској канализацији служи за повезивање путних телекомуникационих концентрација (саобраћајних ормана, метео-станица...) са оперативним центром, односно обезбеђивање услова за проток информација, података, говора, видео и управљачких сигнала. Ова мрежа неће бити у функцији до изградње комплетне саобраћајнице тако да положене оптичке дужине треба конзервирати до повезивања са осталим деоницама.

Поред оптике предвиђени су и бакарни каблови разних типова и капацитета за локално повезивање елемената у пољу (сензора, сонди, контролера, ВМС-ова, СОС "слејв" телефона...) са путним телекомуникационим концентрацијама (саобраћајни ормани, метео-станице...).

Нова ТК кабловска канализација је смештена испод зауставне траке и повезана је преко ТК-шахтова који се налазе у банкини. Шахтови су типски, димензија: 1.80 x 1.10 x 1.9 0m (3 окна) и 1.35 x 0.60 x 1.25 m (34 окана).

Измештање и заштита постојеће инфраструктуре

Колизије аутопута са постојећим електро водовима је решена на тај начин, да је измештања и заштите ДВ 110kV број 1194 Димитровград - Пирот 2 и ДВ 35kV Бело Поље - Димитровград извршена надземним укрштањем.

Укрштање са постојећим надземним водовима ДВ 10 kV на три места и нисконаменским надземним водовима на два места урадиће се кабловском везом, подземно.

Постојећи телекомуникациони каблови који су на два места у колизији са трасом аутопута биће заштићени такође подземном кабловском везом.

Аутопут се укршта на четити места са локалним водоводом. Нови цевовода је од полиетилена (ПЕХД) за радне притиске од 10 бара. Смештен је у заштитну цев од полипропилена, управно на трасу аутопута. Са обе стране аутопута предвиђени су шахтови на 1 m ван оgrade аутопута.

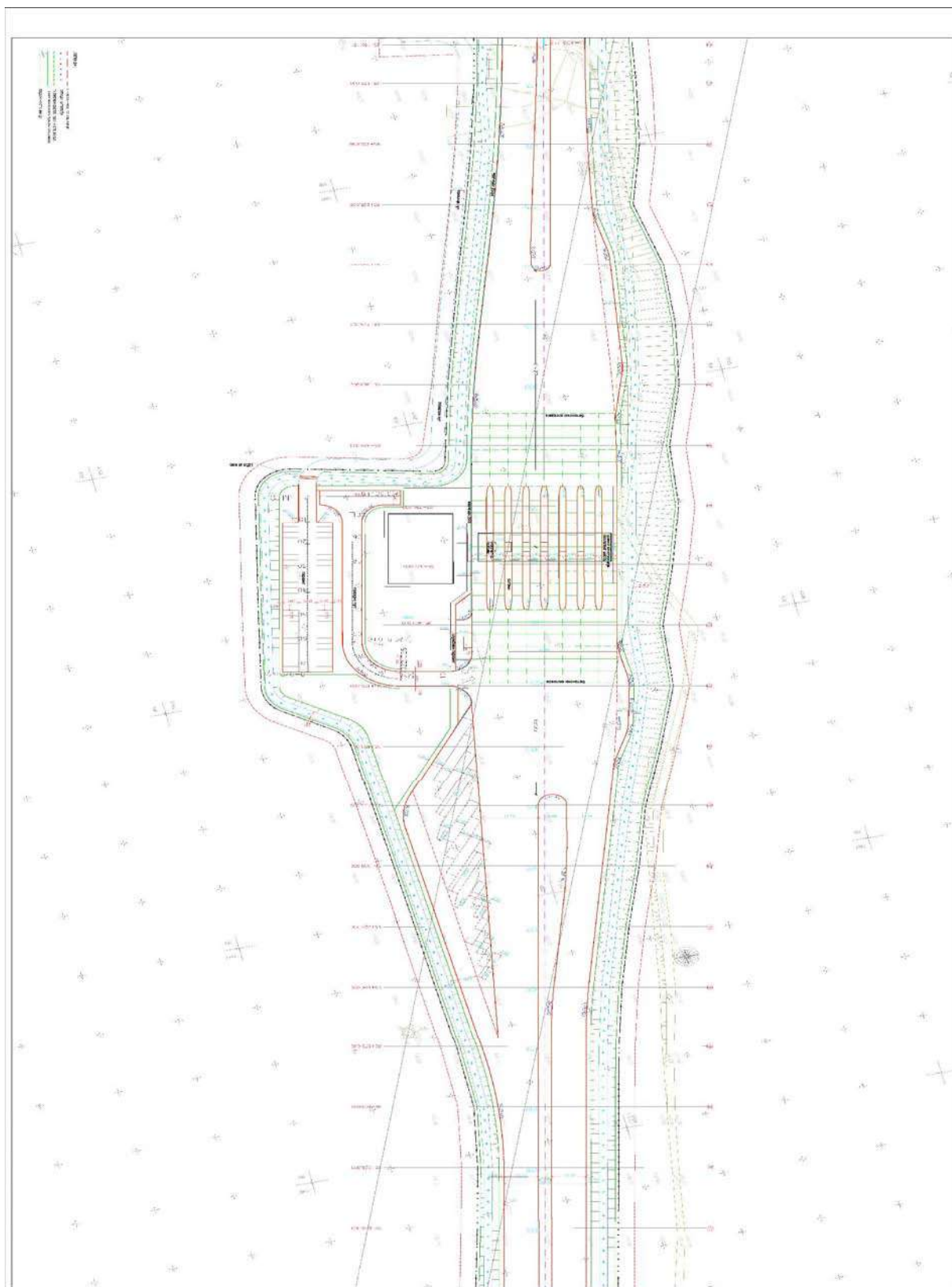
ПРАТЕЋИ САДРЖАЈИ

Од пратећих садржаја на овој деоници аутопута налази се чеона наплатна капија "Димитровград" и одмориште "Јерма".

Чеона наплатна капија "Димитровград" налази се на крају деонице и укупне је дужине од 441 m. На платоу наплатне капије предвиђена је изградња 7 острва ширине 2.20 m, 6 средњих прилазних стаза за наплату ширине 4.60 m и две крајње стазе за аутоматску наплату и пролаз вангабаритних возила ширине 4.60 m. Укупна ширина наплатне капије износи 45.00 m. Острва су дужине 52 m. Непосредно иза наплате путарине, са десне стране пројектован је паркинг за путничка и за теретна возила. На делу наплатне капије аутопут је у правцу. Рачунска брзина износи 40 км/х. Подужни нагиб износи 0.5% а попречни је "кроваст" 2.5% са нагибом од средине коловоза ка његовим ивицама.

Напајање осветљења наплатне рампе предвиђено је из монтажно бетонске трансформаторске станице 10/0,4kV која се налази на суседној деоници. За осветљење наплатне рампе предвиђено је 11 челичних стубова висине 13m и 13 челичних стубова висине 15m. Распони између стубова су приближно 45m.

На одморишту "Јерма" са леве и десне стране аутопута предвиђени су само земљани радови и заузеће простора. Непосредно након изградње аутопута концесионар ће изградити мотел са бензинском пумпом у складу са Просторним планом подручја инфраструктурног коридора Ниш - граница Бугарске ("Сл. гласник РС" бр. 83/03 и 41/06).



Слика 4: Чеона наплатна капија "Димитровград"

ЗАКЉУЧАК

У претходном периоду Република Србија је градила најмање аутопутева у региону, нешто више од 1км годишње. Желећи што брже да превазиђе тај неславни рекорд Инвеститор је пројектантама аутопута Е-80 наметнуо израду Главних пројеката без обзира што пре тога нису извршене ревизије Идејних пројеката.

Изградњом аутопута Е-80, чији је завршетак планиран до краја 2012. год. Србија ће добити квалитетну аутопутску везу са Бугарском, Турском и блиским Истоком

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Анђус Б, Техничка упутства за пројектовање вангратских путева. Београд, Грађевински факултет, 2008.
- [2] Малетин М., Техничка упутства за пројектовање вангратских путева, Београд, Грађевински факултет, 2008.
- [3] Прописи за пројектовање путева, 1981.
- [4] Анђус Б, Методологија пројектовања путева 1993.

ФОРЕНЗИЧКА ГЕОТЕХНИЧКА АНАЛИЗА НЕСТАБИЛНОСТИ НАСИПА И ПРОГНОЗА ЊЕГОВОГ ПОНАШАЊА НАКОН САНАЦИЈЕ ЛАКОТЕЖУЋИМ МАТЕРИЈАЛОМ, НУМЕРИЧКИМ МОДЕЛИРАЊЕМ

Срђан Спасојевић, дипл. грађ. инж.
Институт за путеве а.д –Београд

Стручни рад

Резиме: Прогресивни лом насипа на јужном делу обилазнице Ваљева, на путу М-21, представља савршен инжењерски изазов, са једне стране гледишта за форензичку геотехничку анализу, а са друге стране, изазов у погледу прогнозне анализе понашања насипа, након његове санације. Зашто? Из два једноставна разлога, први, због покушаја да се све то изведе применом нумеричког моделирања са коначним елементима (програмом PLAXIS 2D V8.0). Други, за санацију насипа примењен је савремен лакотежући материјал од ЕПС блокова, а тачнији увид у његово могуће понашање је посебно корисно. При крају рада кратко је приказан и пророчунски приступ стиропора по ЕВРОКОД-у, како би се у потпуност испоштовао модерностички инжењерски приступ.

Кључне речи: прогресивни лом, форензичка геотехничка анализа, нумеричке методе, метода коначних елемената, лакотежућа материјал

FORENSIC GEOTECHNICAL ANALYSIS OF EMBANKMENT DISTRESS AND ITS BEHAVIOR FORECAST AFTER LIGHTWEIGHT MATERIAL REHABILITATION MEASURES, BY NUMERICAL MODELING

Srdjan Spasojevic B.Sc. (C.E.)
The Highway Institute, Belgrade

Professional Paper

Abstract: Progressive failure of an embankment, on the southern part of the Valjevo bypass, is the perfect engineering challenge, from one view-point for forensic geotechnical analysis, and on the other, challenge in terms of prognostic analysis of the behavior of the embankment, after the remediation. Why? For two simple reasons, first, for attempt to do all of that, using numerical modeling with finite element (PLAXIS 2D V8 software). Second, rehabilitation of the embankment applied modern lightweight

materials, EPS blocks, and more accurate insight into his behavior is particularly useful. Then at the end, in order to fully comply with the modernistic engineering approach of the paper, a brief calculation approach of styrofoam by EUROCOD was presented.

Key words: progressive failure, forensic geotechnical analysis, numerical methods, finite element method, lightweight material

1. УВОД

Форензичка геотехничка истраживања разликују се од класичних геотехничких истраживања, по томе што су она ретроспективна. Она покушавају да објасне шта се догодило, пре него да предвиде будућа понашања. Следећи раздвајајући фактор, када се нестабилност узме у разматрање, јесте ургентност да се нестабилност терена што пре уклони, терен поново изгради или санира. Све то ограничава расположиво време за истраживање и од суштинске важности је да се сви битни подаци забележе и прикупе пре њиховог укланања. Осим нестабилности терена као што су појава клизишта (које у већини случајева, не условљава човек), најчешћи разлози за појаву нестабилности обухватају истовремено и тло (стенске масе, тла, дејства подземне воде) и људске активности (изградња конструкција и друге интервенције или неинтервенције) [1].

Када геотехничка истраживања нису потпуна (због неопходности да се терен што пре санира, што због коштања истражних радова условљена значајем објекта или неприступачности терена, итд.) или довољна, да се јасно објасни појава нестабилности. Ако се жели потврдити њихова тачност, или су добијени резултати у широким интервалима (изразита нехомогеност терена), нумеричком анализом (методом коначних елемената) могуће је доћи до извесних закључака у том погледу, и до одређених полазних основа за даље анализе. Свакако, стапан осврт на прикупљене геотехничке податке, као и на инжењерско искуство су неизоставне мере.

Узрок нестабилности насипа на јужном делу обилазнице око Ваљева, на путу М-21, деоница: Ваљево – Косјерић, на км:2+000, обрађен је детаљно у раду [2], и заснивају се на поставкама геотехничког елабората главног пројекта санације предметног насипа [3] и нису са том пажњом, тема овог рада. Насип представља навоз на мостовску конструкцију, којом се премешћује приградска Петничка улица. На основу поменутих радова, неки основни закључак је да су геотехничка истраживања била одговарајућа (додуше без опита триаксијане компресије који су неизоставни у развијенијим

земљама), а вредности резултата добијених на основу опита стандардне пенетрације и едометарског опита, налазили су се у широким интервалима, што је последица нехомогености материјала од кога је насип изграђен. Кратак осврт на податке из геотехничког елабората дају се у наставку а њихов положај Сликаом 1:

- Насип је нехомоген и састоји се од:

Шљунковитог слоја (n^{slj})

$\gamma=20\text{kN/m}^3$, $c'=0\text{kPa}$, $\phi'=25^\circ$, $M_v=15.000\text{kPa}$

Глиновитог дела (n^g)

$\gamma=19\text{kN/m}^3$, $c'=10\text{-}20\text{kPa}$, $\phi'=17^\circ$, $M_v=3.000\text{-}6.000\text{kPa}$

- површински слој делувиијум (d^{gp})
 $\gamma=18.5\text{-}19\text{kN/m}^3$, $c'=10\text{-}20\text{kPa}$, $\phi'=13\text{-}17^\circ$, $c_r'=3\text{-}10\text{kPa}$, $\phi_r'=7\text{-}12^\circ$, $M_v=5.000\text{kPa}$
- слој лапоровите глине (LG)
 $\gamma=19\text{kN/m}^3$, $c'=28\text{-}45\text{kPa}$, $\phi'=10\text{-}21^\circ$, $c_r'=2\text{-}10\text{kPa}$, $\phi_r'=2\text{-}10^\circ$, $M_v=6.000\text{-}10.000\text{kPa}$
- Мека стенске маса Лапор (L)
 $\gamma=20\text{kN/m}^3$, $c'=22\text{kPa}$, $\phi'=25^\circ$, $q_n=400\text{-}540\text{kPa}$, $\phi_r'=2\text{-}10^\circ$, $M_v=11.000\text{-}20.000\text{kPa}$

2. ФОРЕНЗИЧКА ГЕОТЕХНИЧКА АНАЛИЗА НУМЕРИЧКИМ МОДЕЛОВАЊЕМ ПРИМЕНОМ ПРОГРАМА PLAXIS

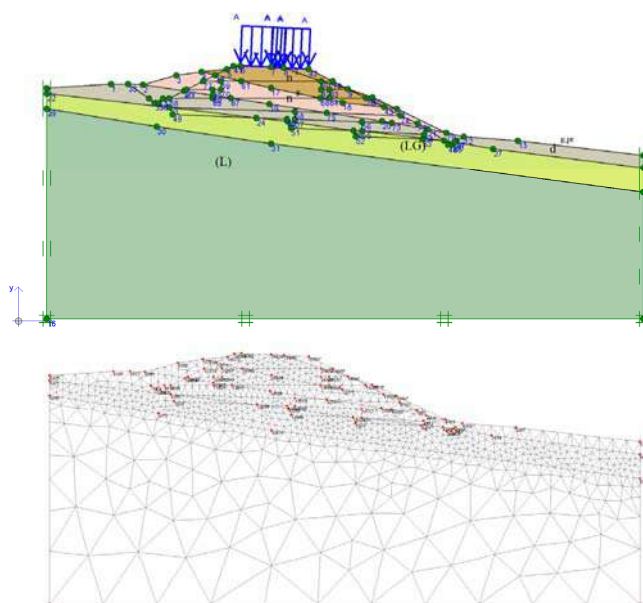
Изразита нехомогеност састава насипа, која се првенствено огледа у значајном разливању резултата геотехничких параметара, добијених према опиту стандардне пенетрације и едометру, погодовала су да се употребом нумеричког моделирања са коначним елементима, покуша добити нешто прецизнији увид у геотехничке параметре у тренутку појаве нестабилности насипа и услова за нестабилност. Нумеричко моделирање и анализа је извршена програмским пакетом PLAXIS 2D V8. Програм већ дуги низ година представља највише техничко достигнуће у рачунарској дисциплини, пре свега својом приступачности и инструментализацијом најскоријих теоријских сазнања у методи коначних елемената, интеракционих елемената, конститутивним моделима тла и материјала итд., дајући му практичнију инжењерску улогу.

Не улазећи сувише у детаље, нумеричко моделирање методом коначних елемената, се заснива на механици континуума и принципу да се цео систем (у геотехници терен), физички подели на коначан-мали број основних елемената (правоугаоних или троугаоних)

међусобно повезаних у одређеним бројем тачака-чворним тачкама. Основна зависност између физичких и геометријских величина се успостављају на тим малим-коначним елементима, а стање у сваком коначном елементу се описује интерполационим функцијама и коначним бројем параметара у чворним тачкама, које представљају основне непознате величине. На овај начин, се континуум са бесконачним бројем степени слободe, замењује дискретним системом, са коначним бројем степени слободe и анализира методама дискретне анализе. Сви принципи и поступци који важе у класичној анализи, важе и овде. У зависности да ли су непознате величине у чворним тачкама, силе или померања, зависи и да ли је поступак, метода сила или метода деформација [4].

У програму PLAXIS, коначан елемент је троугаон, са шест или петнаест чворних тачака, а непознати параметри у чворним тачкама су померања, па се ради о методи померања. У конкретној анализи, усвојен је троугаон елемент са петнаест чворних тачака, а цео систем се налази у равном стању деформација [5].

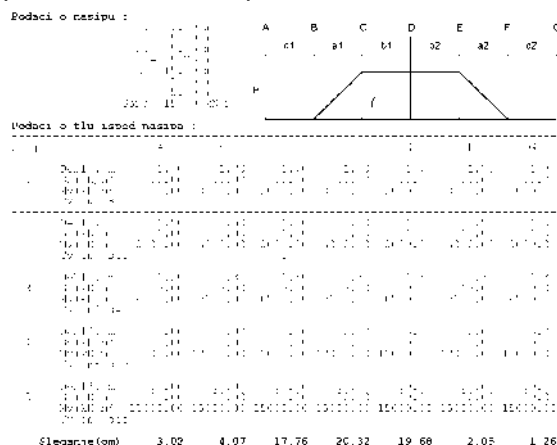
Почетна предност анализом PLAXIS-ом, се уочава у избегавању геометријских упрошћења модела терена и насипа (Слика 1). У класичним анализама смо на то принуђени. Наравно, значај и потреба за класичним анализама је и даље немерљив, јер су и у овом примеру, оне дале праве смернице у избегавању већих грешака, и без њих никако не треба почињати анализе методом коначних елемената (Слика 2).



Слика 1. Модел терена за прорачун горе и мрежа коначних елемената доле

PRORACUN PROGNOZNIH SLEGANJA TLA ISPOD NASIPA

Objekat: Kamenski nasip na K-21, Valjevo-Kostanjevo
 Napomena: Prerezek 4-4' (na ivici nasipa u tacki 2)



Слика 2. Прогнозна слегања насипа, класичном методом

Материјали су моделирани (Табела 1) као еластични-савршено-пластични, по *Mohr-Coulomb*-ом, не-линеарном услову лома (не-асоцијативан закон). Иако постоје савременији и модернији модели тла, изабран модел захтева најмањи број улазних параметара, и препоручује се у почетним анализама, или у случајевима када су изведена геотехнички истраживања мањег обима. Модел прикладнији за овај случај, *Hardening Soil Model*, у који је имплементирана могућност компресионог и смичућег очвршћавања тла, захтева више улазних

параметра, које је могуће добити само уз захтевнија теренска и лабораторијска испитивања, којих у овом случају нема (дренирани, недренирани опит триаксијалне компресије пре свега).

Без посебног освртања на улазне и техничке процедуре, симулиране су фазе изградње насипа, односно прорачун консолидације насипа (Табела 2). На почетку сваке фазе је одређен временски период за који је одређена фаза извршена. Параметри најбитнији у овој анализи су стишљивост и коефицијент пропустљивости материјала. Модул стишљивости је одређен на основу лабораторијских и теренских опита, а коефицијенти пропустљивости на основу познате научне и техничке документације [6],[7],[8]. Једино су код слојева лапоровите глине (LG) и стенске масе лапора (L) усвојене неколико пута мање вредности, а не њихове стварно могуће вредности, како би се симулирала њихова слаба водопропусност у односу на друге материјале. Није сувише напоменути, да на крају сваке етапе, програм пружа графички увид у ефективне и тоталне напоне, порне притиске, померања (слегања), тачке пластификација итд [5].

На самом крају је извршена и анализа глобалне стабилности насипа (Слика 5).

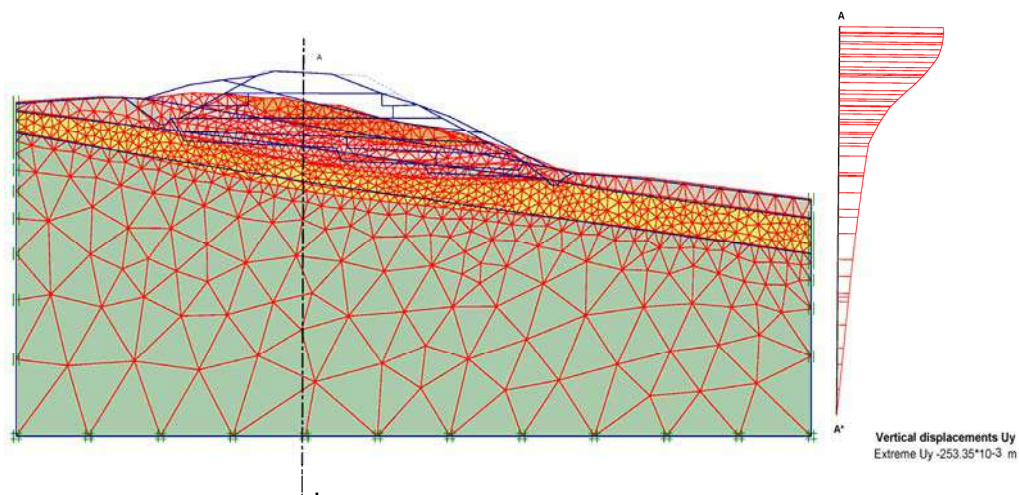
Табела 1. Конститутивни модели тла и улазни геотехнички параметри

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3	4	5
		Nasip-Sljunak	Nasip-Glina	Deluvijum-Glina Pesak	Laporovita Glina	Stena Lapora
Type		Drained	Undrained	Undrained	Undrained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20	19	18.7	18.5	20
γ_{sat}	[kN/m ³]	21	20.5	20	19.5	21
k_x	[m/day]	864.47	0.043	0.043	0.005	0.005
k_y	[m/day]	864.47	0.043	0.043	0.005	0.005
e_{init}	[-]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
c_k	[-]	1.00E+15	1.00E+15	1.00E+15	1.00E+15	1.00E+15
E_{ref}	[kN/m ²]	8914.286	2600	2228.571	3342.857	9285.714
ν	[-]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
G_{ref}	[kN/m ²]	3428.571	1000	857.143	1285.714	3571.429
E_{oed}	[kN/m ²]	12000	3500	3000	4500	12500
c_{ref}	[kN/m ²]	0.6	10	10	10	22
ϕ	[°]	25	15	13	14	25
ψ	[°]	0	0	0	0	0
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0	0	0	0	0
γ_{ref}	[m]	0	0	0	0	0
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0	0	0	0	0
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0	0	0	0	0
$R_{inter.}$	[-]	1	1	1	1	1
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

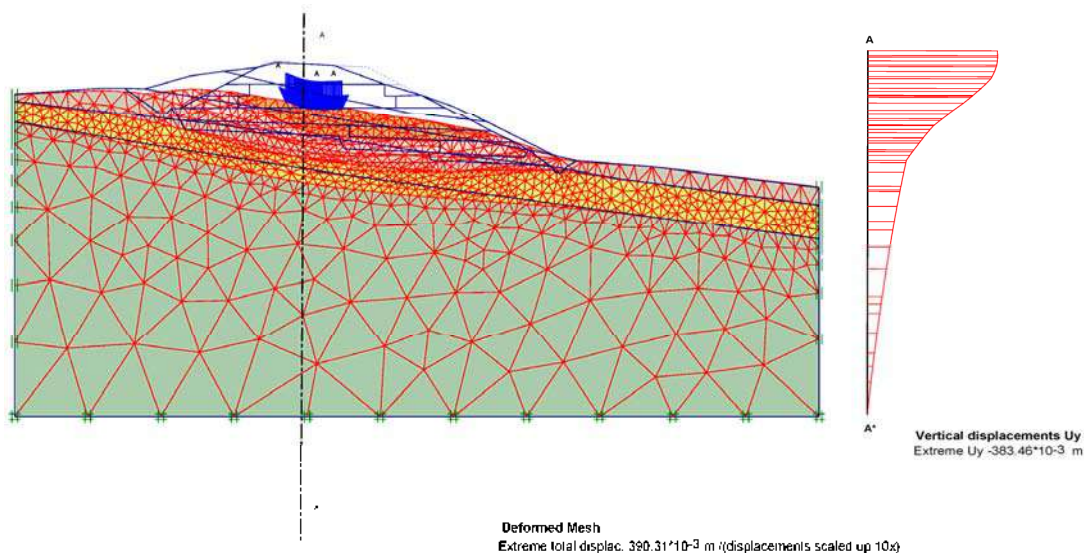
Цео процес, подразумевао је варијацију геотехничких параметара тла, нивоа подземне воде и оптерећења насипа, како би се добили услови за нестабилност насипа, тј. фактор глобалне сигурности насипа приближан јединици.

На основу добијених резултата, утврђено је, да су најважнији слојеви за стабилност насипа, тј.

нестабилност, слој лапоровите глине и делувијума. Утврђени нижи геотехнички параметри поменутих слојева, иду у прилог геотехничког елабората, да је до извесне мере дошло до испирања ситних честица, да су слојеви омекшани продором и задржавањем воде, а све због неодржавња канала по ободу косина.



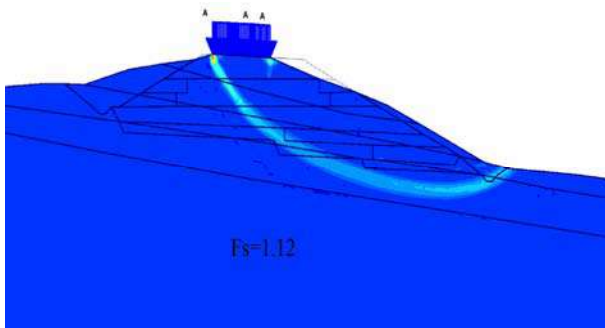
Слика 3. Деформисана МКЕ и вертикална померања у пресеку А-А` након 4-те фазе



Слика 4. Деформисана МКЕ вертикална померања по пресеку А-А` након 6-те фазе

Табела 2. Приказ фаза прорачуна

Iteration	Phase ID	Location	Calculation	Loading input	Test	Test Time Water	Log info
Initial phase	0	SEA	HA	HA		0.00	HA
Preconstruction	1	6	Phase	Total multipliers	1	3 0.00	10 elements
Zone 1a slope I	2	1	Consolidation	Staged Construction	4	8 2.00	10 elements
Zone 1a slope II	3	2	Consolidation	Staged Construction	7	12 2.00	10 elements
Zone 1a slope III	4	3	Consolidation	Staged Construction	10	17 2.00	10 elements
Zone 1a slope IV	5	4	Consolidation	Staged Construction	13	21 2.00	10 elements
Phase 1a slope V	6	5	Consolidation	Staged Construction	16	25 2.00	10 elements
Global stability analysis (FS=1.2)	7	6	Preconstruction	Preconstruction multipliers	4.8	417 0.00	10 elements
Global stability analysis (FS=1.2)	8	1	Consolidation	Staged Construction	201	201 2.00	10 elements
Zone 1a slope I	9	8	Consolidation	Staged Construction	205	226 2.00	10 elements
Zone 1a slope II	10	9	Consolidation	Staged Construction	211	250 2.00	10 elements
Zone 1a slope III	11	10	Consolidation	Staged Construction	217	274 2.00	10 elements
Zone 1a slope IV	12	11	Consolidation	Staged Construction	223	298 2.00	10 elements
Zone 1a slope V	13	12	Consolidation	Staged Construction	229	322 2.00	10 elements
Global stability analysis (FS=1.2)	14	13	Preconstruction	Preconstruction multipliers	3.5	417 0.00	10 elements



Слика 5. Глобална стабилност насипа и клизна раван

Врло је вероватно, да је и повећано саобраћајно оптерећење у одређеној мери, допринело до покретања масе, мада је насип и без њега условно стабилан. Вредности оптерећења се претпостављају у границама 15-25kPa.

Ове вредности имају неког смисла, с обзиром да се нестабилност насипа догодила у блиској зони мостовског ослонаца.

Поређењем слегања насипа (Слике 3 и 4), на крају четврте-када је изградња завршена и на крају шесте-употребне фаза насипа (са повећаним саобраћаним оптерећењем), закључује се да су она на граници ($\delta=12.96\text{cm}$, $\delta_{\text{доп}}=10-12\text{cm}$) са најчешће допуштеним у пракси. Занимљиво је и то, да је метода коначних елемената, у односу на анализу слегања насипа, на класичан начин (Остербергови дијаграми), дала 50% мања слегања (Слика 2). Највероватнији разлог за тако нешто, је геометријско упрошћавање модела, схватањем насипа као распоређено линијско оптерећење, и сматрањем да је он хомоген и изотропни при класичној анализи.

Све до сада написано, сведочи да је људски фактор знатно утицао на појаву нестабилности насипа. Првенствено употребом нехомогеног материјала при изградњи насипа и његовим лошим збијањем, а потом нередовним одржавањем канала, са којима би се цео проблем свео на мању меру. Терен око насипа је благог нагиба а испод насипа су слабопропусан и потенцијално стишљиви слојеви. Поменуто је већ, насип је навоз на мостовску конструкцију, и морало се повести више рачуна да је увећан режим саобраћаја сасвим реална могућност.

Ипак приказани резултати слегања откривају и поткрепљују мишљење искуснијих инжењера, такође ангажованих на овом послу, да драстична слегања нису у тој мери битан разлог нестабилности насипа као што се у почетку мислило.

3. ПРОГНОЗА ПОНАШАЊА НАСИПА НАКОН САНАЦИЈЕ ЛАКОТЕЖУЋИМ МАТЕРИЈАЛОМ

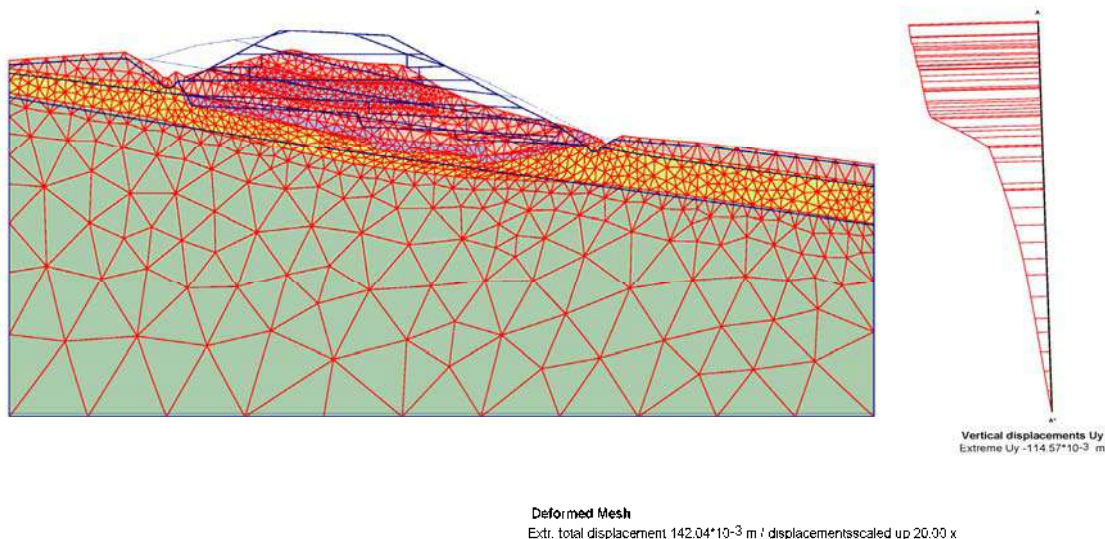
Експандирани полистирен (ЕПС), је пластични полимерни материјал, хемијског састава C_8H_8 . Његове главне одлике су: мала запреминска тежина у односу на остале материјале, педесет пута лакши од осталих лакотежућих материјала, сто пута од класичног тла за насипање, не упија воду, практично нема бочна ширења при компресији, добар је топлотни и звучни изолациони материјал, добро апсорбује енергију, и лак је за манипулисање. Његова чврстоћа и крутост се примера ради, могу поредити са средње крутом глином. Густина (запреминска тежина) ЕПС-а има највећи утицај на његове механичке карактеристике: притисну чврстоћу, смичућу чврстоћу, затезну чврстоћу, чврстоћу при савијању, крутост, његово понашање при течењу и на не-механичке карактеристике: изолационе, добар је пригушивач вибрација и апсорбер енергије и његова самоподупирућа природа. Све наведено условљава широки спектар његове примене код значајних инжењерских задатак, нпр. превеликих слегања, стабилности косина и недовољне носивости, а конкретно код [9]:

- прилазних зона мостова
- потпорних конструкција
- решења мостовских опораца
- укупаних цеви
- паркиралишта и тргова у пејзажној архитектури
- подрумских платформи
- пригушивач вибрација код шинског саобраћаја

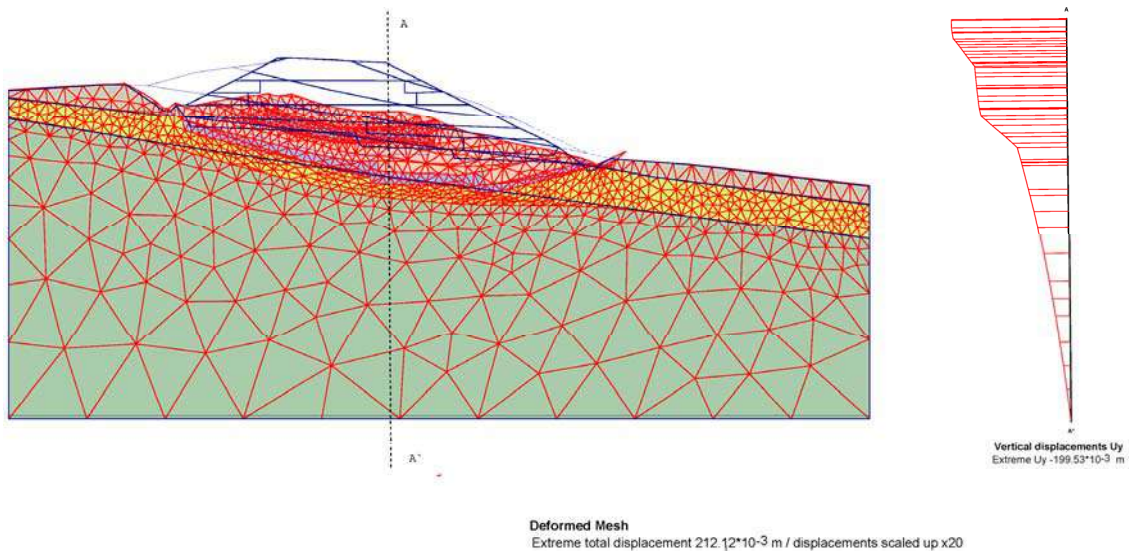
У конкретним анализама ЕПС блокови, су моделирани као линеарно-еластичан материјал. Модул еластичности (E) експандираног полистирена је мањи у поређењу са осталим грађевинским материјалима, бетона, дрвета и тла. Зависи од густине (запреминске масе) стиропора, а запажено је неслагање истраживача око његове константне вредности. Прописане вредности се могу добити на основу резултата теста према EN 826, и важе само за еластични део напонско-деформацијске криве. У овом раду вредност, је усвојена према радовима [9], [10] и [11], односно према једначини: $E_t = (0.45 \cdot \rho - 3) \text{MPa}$, и представља решење на страни сигурности. Новије корелације између густине и притисне чврстоће (поређење старих производа према новим) дефинисане су у "EUMEPS PRODUCT TYPES" (2003). На контакту ЕПС блокова и насипа (тла), усвојени су интеракцијски линијски елементи, мале дебљине, који имају сврху да опишу међусобни утицај стироопора и тла. Овај однос би требало одредити лабораторијски, опитом директног смицања, на основу угла трења стиропора и тла у предвиђеном интервалу напона. Програмом PLAXIS се овај однос уноси преко величине R_{int} .

Табела 3. Параметри насипа и јастука

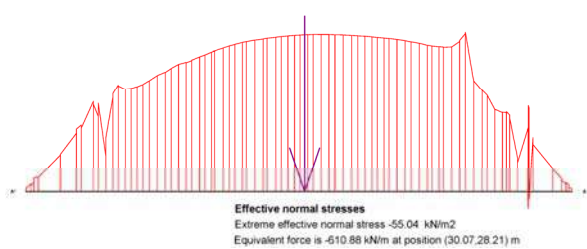
Mohr-Coulomb		6 Nasip (peskovito-sljunkovito tlo)	7 Sljuncani jastuci
Type		Undrained	Drained
γ_{bulk}	[kN/m ³]	20	18
γ_{sat}	[kN/m ³]	21	19
k_h	[m/day]	1	1
k_v	[m/day]	1	1
e_{init}	[-]	0.5	0.5
c_k	[-]	1.00E+15	1.00E+15
E_{ref}	[kN/m ²]	37142.857	48285.714
ν	[-]	0.3	0.3
G_{ref}	[kN/m ²]	14285.714	18571.429
F_{oed}	[kN/m ²]	50000	65000
c_{ref}	[kN/m ²]	0.6	0.6
ϕ	[°]	32	33
ψ	[°]	2	3
E_{dec}	[kN/m ² /m]	0	0
y_{ref}	[m]	0	0
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0	0
T_{str}	[kN/m ²]	0	0
R_{inter}	[-]	0.66	1
Interface permeability		Neutral	Neutral



Слика 6. Деформисана МКЕ и вертикална померања у пресеку А-А` након 11-те фазе



Слика 7. Деформисана МКЕ и вертикална померања у пресеку А-А' након 13-те фазе



Слика 8. Напон на контакту стиропор-тло

Табела 4. Карактеристике стиропора

Linear Elastic		8
Type		Undrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	0.3
γ_{sat}	[kN/m ³]	1
k_x	[m/day]	0
k_y	[m/day]	0
e_{init}	[-]	0.5
c_k	[-]	1.00E+15
E_{ref}	[kN/m ²]	2600
ν	[-]	0.08
G_{ref}	[kN/m ²]	1203.704
E_{oed}	[kN/m ²]	2636.684
E_{incr}	[kN/m ² /m]	0
y_{ref}	[m]	0
R_{inter}	[-]	0.8
Interface permeability		Neutral

Усвојена је вредност $R_{int}=0.8$, која се обично усваја при анализи са геосинтетиком и на страни је сигурности. На контакту стиропор-стиропор ови елементи се не уводе јер је ту трење велико и присутно је међусобно лепљење материјала. Однос попречних и подужних деформација изражен поасоновим коефицијентом креће се у широком интервалу $\nu=0.5-0.08$. Приказ релеватних, изабраних вредности стиропора дати су Табелом 4. Суштина прорачуна и ових симулација, иста је као и у првом поглављу рада, осим што су уведени материјали за нови насип од песковитог-шљунковитог тла и шљунчане јастуке, на који се насип поставља. Шљунчани јастуци су обавијени нетканим геотекстилом, који није конструктивне, већ сепарационе улоге, па није ни моделиран. Приказ геотехничких параметар нових материјала дати су у Табели 3. Битна разлика у прорачуну при повећаном оптерећењу ($p=25\text{kN/m}^2$) у односу на прво поглавље рада, је одсуство воде при анализи. Разлог томе је пројектовање секундарних мера при изградњи насипа, тј. ободних бетонских канала на косинама насипа, и система за одвод кишне канализације, шахтовима и дренажним рововима у зони насипа. Овим се мерама уз шљунчане јастуке у телу насипа, вода, потпуно одстрањује из насипа и околине. Најбитнији резултати прорачуна су на крају једанаесте и тринаесте фазе, тј. на крају санације (изградње новог насипа) и оптерећења насипа у условима повећаног саобраћајног оптерећења $p=25\text{kN/m}^2$. Резултати слегања ових анализа приказане су на Сликама 6,7, а показују да ће слегања насипа након изградње са стиропором током времена бити мања ($\delta=8.50\text{cm}$) за око 35% од оних изградњом првобитног насипа. Глобални фактор сигурности насипа након санационих мера, је повећан за 64%, и износи $F_s=1.84$ (Сл. 9).

земљама), а вредности резултата добијених на основу опита стандардне пенетрације и едометарског опита, налазили су се у широким интервалима, што је последица нехомогености материјала од кога је насип изграђен. Кратак осврт на податке из геотехничког елабората дају се у наставку а њихов положај Сликаом 1:

- Насип је нехомоген и састоји се од:

Шљунковитог слоја (n^{slj})

$\gamma=20\text{kN/m}^3$, $c'=0\text{kPa}$, $\phi'=25^\circ$, $M_v=15.000\text{kPa}$

Глиновитог дела (n^g)

$\gamma=19\text{kN/m}^3$, $c'=10\text{-}20\text{kPa}$, $\phi'=17^\circ$, $M_v=3.000\text{-}6.000\text{kPa}$

- површински слој делувиијум (d^{gp})
 $\gamma=18.5\text{-}19\text{kN/m}^3$, $c'=10\text{-}20\text{kPa}$, $\phi'=13\text{-}17^\circ$, $c_r'=3\text{-}10\text{kPa}$, $\phi_r'=7\text{-}12^\circ$, $M_v=5.000\text{kPa}$
- слој лапоровите глине (LG)
 $\gamma=19\text{kN/m}^3$, $c'=28\text{-}45\text{kPa}$, $\phi'=10\text{-}21^\circ$, $c_r'=2\text{-}10\text{kPa}$, $\phi_r'=2\text{-}10^\circ$, $M_v=6.000\text{-}10.000\text{kPa}$
- Мека стенске маса Лапор (L)
 $\gamma=20\text{kN/m}^3$, $c'=22\text{kPa}$, $\phi'=25^\circ$, $q_n=400\text{-}540\text{kPa}$, $\phi_r'=2\text{-}10^\circ$, $M_v=11.000\text{-}20.000\text{kPa}$

2. ФОРЕНЗИЧКА ГЕОТЕХНИЧКА АНАЛИЗА НУМЕРИЧКИМ МОДЕЛОВАЊЕМ ПРИМЕНОМ ПРОГРАМА PLAXIS

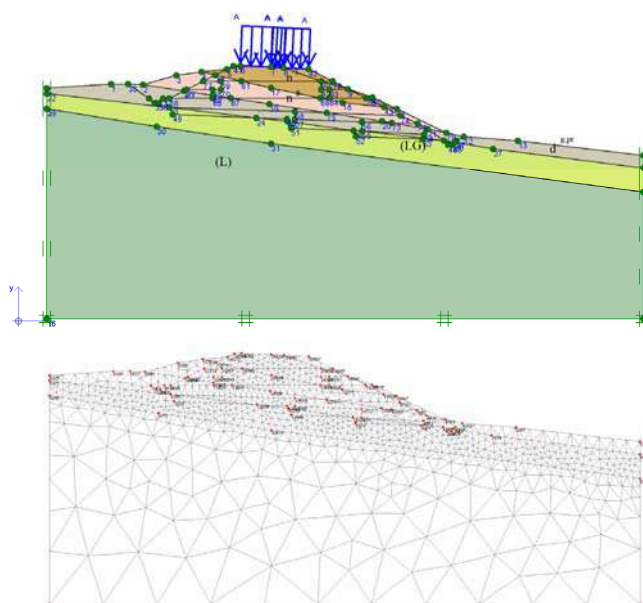
Изразита нехомогеност састава насипа, која се првенствено огледа у значајном разливању резултата геотехничких параметара, добијених према опиту стандардне пенетрације и едометру, погодовала су да се употребом нумеричког моделирања са коначним елементима, покуша добити нешто прецизнији увид у геотехничке параметре у тренутку појаве нестабилности насипа и услова за нестабилност. Нумеричко моделирање и анализа је извршена програмским пакетом PLAXIS 2D V8. Програм већ дуги низ година представља највише техничко достигнуће у рачунарској дисциплини, пре свега својом приступачности и инструментализацијом најскоријих теоријских сазнања у методи коначних елемената, интеракционих елемената, конститутивним моделима тла и материјала итд., дајући му практичнију инжењерску улогу.

Не улазећи сувише у детаље, нумеричко моделирање методом коначних елемената, се заснива на механици континуума и принципу да се цео систем (у геотехници терен), физички подели на коначан-мали број основних елемената (правоугаоних или троугаоних)

међусобно повезаних у одређеним бројем тачака-чворним тачкама. Основна зависност између физичких и геометријских величина се успостављају на тим малим-коначним елементима, а стање у сваком коначном елементу се описује интерполационим функцијама и коначним бројем параметара у чворним тачкама, које представљају основне непознате величине. На овај начин, се континуум са бесконачним бројем степени слободе, замењује дискретним системом, са коначним бројем степени слободе и анализира методама дискретне анализе. Сви принципи и поступци који важе у класичној анализи, важе и овде. У зависности да ли су непознате величине у чворним тачкама, силе или померања, зависи и да ли је поступак, метода сила или метода деформација [4].

У програму PLAXIS, коначан елемент је троугаон, са шест или петнаест чворних тачака, а непознати параметри у чворним тачкама су померања, па се ради о методи померања. У конкретној анализи, усвојен је троугаон елемент са петнаест чворних тачака, а цео систем се налази у равном стању деформација [5].

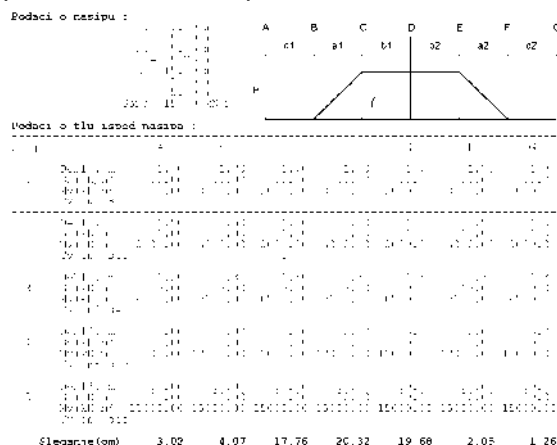
Почетна предност анализом PLAXIS-ом, се уочава у избегавању геометријских упрошћења модела терена и насипа (Слика 1). У класичним анализама смо на то принуђени. Наравно, значај и потреба за класичним анализама је и даље немерљив, јер су и у овом примеру, оне дале праве смернице у избегавању већих грешака, и без њих никако не треба почињати анализе методом коначних елемената (Слика 2).



Слика 1. Модел терена за прорачун горе и мрежа коначних елемената доле

PRORACUN PROGNOZNIH SLEGANJA TLA ISPOD NASIPA

Objekat: Kamenski nasip na K-21, Valjevo-Kostanjevo
 Napomena: Prerezek 4-4' (na ivici nasipa u tacki 2)



Слика 2. Прогнозна слегања насипа, класичном методом

Материјали су моделирани (Табела 1) као еластични-савршено-пластични, по *Mohr-Coulomb*-ом, не-линеарном услову лома (не-асоцијативан закон). Иако постоје савременији и модернији модели тла, изабран модел захтева најмањи број улазних параметара, и препоручује се у почетним анализама, или у случајевима када су изведена геотехнички истраживања мањег обима. Модел прикладнији за овај случај, *Hardening Soil Model*, у који је имплементирана могућност компресионог и смичућег очвршћавања тла, захтева више улазних

параметра, које је могуће добити само уз захтевнија теренска и лабораторијска испитивања, којих у овом случају нема (дренирани, недренирани опит триаксијалне компресије пре свега).

Без посебног освртања на улазне и техничке процедуре, симулиране су фазе изградње насипа, односно прорачун консолидације насипа (Табела 2). На почетку сваке фазе је одређен временски период за који је одређена фаза извршена. Параметри најбитнији у овој анализи су стишљивост и коефицијент пропустљивости материјала. Модул стишљивости је одређен на основу лабораторијских и теренских опита, а коефицијенти пропустљивости на основу познате научне и техничке документације [6],[7],[8]. Једино су код слојева лапоровите глине (LG) и стенске масе лапора (L) усвојене неколико пута мање вредности, а не њихове стварно могуће вредности, како би се симулирала њихова слаба водопропусност у односу на друге материјале. Није сувише напоменути, да на крају сваке етапе, програм пружа графички увид у ефективне и тоталне напоне, порне притиске, померања (слегања), тачке пластификација итд [5].

На самом крају је извршена и анализа глобалне стабилности насипа (Слика 5).

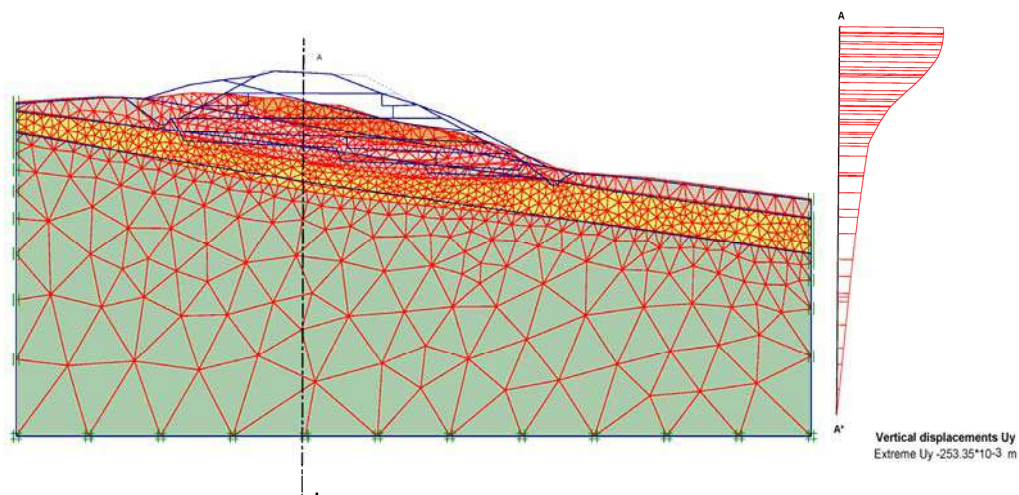
Табела 1. Конститутивни модели тла и улазни геотехнички параметри

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3	4	5
		Nasip-Sljunak	Nasip-Glina	Deluvijum-Glina Pesak	Laporovita Glina	Stena Lapora
Type		Drained	Undrained	Undrained	Undrained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20	19	18.7	18.5	20
γ_{sat}	[kN/m ³]	21	20.5	20	19.5	21
k_x	[m/day]	864.47	0.043	0.043	0.005	0.005
k_y	[m/day]	864.47	0.043	0.043	0.005	0.005
e_{init}	[-]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
c_k	[-]	1.00E+15	1.00E+15	1.00E+15	1.00E+15	1.00E+15
E_{ref}	[kN/m ²]	8914.286	2600	2228.571	3342.857	9285.714
ν	[-]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
G_{ref}	[kN/m ²]	3428.571	1000	857.143	1285.714	3571.429
E_{oed}	[kN/m ²]	12000	3500	3000	4500	12500
c_{ref}	[kN/m ²]	0.6	10	10	10	22
ϕ	[°]	25	15	13	14	25
ψ	[°]	0	0	0	0	0
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0	0	0	0	0
γ_{ref}	[m]	0	0	0	0	0
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0	0	0	0	0
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0	0	0	0	0
$R_{inter.}$	[-]	1	1	1	1	1
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

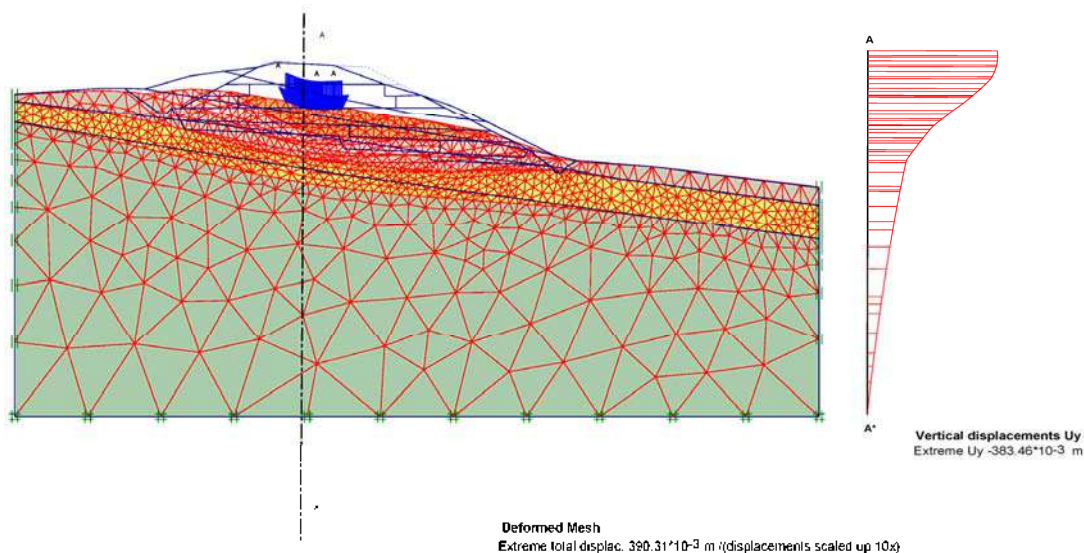
Цео процес, подразумевао је варијацију геотехничких параметара тла, нивоа подземне воде и оптерећења насипа, како би се добили услови за нестабилност насипа, тј. фактор глобалне сигурности насипа приближан јединици.

На основу добијених резултата, утврђено је, да су најважнији слојеви за стабилност насипа, тј.

нестабилност, слој лапоровите глине и делувијума. Утврђени нижи геотехнички параметри поменутих слојева, иду у прилог геотехничког елабората, да је до извесне мере дошло до испирања ситних честица, да су слојеви омекшани продором и задржавањем воде, а све због неодржавња канала по ободу косина.



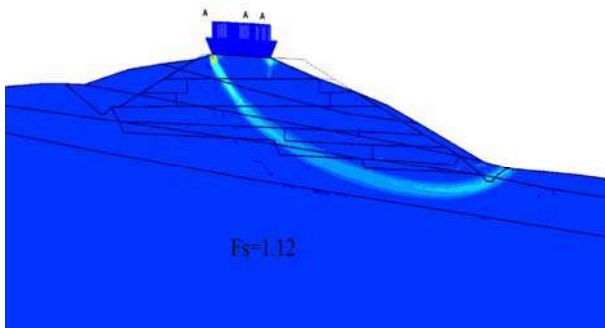
Слика 3. Деформисана МКЕ и вертикална померања у пресеку А-А` након 4-те фазе



Слика 4. Деформисана МКЕ вертикална померања по пресеку А-А` након 6-те фазе

Табела 2. Приказ фаза прорачуна

Iteration	Phase ID	Location	Calculation	Loading input	Test	Test Time Water	Log info
Initial phase	0	SEA	HA	HA		0.00	HA
Preconstruction	1	6	Phase	Total multipliers	1	3 0.00	10 elements
Zone 1a slope I	2	1	Consolidation	Staged Construction	4	8 2.00	10 elements
Zone 1a slope II	3	2	Consolidation	Staged Construction	7	12 2.00	10 elements
Zone 1a slope III	4	3	Consolidation	Staged Construction	10	17 2.00	10 elements
Zone 1a slope IV	5	4	Consolidation	Staged Construction	13	21 2.00	10 elements
Phase 1a slope V	6	5	Consolidation	Staged Construction	16	25 2.00	10 elements
Global stability analysis (FS=1.2)	7	6	Preconstruction	Preconstruction multipliers	18	27 2.00	10 elements
Global stability analysis (FS=1.2)	8	1	Consolidation	Staged Construction	21	31 2.00	10 elements
Zone 1a slope I	9	2	Consolidation	Staged Construction	24	35 2.00	10 elements
Zone 1a slope II	10	3	Consolidation	Staged Construction	27	39 2.00	10 elements
Zone 1a slope III	11	4	Consolidation	Staged Construction	30	43 2.00	10 elements
Zone 1a slope IV	12	5	Consolidation	Staged Construction	33	47 2.00	10 elements
Phase 1a slope V	13	6	Consolidation	Staged Construction	36	51 2.00	10 elements
Global stability analysis (FS=1.2)	14	1	Preconstruction	Preconstruction multipliers	38	53 2.00	10 elements



Слика 5. Глобална стабилност насипа и клизна раван

Врло је вероватно, да је и повећано саобраћајно оптерећење у одређеној мери, допринело до покретања масе, мада је насип и без њега условно стабилан. Вредности оптерећења се претпостављају у границама 15-25kPa.

Ове вредности имају неког смисла, с обзиром да се нестабилност насипа догодила у блиској зони мостовског ослонаца.

Поређењем слегања насипа (Слике 3 и 4), на крају четврте-када је изградња завршена и на крају шесте-употребне фаза насипа (са повећаним саобраћаним оптерећењем), закључује се да су она на граници ($\delta=12.96\text{cm}$, $\delta_{\text{доп}}=10-12\text{cm}$) са најчешће допуштеним у пракси. Занимљиво је и то, да је метода коначних елемената, у односу на анализу слегања насипа, на класичан начин (Остербергови дијаграми), дала 50% мања слегања (Слика 2). Највероватнији разлог за тако нешто, је геометријско упрошћавање модела, схватањем насипа као распоређено линијско оптерећење, и сматрањем да је он хомоген и изотропни при класичној анализи.

Све до сада написано, сведочи да је људски фактор знатно утицао на појаву нестабилности насипа. Првенствено употребом нехомогеног материјала при изградњи насипа и његовим лошим збијањем, а потом нередовним одржавањем канала, са којима би се цео проблем свео на мању меру. Терен око насипа је благог нагиба а испод насипа су слабопропусан и потенцијално стишљиви слојеви. Поменуто је већ, насип је навоз на мостовску конструкцију, и морало се повести више рачуна да је увећан режим саобраћаја сасвим реална могућност.

Ипак приказани резултати слегања откривају и поткрепљују мишљење искуснијих инжењера, такође ангажованих на овом послу, да драстична слегања нису у тој мери битан разлог нестабилности насипа као што се у почетку мислило.

3. ПРОГНОЗА ПОНАШАЊА НАСИПА НАКОН САНАЦИЈЕ ЛАКОТЕЖУЋИМ МАТЕРИЈАЛОМ

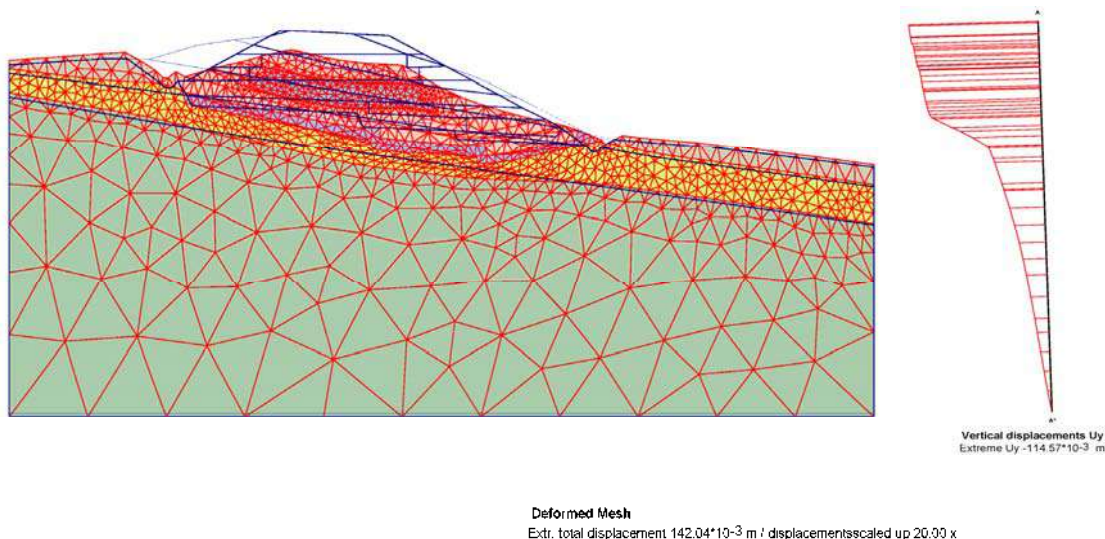
Експандирани полистирен (ЕПС), је пластични полимерни материјал, хемијског састава C_8H_8 . Његове главне одлике су: мала запреминска тежина у односу на остале материјале, педесет пута лакши од осталих лакотежућих материјала, сто пута од класичног тла за насипање, не упија воду, практично нема бочна ширења при компресији, добар је топлотни и звучни изолациони материјал, добро апсорбује енергију, и лак је за манипулисање. Његова чврстоћа и крутост се примера ради, могу поредити са средње крутом глином. Густина (запреминска тежина) ЕПС-а има највећи утицај на његове механичке карактеристике: притисну чврстоћу, смичућу чврстоћу, затезну чврстоћу, чврстоћу при савијању, крутост, његово понашање при течењу и на не-механичке карактеристике: изолационе, добар је пригушивач вибрација и апсорбер енергије и његова самоподупирућа природа. Све наведено условљава широки спектар његове примене код значајних инжењерских задатак, нпр. превеликих слегања, стабилности косина и недовољне носивости, а конкретно код [9]:

- прилазних зона мостова
- потпорних конструкција
- решења мостовских опораца
- укупаних цеви
- паркиралишта и тргова у пејзажној архитектури
- подрумских платформи
- пригушивач вибрација код шинског саобраћаја

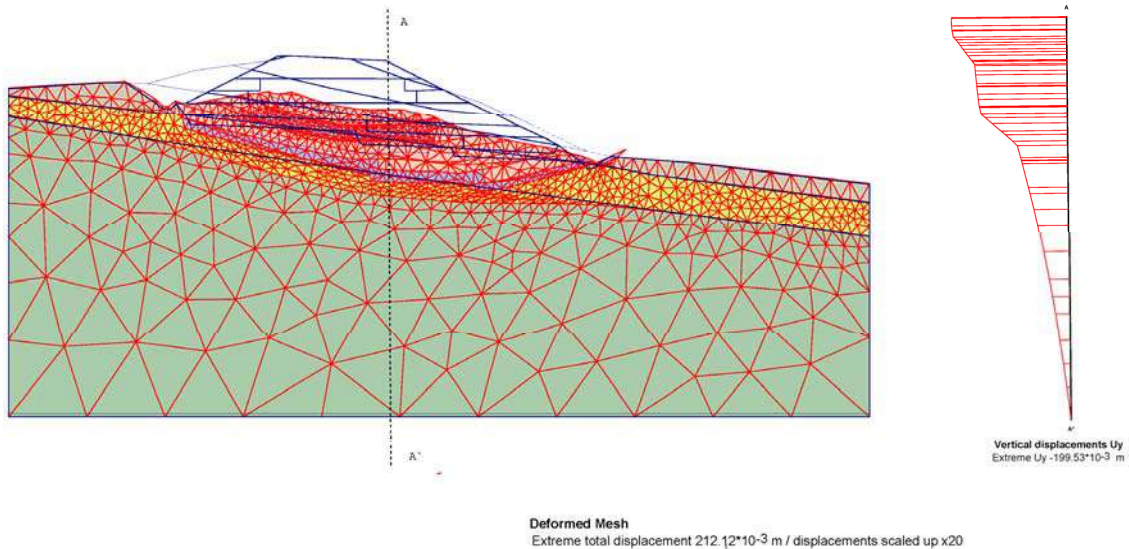
У конкретним анализама ЕПС блокови, су моделирани као линеарно-еластичан материјал. Модул еластичности (E) експандираног полистирена је мањи у поређењу са осталим грађевинским материјалима, бетона, дрвета и тла. Зависи од густине (запреминске масе) стиропора, а запажено је неслагање истраживача око његове константне вредности. Прописане вредности се могу добити на основу резултата теста према EN 826, и важе само за еластични део напонско-деформацијске криве. У овом раду вредност, је усвојена према радовима [9], [10] и [11], односно према једначини: $E_t = (0.45 \cdot \rho - 3) \text{MPa}$, и представља решење на страни сигурности. Новије корелације између густине и притисне чврстоће (поређење старих производа према новим) дефинисане су у "EUMEPS PRODUCT TYPES" (2003). На контакту ЕПС блокова и насипа (тла), усвојени су интеракцијски линијски елементи, мале дебљине, који имају сврху да опишу међусобни утицај стироопора и тла. Овај однос би требало одредити лабораторијски, опитом директног смицања, на основу угла трења стиропора и тла у предвиђеном интервалу напона. Програмом PLAXIS се овај однос уноси преко величине R_{int} .

Табела 3. Параметри насипа и јастука

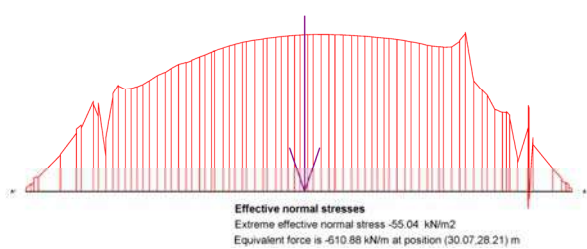
Mohr-Coulomb		6 Nasip (peskovito-sljunkovito tlo)	7 Sljuncani jastuci
Type		Undrained	Drained
γ_{bulk}	[kN/m ³]	20	18
γ_{sat}	[kN/m ³]	21	19
k_h	[m/day]	1	1
k_v	[m/day]	1	1
e_{init}	[-]	0.5	0.5
c_k	[-]	1.00E+15	1.00E+15
E_{ref}	[kN/m ²]	37142.857	48285.714
ν	[-]	0.3	0.3
G_{ref}	[kN/m ²]	14285.714	18571.429
F_{oed}	[kN/m ²]	50000	65000
c_{ref}	[kN/m ²]	0.6	0.6
ϕ	[°]	32	33
ψ	[°]	2	3
E_{dec}	[kN/m ² /m]	0	0
y_{ref}	[m]	0	0
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0	0
T_{str}	[kN/m ²]	0	0
R_{inter}	[-]	0.66	1
Interface permeability		Neutral	Neutral



Слика 6. Деформисана МКЕ и вертикална померања у пресеку А-А` након 11-те фазе



Слика 7. Деформисана МКЕ и вертикална померања у пресеку А-А' након 13-те фазе



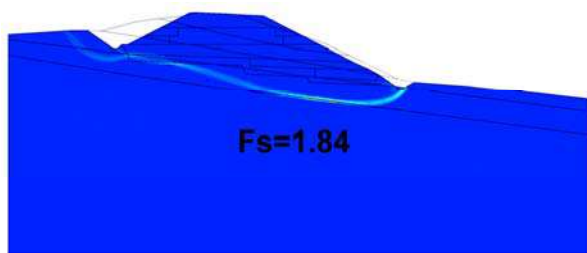
Слика 8. Напон на контакту стиропор-тло

Linear Elastic		8
Type		Undrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	0.3
γ_{sat}	[kN/m ³]	1
k_x	[m/day]	0
k_y	[m/day]	0
e_{init}	[-]	0.5
c_k	[-]	1.00E+15
E_{ref}	[kN/m ²]	2600
ν	[-]	0.08
G_{ref}	[kN/m ²]	1203.704
E_{oed}	[kN/m ²]	2636.684
E_{incr}	[kN/m ² /m]	0
y_{ref}	[m]	0
R_{inter}	[-]	0.8
Interface permeability		Neutral

Табела 4. Карактеристике стиропора

сигурности. На контакту стиропор-стиропор ови елементи се не уводе јер је ту трење велико и присутно је међусобно лепљење материјала. Однос попречних и подужних деформација изражен поасоновим коефицијентом креће се у широком интервалу $\nu=0.5-0.08$. Приказ релеватних, изабраних вредности стиропора дати су Табелом 4. Суштина прорачуна и ових симулација, иста је као и у првом поглављу рада, осим што су уведени материјали за нови насип од песковитог-шљунковитог тла и шљунчане јастуке, на који се насип поставља. Шљунчани јастуци су обавијени нетканим геотекстилом, који није конструктивне, већ сепарационе улоге, па није ни моделиран. Приказ геотехничких параметар нових материјала дати су у Табели 3. Битна разлика у прорачуну при повећаном оптерећењу ($p=25\text{kN/m}^2$) у односу на прво поглавље рада, је одсуство воде при анализи. Разлог томе је пројектовање секундарних мера при изградњи насипа, тј. ободних бетонских канала на косинама насипа, и система за одвод кишне канализације, шахтовима и дренажним рововима у зони насипа. Овим се мерама уз шљунчане јастуке у телу насипа, вода, потпуно одстрањује из насипа и околине. Најбитнији резултати прорачуна су на крају једанаесте и тринаесте фазе, тј. на крају санације (изградње новог насипа) и оптерећења насипа у условима повећаног саобраћајног оптерећења $p=25\text{kN/m}^2$. Резултати слегања ових анализа приказане су на Сликама 6,7, а показују да ће слегања насипа након изградње са стиропором током времена бити мања ($\delta=8.50\text{cm}$) за око 35% од оних изградњом првобитног насипа. Глобални фактор сигурности насипа након санационих мера, је повећан за 64%, и износи $F_s=1.84$ (Сл. 9).

Усвојена је вредност $R_{int}=0.8$, која се обично усваја при анализи са геосинтетичима и на страни је



Слика 9. Глобална стабилност насипа након санације

4. КРИТЕРИЈУМИ ПРОЈЕТОВАЊА ПО ЕВРОКОДУ (EN 1990 и EN1997):

На Сlici 8, приказан је дијаграм ефективних напона на контакту насипа са стиропором. На основу дијаграма, у наставку је приказан прорачунски приступ по ЕВРОКОД-у, који ЕПС блокови морају да задовоље. Решавање подразумева три парцијална прорачуна.

1. Први се тиче притисне чврстоће стиропора (ЕПС-а) при краткотрајном оптерећењу. Арбитарна притисна чврстоћа стиропора, усваја се при деформацијама од 10% и за примењени стиропор (EPS160), износи $\sigma_{10,d}=160\text{kPa}$. Ова чврстоћа, уз одређени фактор сигурности мора бити мања од напрезања која делују на стиропор.

По EN 1997, парцијални фактори су следећи:

- парцијални фактор сигурности материјала $\gamma_m=1.25$
- стално оптерећење $\gamma=1.35$
- покретно оптерећење $\gamma=1.50$

Стога, чврстоћа стиропора меродавна при краткотрајном оптерећењу у односу на ефективне напоне износи:

Притисна чврстоћа стиропора:
 $\sigma_{10,d} = \sigma_{10,d} / \gamma_m = 160 / 1.25 = 128\text{kPa}$,

Вертикални напони од сталног оптерећења:
 $\sigma_{v,g} = (55.04 - 25) = 30.04\text{kPa}$,

Вертикални напон од покретног (саобраћаног) оптерећења:
 $\sigma_{v,p} = 25\text{kPa}$

Укупно напрезање стиропора према ЕВРОКОД-у:
 $\sigma_y = 1.35 \cdot (30.04) + 1.50 \cdot 25 = 78.05\text{kPa}$,

Како је $\sigma_y < \sigma_{10,d}$, први услов је задовољен.

2. Други се тиче дуготрајног понашања стиропора. Стиропор под дуготрајним напрезањем, као и остали материјали, изложен је ефектима течења. Овом појавом се у стиропору за 50 година, јављају деформације од највише 2%, а његова чврстоћа опада до вредности од 30-35%, његове првобитне. Даље то значи:

Притисна чврстоћа стиропора након 50 година:

$$\sigma_{10,per,d} = 0.35 \cdot 160 / 1.25 = 44.80\text{kPa}$$

Вертикални напони од сталног оптерећења, након 50 година:

$$\sigma_{y,g} = 1.35 \cdot (34.49) = 46.56\text{kPa}$$

Како је $\sigma_y \sim \sigma_{10,per,d}$, тј. разлика између вредности је $\Delta < 5\%$, па се може сматрати и да је други услов задовољен ($\sigma_{y,g} < \sigma_{10,per,d}$).

3. Трећим условом се обезбеђује, да деформације стиропора под цикличним оптерећењем остану у границама од 0.4%. Материјал ће се тада понашати еластично, без трајних деформација. По тези Duškov-а [12], овај услов ће бити испуњен ако максимални ниво напона остане испод границе од $0.35 \cdot \sigma_{10}$. Односно:

Притисна чврстоћа стиропора под цикличним оптерећењем:

$$\sigma_{10,cyc,d} = 0.35 \cdot 160 / 1.25 = 44.80\text{kPa}$$

Вертикални напон од покретног (саобраћаног) оптерећења:

$$\sigma_{v,p} = 1.50 \cdot 25 = 37.50\text{kPa}$$

Како је $\sigma_{y,p} < \sigma_{10,cyc,d}$, и трећи услов је задовољен.

Сва три услова су задовољена, и може се констатовати да је стиропор EPS160, у потпуности задовољио захтеве о понашању материјала по ЕВРОКОД-у.

5. ЗАКЉУЧАК

У првом делу рада покушано је објаснити када, како, и шта је довело до нестабилности насипа на магистралном путу М-21, и део је приступа *форензичке геотехничке анализе*, релативно нове научне дисциплине (*ISSMGE 2006*). Њен циљ је да се свака појединост (микро-аспекат) пројектовања, изградње и поступака одржавања, сагледа, како би се објаснило *када, како, и шта* је пошло наопако, и што је важније ко је узрок свему томе (човек или нешто друго). Уобичајни поступци тестирања, аналитичке методе и конструктивни поступци, нису увек погодни за форензичку анализу, јер се у њој морају симулирати стварни параметри затечени на терену и услови у тренутку нестабилности. У раду је покушано испратити такав приступ, коришћењем нумеричког моделирања са коначним елементима.

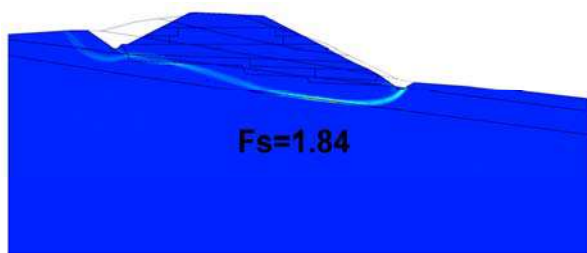
У другом делу рада, нумеричким моделирањем извршена је прогноза понашања санираног насипа, уграђивањем стиропора, изградом шљунчаних јастука, и осталих мера санације.

На крају је извршен прорачун отпорности стиропора, посматрајући све могуће околности, према савременим европским прописима и сазнањима.

Општи закључак је да се диференцијална слегања у контактаној зони насипа и крутих конструкција (мостова) могу избећи, употребом лакотежућих материјала. Који ће лакотежући материјал бити употребљен, зависи од величине проблема (величине диференцијалних слегања) и технолошке приступачности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ISSMGE TC40 (2009) Forensic geotechnical engineering London: ISSMGE
- [2] Спасојевић С., (2010) Примена експандираног полистирена (ЕПС-а) за опакшање насипа при санацији магистралног пута М-21, Ваљево-Кочићки, км:2+000 Београд: Пут и саобраћај
- [3] Завод за геотехнику, Пројекта побољшања магистралног пута М-21 деоница:Ваљево-Кочићки са санациом нестабилне косине км: 2+000 до км:2+035 Београд: Институт за путеве а.д
- [4] Секуловић М., (1984) Метода коначних елемената Београд: Грађевинарска књига
- [5] Plaxis (2006) Reference manual Delft University of Technology & PLAXIS B.V., The Netherlands
- [6] Vanicek I., Vanicek M., (2008) Earth Structures in Transport and Environmental Engineering. London: Springer
- [7] Haar M.E., (1962) Groundwater and seepage New York: McGraw-Hill
- [8] Maksimović M., (2001) Mehanika tla Beograd: Čigoja
- [9] Horvath J.S., (1995) Geofoam Geosynthetic Scarsdale, NY, USA: Horvath Engineering
- [10] Negussey D., & Elragi A., (2000) EPS Geofoam, an Overview Internal Report AE1-00 Syracuse, NY, USA: Syracuse University, Geofoam Research Center.
- [11] van Dorp, T., (1998) Expanded Polystyrene Foam as Light Fill and Foundation Material in Road Structures Milan, Italy: International Congress on Expanded Polystyrene
- [12] Duškov M., (1997) EPS as a lightweight material as sub-base material Delft NL



Слика 9. Глобална стабилност насипа након санације

4. КРИТЕРИЈУМИ ПРОЈЕТОВАЊА ПО ЕВРОКОДУ (EN 1990 и EN1997):

На Сlici 8, приказан је дијаграм ефективних напона на контакту насипа са стиропором. На основу дијаграма, у наставку је приказан прорачунски приступ по ЕВРОКОД-у, који ЕПС блокови морају да задовоље. Решавање подразумева три парцијална прорачуна.

1. Први се тиче притисне чврстоће стиропора (ЕПС-а) при краткотрајном оптерећењу. Арбитарна притисна чврстоћа стиропора, усваја се при деформацијама од 10% и за примењени стиропор (EPS160), износи $\sigma_{10,d}=160\text{kPa}$. Ова чврстоћа, уз одређени фактор сигурности мора бити мања од напрезања која делују на стиропор.

По EN 1997, парцијални фактори су следећи:

- парцијални фактор сигурности материјала $\gamma_m=1.25$
- стално оптерећење $\gamma=1.35$
- покретно оптерећење $\gamma=1.50$

Стога, чврстоћа стиропора меродавна при краткотрајном оптерећењу у односу на ефективне напоне износи:

Притисна чврстоћа стиропора:
 $\sigma_{10,d} = \sigma_{10,d} / \gamma_m = 160 / 1.25 = 128\text{kPa}$,

Вертикални напони од сталног оптерећења:
 $\sigma_{v,g} = (55.04 - 25) = 30.04\text{kPa}$,

Вертикални напон од покретног (саобраћаног) оптерећења:
 $\sigma_{v,p} = 25\text{kPa}$

Укупно напрезање стиропора према ЕВРОКОД-у:
 $\sigma_y = 1.35 \cdot (30.04) + 1.50 \cdot 25 = 78.05\text{kPa}$,

Како је $\sigma_y < \sigma_{10,d}$, први услов је задовољен.

2. Други се тиче дуготрајног понашања стиропора. Стиропор под дуготрајним напрезањем, као и остали материјали, изложен је ефектима течења. Овом појавом се у стиропору за 50 година, јављају деформације од највише 2%, а његова чврстоћа опада до вредности од 30-35%, његове првобитне. Даље то значи:

Притисна чврстоћа стиропора након 50 година:

$$\sigma_{10,per,d} = 0.35 \cdot 160 / 1.25 = 44.80\text{kPa}$$

Вертикални напони од сталног оптерећења, након 50 година:

$$\sigma_{y,g} = 1.35 \cdot (34.49) = 46.56\text{kPa}$$

Како је $\sigma_y \sim \sigma_{10,per,d}$, тј. разлика између вредности је $\Delta < 5\%$, па се може сматрати и да је други услов задовољен ($\sigma_{y,g} < \sigma_{10,per,d}$).

3. Трећим условом се обезбеђује, да деформације стиропора под цикличним оптерећењем остану у границама од 0.4%. Материјал ће се тада понашати еластично, без трајних деформација. По тези Duškov-а [12], овај услов ће бити испуњен ако максимални ниво напона остане испод границе од $0.35 \cdot \sigma_{10}$. Односно:

Притисна чврстоћа стиропора под цикличним оптерећењем:

$$\sigma_{10,cyc,d} = 0.35 \cdot 160 / 1.25 = 44.80\text{kPa}$$

Вертикални напон од покретног (саобраћаног) оптерећења:

$$\sigma_{v,p} = 1.50 \cdot 25 = 37.50\text{kPa}$$

Како је $\sigma_{y,p} < \sigma_{10,cyc,d}$, и трећи услов је задовољен.

Сва три услова су задовољена, и може се констатовати да је стиропор EPS160, у потпуности задовољио захтеве о понашању материјала по ЕВРОКОД-у.

5. ЗАКЉУЧАК

У првом делу рада покушано је објаснити када, како, и шта је довело до нестабилности насипа на магистралном путу М-21, и део је приступа *форензичке геотехничке анализе*, релативно нове научне дисциплине (ISSMGE 2006). Њен циљ је да се свака појединост (микро-аспекат) пројектовања, изградње и поступака одржавања, сагледа, како би се објаснило *када, како, и шта* је пошло наопако, и што је важније ко је узрок свему томе (човек или нешто друго). Уобичајни поступци тестирања, аналитичке методе и конструктивни поступци, нису увек погодни за форензичку анализу, јер се у њој морају симулирати стварни параметри затечени на терену и услови у тренутку нестабилности. У раду је покушано испратити такав приступ, коришћењем нумеричког моделирања са коначним елементима.

У другом делу рада, нумеричким моделирањем извршена је прогноза понашања санираног насипа, уграђивањем стиропора, израдом шљунчаних јастука, и осталих мера санације.

На крају је извршен прорачун отпорности стиропора, посматрајући све могуће околности, према савременим европским прописима и сазнањима.

Општи закључак је да се диференцијална слегања у контактаној зони насипа и крутих конструкција (мостова) могу избећи, употребом лакотежућих материјала. Који ће лакотежући материјал бити употребљен, зависи од величине проблема (величине диференцијалних слегања) и технолошке приступачности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ISSMGE TC40 (2009) Forensic geotechnical engineering London: ISSMGE
- [2] Спасојевић С., (2010) Примена експандираног полистирена (ЕПС-а) за опакшање насипа при санацији магистралног пута М-21, Ваљево-Косјерић, км:2+000 Београд: Пут и саобраћај
- [3] Завод за геотехнику, Пројекта побољшања магистралног пута М-21 деоница:Ваљево-Косјерић са санациом нестабилне косине км: 2+000 до км:2+035 Београд: Институт за путеве а.д
- [4] Секуловић М., (1984) Метода коначних елемената Београд: Грађевинарска књига
- [5] Plaxis (2006) Reference manual Delft University of Technology & PLAXIS B.V., The Netherlands
- [6] Vanicek I., Vanicek M., (2008) Earth Structures in Transport and Environmental Engineering. London: Springer
- [7] Haar M.E., (1962) Groundwater and seepage New York: McGraw-Hill
- [8] Maksimović M., (2001) Механика тла Београд: Ћигоја
- [9] Horvath J.S., (1995) Geofoam Geosynthetic Scarsdale, NY, USA: Horvath Engineering
- [10] Negussey D., & Elragi A., (2000) EPS Geofoam, an Overview Internal Report AE1-00 Syracuse, NY, USA: Syracuse University, Geofoam Research Center.
- [11] van Dorp, T., (1998) Expanded Polystyrene Foam as Light Fill and Foundation Material in Road Structures Milan, Italy: International Congress on Expanded Polystyrene
- [12] Duškov M., (1997) EPS as a lightweight material as sub-base material Delft NL

ПРОЦЕНА ОПАСНОСТИ ОД ЛИКВЕФАКЦИЈЕ АНАЛИЗОМ IN SITU СРТ ОПИТА И ИНДЕКСНИХ ПОКАЗАТЕЉА ТЛА

мр Душан Берисављевић, дипл.инж.геол.
dusan.berisavljevic@institut ims.rs

др Ненад Шушић, дипл.грађ.инж.
nenad.susic@institutims.rs

Институт за испитивање материјала, В. Мишића 43,
Београд,

Стручни рад

Резиме: Процена сеизмичког понашања засићеног тла у условима земљотреса заснива се на геотехничким истраживањима и испитивањима и познавању сеизмичког режима изучаваног подручја. Ликвефакција се обично приписује растреситим, ситнозрним, једноличним песковима без садржаја пластичне фракције. Међутим, новија искуства указују да и финозрна и грубозрна тла могу претрпети значајне деформације настале као последица деловања цикличних напона индикованих земљотресом. У раду је анализирана подложност тла на појаву ликвефакције на примеру резервоара (Р-27) за складиштење нафте у Смедереву.

Кључне речи: Ликвефакција, земљотрес, СРТ, пластичност, влажност, гранулација

ASSESSMENT OF LIQUEFACTION HAZARD BY IN SITU CPT TEST ANALYSIS AND INDEXING INDICATOR OF SOIL

Dušan Berisavljević, M.Sc. GE

dusan.berisavljevic@institut ims.rs

dr Nenad Šušić, Ph.D, CE

nenad.susic@institutims.rs

Institute for Material Testing, V. Misica 43, Belgrade,

Professional Paper

Abstract: Assessment of seismic behavior of saturated soils during earthquake is based on geotechnical investigations and knowledge of the seismic regime of studied area. Liquefaction is usually related to loose fine-grained, uniform sands free of plastic fractions. However, recent experience suggests that the fine grain and coars grain soils can undergo significant strains as a consequence of the cyclic stresses induced by earthquake. The paper presents analysis of liquefaction susceptibility of soil on example of the reservoir (R-27) in Smederevo.

Key words: Liquefaction, earthquake, CPT, plasticity, moisture, granulation

1. УВОД

Ликвефакција је глобална појава која је од изузетног значаја за стабилност грађевинских објеката. У нашој земљи често се не узима у обзир при пројектовању, међутим недавна дешавања у Краљеву указују на реалну опасност од појаве ликвефакције у алувијалним седиментима плеистоценско-холоценске старости. За потребе санације резервоара Р-27 у Смедереву, који је оштећен у бомбардовању 1999. године један од задатака била је процена опасности од појаве ликвефакције при земљотресу. Конструкција резервоара је од челика (челични омотач темељен на аб тракастом темељу). Темељење дна резервоара урађено је преко тампонског слоја од ломљеног камена и цементно стабилизованог шљунка, дебљине 3.9 м. Геолошка грађа терена састоји се од следећих средина анализираних на ликвефакцију:

- (1) Песковито прашинасте глине дебљине 1.0 – 1.8 м.
- (2) Песковит шљунак дебљине 1.5 – 3.0 м
- (3) Шљунковит песак дебљине 3.3 – 4.8 м
- (4) Муљевите прашине дебљине 2.0 – 4.2 м

Наведене средине генетски су везане за алувијалне седimente реке Дунав. Квартарне су старости. У повлати ових средина налази се тампон дебљине 3.9 м. Круту недеформабилну подлогу чине миоценски шљункови знатне дебљине. Ова средина није узета у разматрање с обзиром да је просечна отпорност тла на продор конуса $q_c > 25 \text{ MPa}$.

2. О ФЕНОМЕНУ ЛИКВЕФАКЦИЈЕ

Феномен ликвефакције може се описати као смањење смичуће чврстоће тла услед пораста порних притисака у скелету тла при земљотресу. Смичућа чврстоћа грубозрног тла ($> 50\%$ честица крупнијих од 0.074 мм) зависи од угла унутрашњег трења и нормалног ефективног напона који делује између зрна скелета тла, а дата је изразом:

$$\tau = \sigma' \tan \varphi \quad (1)$$

$$\sigma' = \sigma - u \quad (2)$$

При чему је:

τ - смичућа чврстоћа тла

φ - угао унутрашњег трења

σ' - ефективни нормални напон

σ - укупни нормални напон

u - порни притисак

Када је засићен и слабо збијен песак изложен дејству цикличног оптерећења изазваног земљотресом може доћи до знатног деформисања, односно слегања песка. Трајање цикличних напона је кратко у поређењу са временом потребним да се вода издренира, што изазива прогресиван пораст порних притисака. Када се величина порног притиска изједначи са величином укупног напона, ефективни напони постају једнаки нули, односно песак у потпуности губи смичућу чврстоћу и крутост. Ово изазива значајне деформације песка што може имати катастрофалне последице по објекте.

С друге стране циклично оптерећење финозрног тла може да изазове високе порне притиске који су обично мањи од 100% укупног напона. Лабораторијским испитивањима утврђено је да након достизања критичне вредности порног притиска долази до значајног губитка чврстоће, односно сваким наредним циклусом оптерећења нагло расту дилатације. Величина генерисаног порног притиска зависи од степена преконсолидације ОЦР, обично износи 80 - 90% за НЦ тла и око 75% за ОЦ тла. Boulanger и Idriss доводе у везу циклични смичући напон (τ_{cyc}) са недренираном кохезијом (c_u) и наводе да њихов однос представља најбољи начин одређивања отпорности тла на појаву смичућих дилатација.

3. ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА ПОЈАВУ ЛИКВЕФАКЦИЈЕ

3.1 Гранулометријски састав и врста тла

Тип тла најподложнији ликвифакцији је онај код кога се отпорност на деформације мобилише трећем између зрна тла. Уколико су други фактори, као што су облик зрна, коефицијент униформности и релативна збијеност једнаки, фрикциона отпорност грубозрних тла опада са смањењем зрна тла. Tsuchida је (1970) анализирао гранулометријски састав разних алувијалних и делувијалних седимената за које се зна да су "доживели" ликвифакцију или нису током земљотреса. Он је предложио гранулометријске криве које раздвајају тла која су подложна ликвифакцији и она која нису (слика 1). Површина између две унутрашње криве представља пескове и прашинасте пескове, који имају најмању отпорност на ликвифакцију. Тла која спадају између унутрашњих и спољашњих кривих имају мању склоност ка појави ликвифакције. Тла са већим садржајем фракције шљунка мобилишу већу чврстоћу при смичању, а при том се и брже дренира вода из скелета тла него код песка. Међутим, историјски подаци указују да може доћи до појаве ликвифакције у растреситом шљунку

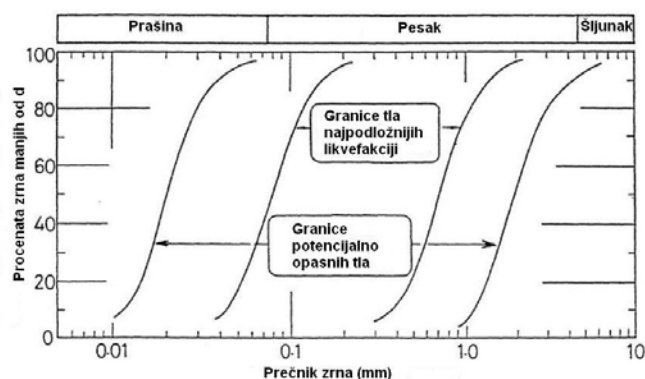
(Seed, 1968; Ishihara, 1985; Andrus, 1991) у случају јаких потреса или када су у подини и повлати слоја шљунка nepropusni slojevi. С друге стране повећање финозрне фракције смањује могућност прерасподеле зрна песка у гушће стање при земљотресу. Ishihara (1985) наводи да финозрна тла са малим индексом пластичности могу да испоје исто понашање као песковита тла при земљотресу.

Ross (1969) наводи да су једнолично гранулисани материјали (генерално $cu < 5$) подложнији ликвифакцији него добро гранулисани материјали, као и да су за униформно градуиране материјале ситнозрни пескови мање отпорни на појаву ликвифакције, него крупнозрни пескови, шљунковито тло, прашине или глине.

3.2 Релативна збијеност

Представља један од кључних фактора који контролишу ликвифакцију. Ликвифакција обично настаје у засићеном чистом песку и прашинастом песку када је збијеност мања од 50%. Збијени пескови имају тенденцију ка појави дилатације током цикличног смичања, чиме генеришу негативне порне притиске и повећавају отпорност на дејство смичућих напона. Доња граница релативне збијености, испод које не би требало да дође до појаве ликвифакције је око 75%.

Овде је релативна збијеност коришћена за добијање фактора корекције за тежину надслоја (K_G) и фактор нормализације за тежину надслоја код СРТ опита (C_n).



Слика 1 Границе између тла подложних и неподложних ликвифакцији (Tsuchida, 1970)

3.3 Вертикални ефективни напон

Повећање вертикалног ефективног напона утиче на повећање смичуће чврстоће тла, а тиме се повећава циклично оптерећење потребно да се изазове ликвефакција, односно смањује се опасност од ликвефакције. Теренским опажањима утврдило се да се ликвефакција ретко дешава на дубини већој од 18 м. Ова дубина се слаже са запажањима Kashida (1969), који наводи да засићен песак неће доћи у стање ликвефакције уколико вертикални ефективни напон прелази 190 кПа.

Ова дубина одговара дубини до које је анализирана ликвефакција на локацији резервоара R-27.

3.4 Ниво подземне воде

Основни услов да дође до ликвефакције је да у тренутку земљотреса тло буде потпуно засићено. Ликвефакција се неће десити уколико је тло суво. Опасност од ликвефакције опада са смањењем степена засићења тла.

Све анализиране средине налазе су испод нивоа подземне воде.

3.5 Сеизмички режим

Могућност појаве ликвефакције условљено је и магнитудом и бројем циклуса оптерећења изазваних земљотресом.

У нашем случају магнитуда је срачуната за период активности од $D=100$ година и ризик $P=0.1$, што значи да је допуштен ризик од 10% да у наредних 100 година срачуната магнитуда буде премашена.

$$M(D, R) = M_{\max} - (M_{\max} - U) \left[-\frac{n_t}{D} \ln(1 - R) \right]^\lambda \quad (3)$$

Сеизмички параметри за централну Србију су одређени искуствено и износе:

$$M_{\max}=7.3; U=4.1; \lambda=0.238; i \quad n_t=2$$

$$M = 7.3 - (7.3 - 4.1) \left[-\frac{2}{100} \ln(1 - 0.1) \right]^{0.238} = 6.56 \quad (4)$$

Очекивана максимална амплитуда износи $M_{\max}=6.56$ за период активности од 100 год. и ризик $P=0.1$. Максимално убрзање тла на површини $a_{\max}$ срачунато је према изразу:

$$\frac{a_{\max}}{g} = \frac{6.7 \left[e^{\frac{1.05M + 1.65}{M}} \right]}{\left[X + 35 + 0.17e^{0.65M} \right]^{2.56}} \quad (5)$$

Добијена вредност $a_{\max}/g$ износи 0.069. Ова вредност је увећана за 50% и као рачунско убрзање је усвојено $a_{\max}/g=0.106$.

4. АНАЛИЗА ЛИКВЕФАКЦИЈЕ ГРУБОЗРНИХ СРЕДИНА

Комплекс грубозрних средина, на локацији резервоара R-27, представља алувијалне седimente реке Дунав формиране у условима честих промена енергије водотока. Овакви услови допринели су изразитој хетерогености комплекса по гранулометријском саставу. Карактеристично за комплекс су честа бочна и вертикална смењивања слојева и прослојака различитих по гранулацији. Повлату комплекса грубозрних средина чине високопластичне (CH) песковито прашинасте глине, а подину муљевите прашине средње пластичности (CI). Лабораторијским испитивањима изведеним за потребе изградње резервоара утврђен је коефицијент филтрације ових средина, који је реда величине 10^{-6} до 10^{-7} cm/s, те се могу сматрати практично водонепропусним. Оне онемогућавају брзу дисипацију порних притисака из грубозрних средина услед цикличног оптерећења од земљотреса (доприносе повећању опасности од ликвефакције). Код оваквог просторног односа слојева забележени су случајеви ликвефакције код шљунковитог тла.

Веома мало информација је доступно о понашању шљунковитог тла (шљунковити песак, песковити шљунак) при ликвефакцији, а као последица тога не постоји опште прихваћен критеријум за процену опасности од ликвефакције овог типа тла. Прелиминарне процене могу се спровести на основу карактеристичних нумеричких показатеља за грубозрне средине (d_{50} , d_{20} , itd.). Утицај шљунковите фракције на понашање тла при цикличном оптерећењу услед земљотреса квантификује Исхихара (1985) уводећи корекциони фактор α . Он зависи од процентуалног учешћа шљунка у тлу, а представља однос цикличне отпорности шљунковитог песка према цикличној отпорности песка са нула садржаја шљунковите фракције. Овај корекциони фактор повећава отпорност тла на ликвефакцију, повећањем CRR, међутим овде није примењен са чиме смо на страни сигурности.

Средине 2 и 3 третиране су као песковите, а преко доле наведене процедуре добијен је фактор сигурности F_s .

За процену опасности од ликвефакције грубозрних средина (средине 2 и 3) коришћена је полу-емпиријска “Упрошћена процедура” (Seed and Idriss 1971) са модификованим зависностима за: фактор редукције напона (r_d), фактор размере магнитуде (MSF), фактор корекције за тежину надслоја (K_σ) и фактор нормализације за тежину надслоја код CPT (C_n). Препоруке за одређивање ових параметара дали су I. M. Idriss и R. W. Boulanger (2004) у публикацији „Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes”, и овде неће бити приказане.

Процена опасности од ликвефакције заснива се на одређивању фактора сигурности у односу на ликвефакцију, који је дат изразом:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \geq 1.0 \quad (6)$$

При чему је:

F_s – фактор сигурности у односу на појаву ликвефакције

CRR – коефицијент цикличног оптерећења потребан да изазове ликвефакцију (ликвефакцијска отпорност)

CSR – коефицијент цикличног оптерећења индукован земљотресом

Уколико је $F_s > 1$ неће доћи до ликвефакције. Уколико је $F_s < 1$ постоји опасност од ликвефакције.

Коефицијент цикличног оптерећења (CSR) изазван земљотресом магнитуде 7.5 срачунат је преко следеће зависности:

$$CSR = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma_v'} \frac{r_d}{MSF} \quad (7)$$

При чему је:

$a_{\max}$ – максимално хоризонтално убрзање на површини

g – убрзање услед гравитације (9.81 m/s^2)

σ_v – укупни вертикални напон на дубини на којој је изведен CPT опит

σ_v' – ефективни вертикални напон на дубини на којој је изведен CPT опит

r_d – фактор редукције напона

$$MSF = \frac{CSR_M}{CSR_{M=7.5}} \text{ – фактор размере магнитуде}$$

MSF прилагођава CSR изазван земљотресом магнитуде M (у овом случају 6,56) еквивалентном CSR изазван земљотресом магнитуде $M=7.5$.

На основу вредности отпора тла на продор конуса q_c срачунат је коефицијент цикличне отпорности (CRR), преко следеће зависности:

$$CRR = \exp \left\{ \frac{q_{c1n}}{540} + \left[\frac{q_{c1n}}{67} \right]^2 - \left[\frac{q_{c1n}}{80} \right]^3 + \left[\frac{q_{c1n}}{114} \right]^4 - 3.0 \right\} \quad (8)$$

При чему је:

q_{c1n} – нормализована вредност отпора конуса q_c за тежину надслоја

4.1 Резултати анализе статичких пенетрација (CPT)

На слици 2 приказана је промена фактора сигурности са дубином. Фактор сигурности је представљен тачкама које се налазе на дубини на којима је мерена пенетрациона отпорност (q_c), у средини 2 и 3, а добијен је из једначине 6.

Са слике се види да је највећа концентрација тачака за фактор сигурности од 1.5 до 4.0, а да је од 7.8 до 8.0 м фактор сигурности мањи од 1.0. Међутим, на тим местима је вредност отпора конуса и трења по фрикционом рукавцу Φ ниска. То указује на глиновите прослојке који су мање осетљиви на ликвефакцију. Такви прослојци су мале дебљине.

5. АНАЛИЗА ЛИКВЕФАКЦИЈЕ ФИНОЗРНИХ СРЕДИНА

Протекле две деценије “Кинески критеријуми” често су се користили за процену опасности од појаве ликвефакције финозрних средина. Основе овог критеријума потичу од опажања ликвефакције финозрних средина, при снажним земљотресима у различитим деловима Кине, које је пријавио Wang (1979). Према Wang-у уколико тло задовољава сва три доле наведена услова:

1. Процената финије фракције од 0.005 mm < 15%
2. Граница течења (LL) < 35%
3. Природна влажност (ω) > $0.9 \times LL$

и ако се налази изнад А линије на дијаграму пластичности може бити подложно ликвефакцији. У супротном тло се може сматрати сигурним у погледу ликвефакције.

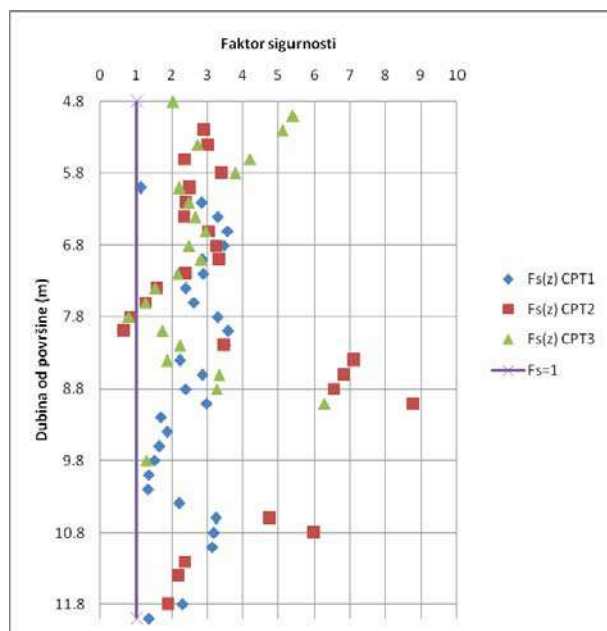
Andrews и Martin (2000) дају општи критеријум за процену опасности од ликвефакције финозрних средина, табела 1.

Табела 1: Критеријум за процену опасности од ликвефакције финозрних средина (Andrews и Martin).

	LL < 32	LL ≥ 32
фракције мање од 0.002 mm < 10 %	Подложно ликвефакцији	Потребна даља испитивања
фракције мање од 0.002 mm ≥ 10 %	Потребна даља испитивања	Није подложно ликвефакцији

Новија истраживања указују да је главни фактор који контролише ликвифакцију индекс пластичности (ИП). Тако Сеед (2003) предлаже да уколико засићено тло има $ИП < 12\%$, $ЛЛ < 37\%$ и $\omega/ЛЛ > 0.8$ може доћи до појаве ликвифакције. На свим испитаним узорцима добијен је индекс пластичности преко 15, што га према овом критеријуму сврстава у тла која су мање подложна ликвифакцији.

Испод објекта у конструкцији терена издвајају се две финозрне средине (1 и 4), анализиране на опасност од појаве ликвифакције.



Слика 2: Промена фактора сигурности са дужином, добијен из CPT опита за (средине 2 и 3)

5.1 Средина 1

Лабораторијским испитивањима добијени су следећи резултати интересантни са аспекта ликвифакције, табела 2:

Табела 2: Резултати лабораторијских испитивања коришћени при анализи подложности средине 1 ка ликвифакцији

узора к бр.	гранулација				% финијих честица од 0.005 мм	ЛЛ (%)	ω (%)	$\omega/Л$ Л
	глин а (%)	пра шин а (%)	песа к (%)	шљу нак (%)				
Б- 1/5.5- 5.8	17	53	26	4	23 > 15	32. 0 < 35	29. 8	0.93 > 0.9
Б- 3/4.0- 4.2	21	54	21	4	29 > 15	39. 8 > 35	29. 6	0.74 < 0.9

Из табеле се може видети да, према Ванг-овом критеријуму, средина 1 није подложна ликвифакцији.

5.2 Средина 4

Лабораторијска испитивања спроведена су на три узорка, а добијени су следећи резултати интересантни са аспекта ликвифакције, табела број 3:

Табела 3: Резултати лабораторијских испитивања коришћени при анализи подложности средине 4 ка ликвифакцији

узорак бр.	гранулација				% финијих честица од 0.005 мм	ЛЛ (%)	ω (%)	$\omega/ЛЛ$
	гли на (%)	пра ши на (%)	песа к (%)	шљу нак (%)				
Б- 1/12.0- 12.3	30	70	0	0	47 > 15	43.0 > 35	37. 0	0.86 < 0.9
Б- 1/15.0- 15.2	25	74	1	0	40 > 15	39.5 > 35	33. 7	0.85 < 0.9
Б- 2/14.5- 14.8	26	74	0	0	44 > 15	40.4 > 35	36. 7	0.9

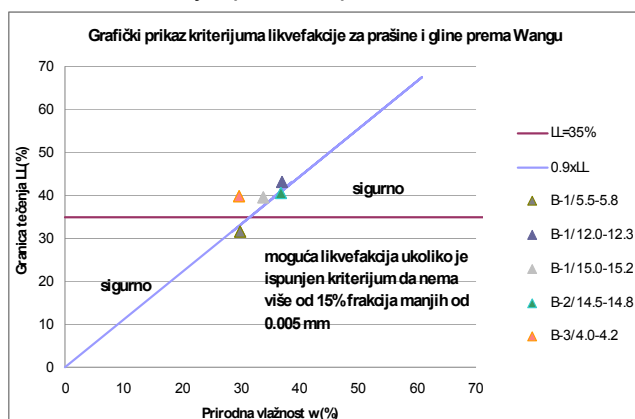
Из табеле се може видети да, према Ванг-овом критеријуму, средина 4 није подложна ликвифакцији.

Према критеријуму који препоручују Андреус и Мартин средине 1 и 4 нису подложне ликвифакцији, табела 4.

Табела 4: Оцена опасности на појаву ликвифакције (Андреус и Мартин) за финозрне средине.

	ЛЛ < 32	ЛЛ ≥ 32
фракције мање од 0.002 мм < 10 %	Подложно ликвифакцији	Потребна даља испитивања
фракције мање од 0.002 мм ≥ 10 %	Потребна даља испитивања	Није подложно ликвифакцији

На слици 3 дат је графички приказ критеријума ликвифакције за прашине и глине према Ванг-у за пет испитаних узорака из средине 1 и 4.



Слика 3: Графички приказ критеријума ликвифакције за прашине и глине по Ванг-у

6. ЗАКЉУЧАК

Различити су критеријуми за процену опасности од ликвифакције грубозрних и финозрних средина. За процену опасности од појаве ликвифакције за грубозрне средине могу се користити теренски CPT и SPT опити, док за финозрне средине треба користити лабораторијска испитивања (пожељно је користити резултате триаксијалних цикличних испитивања).

На основу анализе гранулометријског састава, пластичности, влажности и теренских CPT испитивања, као и на основу сеизмичког режима истражног простора може се закључити да нема опасности од ликвифакције на локацији резервоара Р-27.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Boulanger R. W., Idriss I. M. (2005). **New criteria for distinguishing between silts and clays that are susceptible to liquefaction versus cyclic failure.** 25th Annual USSD Conference, Salt Lake City, Utah, 357-366.
- [2] Idriss I. M., Boulanger R. W. (2004). **Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes.** Proc. of the 11th ICSDEE and 3rd ICEGE, Barkley, California, pp 32-56.
- [3] Moss R. E. S., Seed R. B., Kayen R. E., Stewart J. P., Der Kiureghian A., Cetin. K. O. (2006). **CPT Probabilistic and Deterministic Assessment of In Situ Seismic Soil Liquefaction Potential.** Journal of geotechnical and Geoenvironmental Engineering.
- [4] New York State Department of Transportation. (2007). **Liquefaction Potential of Cohesionless Soil: Geotechnical Design Procedure.**
- [5] Prakash S., Puri K. V. (2010). **Recent advances in liquefaction of fine grained soils.** 5th Int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor I. M. Idriss. San Diego, California, No. 4.17a, 1-6.
- [6] Robertson P. K., Wride (Fear) C. E. (1998). **Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test.** Canadian Geotechnical Journal 35, 442-459.
- [7] Seed R. B., Cetin. K. O., Moss R. E. S., Kammerer A. M., Wu J., Pestana J. M., Riemer M. F. (2001). **Recent advances in soil liquefaction engineering and seismic site response evaluation.** 4th Int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamic and Symposium in Honor of Professor W. D. Liam Finn, San Diego, California, No. SPL-2, 1-45.

ПРИРОДНИ УСЛОВИ ЗА РАЗВОЈ И РАЗМЕШТАЈ САОБРАЋАЈА У СЕВЕРОИСТОЧНОЈ ЦРНОЈ ГОРИ

др Горан Рајовић, дипл.геогр.
dkgoran.rajovic@gmail.com

Стручни рад

Резиме: У раду се разматрају природни услови за развој и размештај саобраћаја у североисточној Црној Гори, на примеру општина Беране, Андријевица и Плав. Разматрани простор је геосеизмички стабилан, изузев уже зоне Берана и Андријевице, где постоји могућност јављања земљотреса до 7° по Меркалију. Облици рељефа својом висином и конфигурацијом, експозициом падина, чине природну основу разноликом, а која може бити од значаја за изградњу саобраћајница. Овај део североисточне Црне Горе саобраћајно је средиште умерено - континенталне и планинске климе. Комбиновањем повољних и ограничавајућих фактора на основу анализе геосеизмичких, геоморфолошких и климатских карактеристика, издвојили смо три рејона који се међусобно разликују према степену погодности природних услова за развој саобраћаја. Савремено и будуће коришћење природних ресурса у саобраћајне сврхе захтева нови прилаз који треба да буде у складу са концепцијом одрживог развоја.

Кључне речи: североисточна Црна Гора, саобраћај, геосеизмички услови, геоморфолошки услови, климатски услови, саобраћајни рејони, одрживи развој.

THE NATURAL CONDITIONALS FOR DEVELOPMENT OF TRAFIC IN NOORDOOSTE - MONTENEGRO

Goran Rajovic, Ph.D, GE

Professional Paper

Abstract: The paper discusses the natural conditions for development of transport in the northeastern Montenegro, for example the municipality of Berane, Andrijevica and Plav. Space is considered geoseismicly stable, except for the immediate area of Berane and Andrijevica, where there is the possibility of occurrence of earthquakes up to 7 degrees Merkaliyu. Landforms in height and configuration, slope exposures, are the diverse natural, and that may be of importance for the construction of roads. The

northeastern part of Montenegro's transport hub moderate - continental and mountain climate. Combining the favorable and limiting factors in the analysis geoseismology, geomorphological and climatic characteristics, we have singled out three areas that differ in the degree of the benefits of natural conditions for development and transportation. Contemporary and future use of natural resources in the transportation purposes for a new approach that needs to be consistent with the concept of sustainable development.

Key words: north-eastern Montenegro, traffic, geoseismology conditions, geomorphological conditions, climatic conditions, traffic region, sustainable development.

УВОД

Намере су нам скромне, а простор за детаљну анализу ограничени. Стога не претендујемо да исцрпимо ову проблематику већ овим текстом желимо пружити одређени допринос проучавању саобраћаја на североистоку Црне Горе, тј. на примеру општина Беране, Андријевица и Плав. У том смислу учинили смо покушај да, путем анализе геосеизмичких, геоморфолошких и климатских услова, издвојимо три рејона који се међусобно разликују према степену погодности природних услова за развој саобраћаја. Прихватајући такав критеријум, наметнула нам се потреба да уместо закључних разматрања укажемо и на концепцију одрживог развоја. Зависно од тога поставља се питање измене и положаја саобраћаја као пратиоца привредног развоја. Јер не само да саобраћај проучаваног простора омогућава привредни развој преко природних услова које има у том развоју, већ исто тако његов преображај у модерне облике привређивања представља сам развој. Међутим, овим радом се указује само на део, истина битних, питања везаних за саобраћај овог дела североисточне Црне Горе, док се нека друга проучавања, попут оних о инжињерско-геолошким одликама простора, морфодинамичким, хидрогеолошким, друштвеним и другим, такође, од изузетног значаја са гледишта научних сазнања и ради правилног усмеравања свих друштвених акција и мера саобраћајне политике. Наравно, она нису предмет овог рада.

ГЕОСЕИЗМИЧКИ УСЛОВИ

Квалитативно познавање природних услова просторних целина и ужих локалитета представља битан предуслов за изградњу просторних планова свих нивоа, како од избора

праваца и приоритета развоја, тако и код основне намене површина. У оквиру тих, геосеизмички услови су битна детерминанта којој, у досадашњој фази развоја просторног планирања, није поклањана адекватна пажња [1]. У циљу смањења сеизмичког ризика и повредљивости објеката, разуме се и саобраћајних у условима сеизмичности дошло се до закључка да превентивне мере сигурнијег живљења у трусним зонама и већа сигурност материјалних добара, мора отпочети кроз изградњу просторних и урбанистичких планова. Тако се, дошло до методологије асеизмичког просторног и урбанистичког планирања, које је ближе разрађено на примеру Црне Горе, кроз УН пројекат „Просторно планирање у Црној Гори - ЈУГ/79/104“ [1].

Геосеизмичка истраживања извршена у Црној Гори, показала су да је североисточни део Црне Горе, сеизмички стабилан, изузев уже зоне Берана и Андријевице, где постоји могућност јављања земљотреса до 7° по Меркалију. Наиме, Беранска котлина везана је за раседе североисток - југозапад, дуж којих су избиле младе еруптивне стене, од којих је састављен Беран Крш, Јерин Град и Градац. Дуж ободних раседа стране отсеком падају у котлину што доводи до изгужваности слојева на додирној линији, а неогени слојеви показују извесну заталасаност. Такође, раседи су утврђени по југозападном ободу и дну котлине. Паралелно са раседом у подножју западног ободу котлине констатован је и расед у правцу Гњионик - Лужац. Раседна линија у облику пукотина веома је изражена у Сјениш Долу, између Петњица и Дапсића, и у Загорју, где стране падају у дно равни [2].

Утврђено је и неколико раседа дуж Лима, по дну Беранске котлине: један изнад моста код Берана, други на дну Харема у правцу Будимље и долини Брњице, тј. на овим местима котлина је лагано

тонула, на основу различитих дебљина и дубина угљених слојева и постепених прелаза између угља и других седимената.

Лутовац, В.М.[3] наводи казивање Ј. Михајловића да је разматрани простор „интересантна аутохтона трусна област, чије је језгро баш у Беранској котлини. Јаки и слабији потреси (око 80 на броју), одржавали су се од 12.октобра 1926. до 18.марта 1927.године, најјаче су се осетили дуж четири раседне линије“. Поменути и јаки потрес 18. марта 1927.године оставио је последица: рушење и пуцање зграда, пукотине на саобраћајницама, мостовима, промене у подземним водама итд. Овome треба додати да су се мањи локални поремећаји дешавали и на другим местима котлине, што се закључује из профила бушотина.

Дубинским бушењем запажена су кречњачка узвишења на Јасиковцу и Дубици, а такође, и удубљења између њих. Највећу дубину котлина достиже у средишту Лима, где је дно испод језерских седимената ниже за 300 м од стеновите пречаге преко које Лим тече при улазу у Тивранску клисуру. Мала долина између Главице и Буковца такође, испуњена је језерским седиментима и има одлике синклинале, јер слојеви оба узвишења падају према њој. Сличне појаве запажене су на Полици [3].

На основу Карте сеизмичке регионализације Црне Горе проистиче да подручје Општине Андријевица припада зони 7-ог степена сеизмичког интензитета. То је у сагласности са резултатима сеизмостатичке анализе, која је показала да се са вероватноћом од 63 %, за повратни период од 100 година, на овом подручју очекује максимални интензитет дејства земљотреса од $7,0^{\circ}$. Једино крајњи североисточни делови терена Општине(подручје Новотине и Марсенића ријеке) које се граничи са Беранском котлином припада зони 8 -ог степена сеизмичког интензитета [4].

Ови примери показују, да избор концепције саобраћајног развоја треба усмерити у правцу већег инвестирања у развој сеизмички стабилнијих зона (североисточна Црна Гора - сем уже зоне Берана и североисточних делова

андријевичке општине) и њиховим квалитетнијим опремањем саобраћајном и друштвеном инфраструктуром, како би се смањили миграциони токови из њих према атрактивнијим, али сеизмички угроженим областима (Црногорско приморје, Подгорица, Никшић), са могућношћу јављања земљотреса од 9 и 10° по Меркалију [1].

У основи глобално опредељење код предлога организације простора овог дела североисточне Црне Горе, мора полазити од присутних геосеизмичких услова. Модел, у таквим околностима, треба да се изрази кроз следеће компоненте:

- функционалну намену просторних јединица,
- просторни модел техничких инфраструктурних система, посебно саобраћајница и
- просторни размештај привредних, односно саобраћајних објеката.

У тектонски лабилном подручју (ужа зона Берана, Андријевце), функционална намена простора дефинише се у складу са потенцијалним сеизмичким хазардом. Најстабилније зоне разматраног простора плански се намењују за виталне индустријске функције, изградњу саобраћајница, већу концентрацију становништва, а угроженије, за зелене површине, одговарајућу пољопривредну производњу и најмању насељеност. Уколико се сви ови елементи доследно предвиде и изведу, сеизмички ризик живљења у турским зонама биће знатно мањи, па због тога, основна оријентација свих субјективних снага друштва треба да буде усмерена на пут доследне примене научно - стручних сазнања [1].

ГЕОМОРФОЛОШКИ УСЛОВИ

Североисточна Црна Гора у геоморфолошком погледу представљена је као маркантно уздигнута и природно уклопљена област у Динарски планински систем. Иако релативно мале површине (1.486 км²), разматрани простор, у геоморфолошком погледу је веома интересантан. Тако су на једној страни створене високе веначне планине, а другој котлине, долине... Постојећа разноликост

рељефних облика последица је, тектонског набирања стена под утицајем флувио - денудационих, крашких и глацијалних процеса. Тако формиране рељефни облици, чине природну основу овог дела североисточне Црне Горе разноликом, а која може бити од значаја за изградњу саобраћајне инфраструктуре. Уосталом, основни висински облици рељефа дају се ради лакшег утврђивања морфометријских погодности рељефа, првенствено утицаја морфометријских обележја на изградњу саобраћајница.

У поступку морфометријске анализе најчешће се у обзир узимају хипсометријска структура, структура нагиба и експозиција [5]. Анализа морфометријских својстава разматраног простора, извршена је коришћењем топографске карте размере 1:100.000 [6]. Избор основне размере и размере презентације добијених резултата, подразумевао је одређени степен картографске генерализације. Анализа морфометријских обележја Г. Рајовића [7], садржи у себи неопходне елементе оцене морфометријских услова за саобраћај.

Према употребној вредности релативних висина, методом бодовања, издвајамо :

- саобраћајнице у нивоу долине Лима - одличан (5),
- саобраћајнице до 200 м н.в. изнад долине Лима - врло добар (4),
- саобраћајнице од 200 до 1.400 м н.в. изнад долине Лима - добар (3),
- саобраћајнице преко 1.400 м н.в. изнад долине Лима - лош (2).

Нагиб или пад терена добијен је као резултат морфометријске анализе. Површине нагиба терена на разматраном простору, методом бодовања, класификоване су у пет класа :

- нагиби 1 - 3 ° - одличан (5),
- нагиби до 1° - врло добар (4),
- нагиби 4 - 7 ° - добар (3),
- нагиби 8 - 15 ° - лош (2).

Према С.Љубисављевићу [8] и Д. Богуновићу [9], вредновање појединих група нагиба, унутар дијапазона између крајњих прагова погодности за изградњу саобраћајница, условљено је

локалним карактеристикама терена. Узимајући у обзир класификацију нагиба на разматраном простору Г.Рајовић [10], основне критеријуме валоризације земљишта у сврху одабира оптималне трасе Е. Ферхатбеговића, А. Авдића, Н. Кикановића [11], према употребној вредности издвајамо:

- равно земљиште са падом од 0 - 2 %,
- земљиште малог нагиба са падом од 2 - 4 %,
- земљиште умереног нагиба са падом од 4 -10 %
- стрмо земљиште са падом од 10-20 %
- врло стрмо земљиште са падом 20 -30 % успони преко 30 %.

Међутим, једна од основних карактеристика брдско - планинских простора, какав је и разматрани "је велика разноврсност природних услова који се често и на малим растојањима, међу собом суштински разликују " [12].

Експозиције терена објашњавају изложеност површине рељефа сунцу. Експозиције терена, методом бодовања, класификоване су у четири класе :

- Југ - одличан (5),
- Без експозиција - врло добар (4),
- Исток - добар (3),
- Север - лош (2).

Морфометријска обележја рељефа су значајна за оцену његове практичне улоге, поготово када је реч о развијеном рељефу какав је у овом делу североисточне Црне Горе. При том треба истаћи, да морфометријска обележја на изградњу саобраћајница утичу непосредно - карактером самих својих обележја (нагиб), или пак посредно, модификујући обележја и својства других елемената природне средине (хипсометријска структура и експозиција).

КЛИМАТСКИ УСЛОВИ

Код проучавања услова за развој саобраћаја, познавање климе од посебног је значаја. Утолико пре, уколико су конкретни климатски подаци бројнији, детаљнији и обухватају дуже временске периоде, утолико су закључци научно

оправданији и за праксу кориснији. Другим речима, вредносна оцена климатских елемената у овом делу североисточне Црне Горе детерминисана је суженом базом података и недостатком мерења појединих климатских елемената за дужи временски период. У разматраном простору мерење климатских елемената врши се само у Беранама и Плаву, па се на основу њих изводе закључци о стању климе у овој области.

Наша пажња биће усмерена на два ограничавајућа параметра који су у основи и сметња одвијању друмског саобраћаја у овом делу североисточне Црне Горе. Први је дебљина снежног покривача, а други је број дана са снежним падавинама. За анализу ових климатских параметара, делимично су коришћени редуковани подаци за двадесетогодишњи период (1969-1991.година), чиме је омогућено њихово упоређивање [13].

Сметње за одвијање саобраћаја карактеристичне су за зимску половину године. Снежни покривач ангажује додатне утрошке рада и средстава за одржавање проходности копнених саобраћајница у овом делу североисточне Црне Горе. Средња максимална дебљина снежног покривача дуж трасе главних саобраћајница у долини Лима не прелази 50 цм у јануару када је висина снега највећа. Али апсолутна висина снежног покривача на станици у Плаву досеже чак до 131 цм, односно у Беранама до 106 цм.

Колике су месечне разлике у просечној висини падавина јасно се могу видети из прегледа који следи. Наиме, просечна дебљина снега у цм по месецима креће се у Плаву: јануар (131 цм), фебруар (72 цм), март (50 цм), април (38 цм), септембар (11 цм), октобар (27 цм), новембар (82 цм), децембар (74 цм), а у Беранама: јануар (106 цм), фебруар (78 цм), март (40 цм), април (12 цм), септембар (2 цм), октобар (3 цм), новембар (62 цм), децембар (58 цм).

Имајући у виду да је разматрани простор брдско - планински дебљина снежног покривача може бити веома тешка препрека за одвијање саобраћаја, посебно на ветровитим превојима, где ветар формира високе снежне сметове које

постојећа механизације не може пробити дуже време. Због снежних падавина, смањује се видљивост и коефицијент приањања пнеуматика за коловоз, услед чега теже реализовати вучну и кочиону силу, због чега долази до заносења и превртања возила. Опасност од климатских утицаја могу се ублажити бољим одржавањем путева.

Други параметар је број дана са снежним падавинама. Период са снежним падавинама траје у Беранама од октобра до маја као и у Плаву. Просечни месечни број дана са падањем снега, износи у Плаву: јануар (8,6), фебруар (4,1), март (3,9), април (1,8), мај (0,1), октобар (0,5), новембар (4,7), децембар (8,4), а у Беранама: јануар (12,8), фебруар (5,5), март (4,8), април (2,2), мај (0,3), октобар (0,4), новембар (5,3), децембар (12,5). Годишњи број дана са падањем снега се креће од 32,8 дана у Плаву, до 43,8 дана у Беранама.

Просечан број дана са висинином снежног покривача ≥ 30 цм и ≥ 50 цм мења се у зависности од надморске висине, количине излученог снега, морфолошког изгледа осматране површине и њеног положаја према доминантним ваздушним струјањима и непосредном високопланинском залеђу.

Беране имају мању честину дана са одговарајућом висином снежног покривача од Плава (годишњи број дана ≥ 30 цм у Беранама је 7,6, а у Плаву 14,5; број дана ≥ 50 цм у Беранама је 3,5, а у Плаву 7,8). Посматрано по месецима, средњи број дана са снежним покривачем ≥ 30 цм креће се у Плаву: јануар (6,0), фебруар (4,3), март (2,0), април (0,1), октобар (0,1), новембар (0,2), децембар (1,8), а у Беранама: јануар (4,2), фебруар (2,0), март (0,3), април (0,0), октобар (0,0), новембар (0,1), децембар (0,5). Средњи број дана са снежним покривачем ≥ 50 цм креће се у Плаву: јануар (2,5), фебруар (3,2), март (2,0) и децембар (0,1), а у Беранама: јануар (1,3), фебруар (2,0) и март (0,2).

Ови подаци илустративно показују колико често је током зиме неопходно обезбедити ангажовање одговарајућих служби за чишћење снега. На основу броја дана са снегом, могуће је

орјентационо израчунати и потребну количину соли за посипање путева. У односу на ангажовање зимских служби, већи проблем не представљају снежне падавине у рано пролеће, јер се оне топе већ у додиру са подлогом, што обично не изискује већи утрошак соли.

Идеални климатски услови постојали би тамо "где киша не пада, где је увек пријатно топло и сунчано... где никада није превише влажно... и где ветар само ћарлија"[14]. Међутим, овако идеалан климат нигде не постоји на земљи, па наравно ни у овом делу североисточне Црне Горе. Из свега наведеног можемо закључити, да је овај део североисточне Црне Горе саобраћајно средиште умерено - континенталне и планинске климе.

САОБРАЋАЈНИ РЕЈОНИ

Оцена природних услова за циљ има издвајање хомогених територијалних целина са одређеним степеном погодности или ограничења за изградњу саобраћајница. На основу геосиизмичких, геоморфолошких и климатских услова, могуће је на разматраном простору издвојити подручја са различитим погодностима за развој саобраћаја. Комбиновањем повољних и ограничавајућих фактора издвојена су три релативно хомогена рејона.

I Рејон - везан је за Беранску, Андријевичку, Полимску и Плавско-Гусињску котлину и ниске пределе средње планинског рељефа до 1100 м н.в. У оквиру овог рејона могу се издвојити просторне целине нижег хијерархијског ранга: Подрејон алувијалних равни река, речних тераса, језерских седимената Беранске, Андријевичке и Полимске котлине (подрејон А) располаже најповољнијим природним условима за развој саобраћаја сем уже зоне Берана и Андријевице са могућношћу јављања земљотреса до 7 ° по Меркалију, односно подручје Новотине и Марсенића ријеке које припада зони 8-ог степена сеизмичког интензитета .

У оквиру овог подрејона доминирају нагиби од 1-3°, неекспониране површине, добра хипсометријска структура (релативне висине су индикатор енергетске ефикасности инфраструктуре, односно

изражавају саобраћајну доступност у односу на савладавање висинских разлика). Грађевинска сезона траје око 260 дана, из чега произилази да имамо сасвим добре услове за изградњу саобраћајне инфраструктуре. Сметње за одвијање саобраћаја карактеристичне су за зимску половину године. С обзиром да средња максимална дебљина снежног покривача дуж трасе главних саобраћајница у долини Лима не прелази 50 цм у јануару када је висина снега највећа и да број дана са снежним падавинама траје од октобра до маја (када се снег топи у додиру са подлогом), овај подрејон има добре услове за одвијање друмског саобраћаја.

Подрејон који обухвата Плавско-Гусињску котлину (подрејон Б) са становишта геосеизмичких услова је стабилан. У односу на изградњу саобраћајне инфраструктуре спада у II класу погодних терена (због неекспонираности и висинског појаса 948 м), дужине безмразног периода (124 дана). Овај подрејон, може да карактерише отежано одвијање друмског саобраћаја, јер средња максимална дебљина снежног покривача дуж трасе главних саобраћајница може да достигне 131 цм.

Подрејон који обухвата пределе ниско - планинског рељефа и ниске пределе средње - планинског рељефа до 1100 м н.в. (подрејон С) је геосеизмички стабилан, али има трећу класу погодности за изградњу саобраћајне инфраструктуре (због висинског појаса, неповољних северних експозиција и земљишта са умереним и стрмим нагибом). Са становишта изградње саобраћајне инфраструктуре овај подрејон пружао би повољне услове за одмор, рекреацију, излетнички или транзициони туризам. Другачијим постављењем привредно - саобраћајних оквира у овом подрејону, будућа саобраћајна инфраструктура, између осталог, добила би употребну вредност и њено би се коришћење, могло изразити као елеменат тржишне потражње, било у пољопривредне или туристичке сврхе.

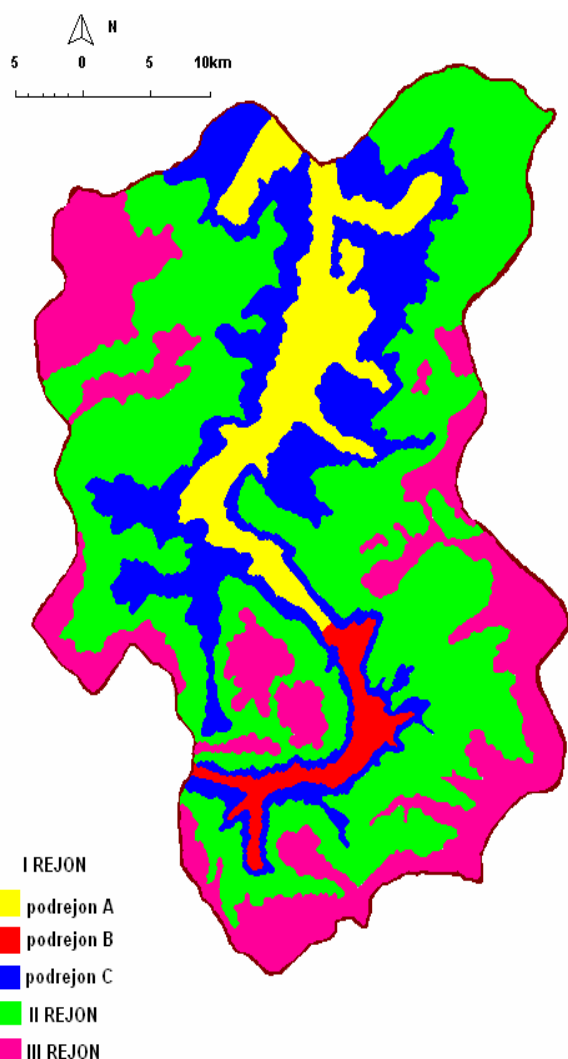
II Рејон - везан је за појас од 1100 - 1700 м н.в., са становишта изградње саобраћајне инфраструктуре овај рејон можемо дефинисати као умерено повољан. Геосеизмички је стабилан.

Ову просторну целину карактеришу оштре форме рељефа са нагибом од 12 ° до 20 °. Грађевинска сезона траје од 230 до 250 дана, али за одређене радове (нпр. рад са бетоном), овај период се поклапа са дужином безмразног периода који се креће од 67 до 117 дана. Апсолутна висина снега у овом рејону може да буде већа и од 200 цм, што представља тешку препреку за одвијање саобраћаја. Посебно на ветровитим превојима, где ветар формира високе снежне сметове које постојећа механизација не може пробити дуже време. Према Атласу климе СФРЈ [15] средњи број дана са снежним покривачем преко 30 цм је: на 1200 м н.в. око 30 дана, док је на висинама изнад 1500 м н.в. његово трајање преко 70 дана. Број дана са снегом преко 50 цм на 1200 м н.в. 13 дана, а на 1500 м н.в. 18 дана.

III Рејон - обухвата високи планински појас изнад 1700 м н.в. Овај подрејон је геосеизмички стабилан. Неповољан је са становишта изградње саобраћајне инфраструктуре, јер су погоршани рељефни услови. У структури нагиба доминантни су нагиби преко 18°, али и нагиби преко 20°. Према Атласу климе СФРЈ [15] у овој зони изнад 1700 м н.в. снежни покривач се почиње образовати почетком октобра и у овој зони траје скоро до половине јуна, тј. осам до девет месеци у години. Само, средњи број дана са снежним покривачем дебљине преко 10 цм креће се преко 150 дана на висини од око 2000 м н.в., а преко 30 цм око 160 дана. Међутим, овај рејон је уз претходно изграђену саобраћајну инфраструктуру у складу са природним условима, погодан је за туристичку валоризацију, тј. за развој спортско - рекреативног, спортско - манифестационог, спортско - ловног, излетничког туризма, а најпогоднији за развој скијашких спотрова, планинарства, алпинизма и др.

Стога смо мишљења, да посебан нагласак при пројектовању будућих привредно - саобраћајних праваца у сврху туристичког активирања овог рејона, треба ставити на њихово функционално усавршавање односно, техничко - организационо опремање. Ово, тим пре, што се без таквог опремања немогу остварити краће просторне дистанце између разматраног простора и матичних подручја с једне, нити ојачати саобраћајна улога самих праваца, с друге стране [16].

У више наврата и у многим студијама, које су се бавиле ревитализацијом и привредно-саобраћајним реактивирањем овог дела североисточне Црне Горе, наглашавала се потреба да се истовремено са улагањем у саобраћајну инфраструктуру и веровањем у могућност привредне обнове, заиста крене у здраву тржишну економију. До тренутка писања ових редова, тако нешто, не само да се није догодило, него нема ни наговештаја да ће се у догледно време десити.



Карта 1.Рејонизација природних услова према степену погодности за развој и размештај саобраћаја у североисточној Црној Гори, на примеру општина Беране, Андријевица и Плав

УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

Синтагма “одрживи развој” (sustainable development) у стручној терминологији уведене је Брундтланд извештајем “Наша заједничка будућност” 1987.године. Одрживи развој се дефинише као усклађени систем техничко - технолошких, економских и друштвених мера у укупном развоју у којима се на принципима економичности и разумности користе природне и створене вредности са циљем да се сачува и унапреди квалитет животне средине [17].

Целокупни одрживи саобраћајни развој овог дела североисточне Црне Горе се у основи може посматрати кроз три основна параметра који се нужно и на адекватан начин могу комбиновати:

- Друштвени који представља скуп активности које оживљавају друштвено ткиво разматраног простора. Ово, тим пре, што друштвени значај, у коначном, утиче на економске ефекте који се остварују у процесу развоја саобраћајне инфраструктуре,
- Еколошки који нужно садржи активности које приликом изградње саобраћајне инфраструктуре наносе минималну штету околини (флора, фауна, вода, тло, загађење), те доноси корист околини на најбољи могући начин, кроз заштиту и очување природних добара и природне баштине,
- Економски који укључује активности које континуирано доприносе економском благостању локалне заједнице, запослених, становништва итд.[18]. Саобраћај се овде, пре свега, може схватити као огромна покретачка снага привредног развоја, поготово неразвијених простора, какав је уосталом и разматрани, јер доводи, што је од посебног значаја, до креирања нових радних места и до повећана дохотка.

Поставља се питање: На који начин искористити потенцијале природних ресурса разматраног простора, да буду еколошки прихватљиви, дугорочно одрживи, а да све то на неки начин интензивира друштвени и еколошко-економски живот ? Разуме се, ма колико природни саобраћајни потенцијали овог дела североисточне Црне Горе били велики, они нису неограничени и неисцрпни. Зато њихово коришћење мора бити планско и рационално.

Чиме потврђујемо јасно формулисани став В.Васовић и Р.Биочанина [19] "Садашње генерације треба да планирају и стварају себи одговарајући квалитет животне средине, но, ово право морају задржати и наредне генерације. У складу са концепцијом одрживог развоја очекује се да култура рада почива на хуманим принципима еколошко екуменске и друштвене ефикасности. Пут у еколошко оправдано друштво јесте наша неопходна потреба, али и обавеза". Стога је неопходно утврдити природно-саобраћајно ресурсни потенцијал све три саобраћајне зоне разматраног простора, што је предуслов за рационално коришћење природне средине и њену заштиту.

Бројни развојни и еколошки проблеми намећу потребу да се што пре приступи конкретним активностима за њихово решавање. У домену заштите животне средине потребно је имплементирати Стратегију одрживог развоја са посебним акцентом на њену еколошку компоненту.

Стратегија развоја саобраћаја Црне Горе до 2020.године (донесена у јулу 2008.године), полази од [20] :

- примене највиших стандарда заштите животне средине (технички стандард возних средстава, пројектовање траса, опреме и уређаја, дисциплине у транспорту, мере интервенција код спречавања и ублажавања последица саобраћајних незгода),
- промовисања и подизања нивоа квалитета услуга у јавном друмском превозу, а популаризовања немоторизованих начина кретања као што је нпр. бициклизам, поготово у урбаним срединама,
- предузимања мера којима ће се задовољити захтеви саобраћаја, а редуковати загушења,
- радити на постизању ефикаснијег логистичког приступа,
- услови који морају да испуњавају возила у циљу заштите животне средине и здравља људи, а сматраће се испуњеним, ако је возило опремљено мотором минималног стандарда ЕУРО 4.

Као посебни циљеви намећу се:

- планирање трасе нових саобраћајница ван најосетљивијих подручја,
- изградња обилазнице за транзитна кретања око осетљивих подручја,
- изградња трећих трака за растерећење уских грла у туристичкој сезони,
- утврђивање посебног режима за теретни саобраћај у одређеним периодима,
- примена алтернативних варијанти саобраћаја у одређеним периодима итд.

Намеће се закључак да, када је у питању транспортна делатност, еколошког савршенства нема, као што нема, а приори "бољих" и "горих" начина транспорта. Дакле, оно што је потребно предузети, јесте успостављање надзора над растом друмског саобраћаја, као и пружање могућности другим еколошки прихватљивим начинима превоза, да постану конкурентнији избор превоза. Еколошка накнада за друмски превоз, која би се усмерила према еколошким прихватљивијим начинима превоза, представља добар пример постизања целовитог посматрања утицаја саобраћаја на животну средину.

Угрожавање животне средине и њене репродукционе способности само је један, али не и једини пример који указује на опасне замке странпутице и кратковидости досадашњег техно-економског развоја. Зато се нови приступ развоја мора заснивати на перцепцији науке и технологије доминантно у оквиру нове еколошке уместо досадашње техно-економске парадигме [17].

У том смислу многи аутори, међу којим овом приликом апострофирамо Ђ.Симоновића [21], М.Живковића [22], Д. Перишића [23] и Р.Бакића [24], указују да уклапање савремених просторних елемената, разуме се и саобраћајних не треба избегавати већ их примењивати, тако да буду одраз нашег времена и наших привредних могућности, а да не ремете животну средину која је вековима складно и смишљено грађена.

Ако је време такво да се мора размишљати о рационалности и мањем улагању у саобраћајну инфраструктуру, а да би се добило више, бољег примера од грађења наших предака нема. Они су по инстанчаном осећају знали да направе и наједноставније категорије путне мреже, тј. да споје изразиту функционалност и остваре завидне конструктивне захвате, а да при томе постигну обликованост која плени и не вређа околину. Склад који су наши преци постизали са природом, ретко се виђа и остварује у данашњици [25].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бакић, Р. (1989). Геосеизмичка истраживања за планирање и изградњу простора на примјеру Црне Горе. Гласник СГД. LXIX, 69-76.
- [2] Цвијић, Ј. (1924). Геоморфологија. Београд: САНУ.
- [3] Лутовац В.М. (1957). Иванградско (Беранска) котлина. Београд: САНУ.
- [4] Општина Андријевица (2010). Садржај просторног и урбанистичког плана 1, 23. Доступно преко: <http://www.andrijevica.me> (03.10.2010).
- [5] Динић, Ј. (1978). Теоретско - методолошке основе валоризације и регионализације природних услова и природних извора. Београд: Центар за мултидисциплинарне студије.
- [6] Топографска карта 1:100.000 (1986). Листови Иванград, Пећ и Скадар. Београд: Војногеографски институт.
- [7] Рајовић, Г. (2010). Саобраћајна инфраструктура и валоризација морфометријских обележја за саобраћај североисточне Црне Горе. Пут и саобраћај, 56, 23-29.
- [8] Љубисављевић, С. (1978). Урбана екологија - еколошки концепт Ниша (докторска дисертација). Београд: ПМФ.
- [9] Богуновић, Д. (1985). Студија природних услова општине Тешањ. Сарајево: Институт за архитектуру и урбанизам.
- [10] Рајовић, Г. (2005). Географске основе за развој привреде Горњег Полимља. Београд: Штампарија "Ведес".
- [11] Ферхатбеговић, Е., Авдић, А., Кикановић, Н. (2008). Валоризација земљишта у ГИС-у у сврху одабира оптималне трасе 1,1.(on-line). Доступно преко: [http:// www.gis.ba/gis/](http://www.gis.ba/gis/).
- [12] Васовић, М. (1985). Проблеми и валоризација и заштита природе у нашим планинама. Заштита природе 38, 14.
- [13] РХМЗ Црне Горе. Метеоролошки годишњаци (одговарајуће године).
- [14] Смит, К. (1978) Основби прикладнои метеорологији. Ленинград: "Мисл".
- [15] Хидрометеоролошка служба СФРЈ (1978). Београд: Атлас климе СФРЈ.
- [16] Касалица, С. (1988). Сјеверна Црна Гора. Никшић: НИО "Универзитетска ријеч".
- [17] Туцовић, Н., Сталетовић, Н. (2009). Имплементација међународних стандарда у систем заштите животне средине. "Истраживање и развој", 32 - 33, 143-146.
- [18] Одрживи развој 1,1.(on-line). Доступно преко: [http:// www.centar-jls.com](http://www.centar-jls.com) (18.08.2009).
- [19] Васовић, В., Биочанин, Р. (2007). Одрживи развој. "Екологица" 49, 68-69.
- [20] Министарство саобраћаја, поморства и телекомуникација Црне Горе. Стратегија развоја саобраћаја Црне Горе 1, 35-36.(on-line). Доступно преко: <http://www.gov.me> (23.08.2010).
- [21] Симоновић, Ђ. (1980). Сеоски стан. Београд: Архитектонски факултет.
- [22] Живковић, М. (1979). Неки социолошки аспекти планирања. Београд: Архитектонски факултет.
- [23] Перишић, Д. (1985). О просторном планирању. Београд: ИАУС.
- [24] Бакић, Р. (1988). Просторно планирање. Никшић: НИО "Универзитетска ријеч".
- [25] Виденовић, А. (1996). Црна Трава. Београд: "Задужбина Андрејевић".

ДРУМСКИ АРМИРАНО БЕТОНСКИ МОСТ ПРЕКО РЕКЕ РАСИНЕ НА КМ 59+117 ДРЖАВНОГ ПУТА ДРУГОГ РЕДА БР. 222 (Р-222) ДЕОНИЦЕ БРУС - РАЗБОЈНА

Николић Златомир, дипл. грађ.инж.

Стручни рад

Резиме: Основни задатак овога рада јесте упознавање стручњака који себаве проблематиком мостова. На државним путевима I и II реда (М и Р) путева постоји безброј мостова мањих, средњих или већих дужина да су услед неадекватног одржавања оштећени у мањем или већем обиму и у наредном периоду им се мора посветити већа пажња током редовног или контролног прегледа.

Кључне речи: санација моста, спрезање бетона коловозне плоче, анкери спрезања, дилатационе справе, еластична одбојна ограда.

REINFORCED CONCRETE ROAD BRIDGE OVER THE RIVER RASINA AT KM 59+117 OF THE STATE SECONDARY ROAD NO. 222 (R-222) SECTION BRUS - RAZBOJNA

Zlatomir B. Nikolic. B.Sc. CE

Professional paper

Summary: The main task of this paper is to introduce professionals in to problems concerning bridges. On public roads I and II rank (M and R) there exists a myriad of smaller bridges, medium or large size that are due to inadequate maintenance, damage to a greater or lesser extent. In the future they should be paid more attention during a regular inspection or control.

Key words: rehabilitation of bridges, coupling of concrete pavement slabs, anchors coupling, expansion devices, elastic recoil fence,

1. ОПИС ПОСТОЈЕЋЕГ МОСТА

Траса пројектоване саобраћајнице Брус – Разбојна на км 59+117 премошћује мостом реку Расину „S“ кривином. Ово је леп пример пројектовања диспозиције моста када је пројектант имао довољно висине између нивелете моста и великих вода реке Расине, и одабиром решења моста система континуалне греде ослоњене у реци на два стуба и крајњим масивним обалним стубовима. Мост је лепо композиционо уклопљен у природни амбијент.

Мост је статичког система континуалне греде променљивог момента инерције на три поља 13,40 +16,00 + 12,00. Укупна дужина моста заједно са крилима је $L=46,60\text{м}$. Ширина саобраћајног профила је $B=1,30+7,70+1,30=9,60\text{м}$, подужног пада 1% ка Брусу и попречног пада 2,50%, низводно.

Попречни пресек моста формирају два главна носача међусобно повезана коловозном плочом са обостраним конзолама.

Основна карактеристика оваквог попречног пресека је у томе што у зонама позитивних момената савијања у пресеку главни носач са коловозном плочом има третман Т-е пресека, а изнад ослонаца у зонама негативних момената пресек ради као правоугони, без третирања коловозне плоче. На овом мосту главни носач услед утицаја негативног момента је ојачан проширивањем облика вуте са унутрашње стране и то над стубовима у реци. Прорачун главних носача моста , коловозне плоче са конзолама на утицаје покретног оптерећења није имао третман роштиљ система.

Обални стубови моста су масивни , а речни облика платна и срачунати су уобичајним статичким поступком, фундирани су у отвореним тенелним јамама у рударској подгради, плитког фундамента на стени.

Распоред лежишта на мосту је непокретно на стубу на левој обали реке Расине са директним ослањањем а на стубовима у пољу је система еластичног укљештења обзиром да је крутост стуба $< 1/6$ крутости главног носача, а на десном обалном стубу је покретно лежиште решења пендела од армираног бетона.

Саобраћајни профил моста чинио је коловоз са издигнутим тротоаром оивченим каменим ивичњакком и пешачком оградом од бетонских елемената. На дилатационим прекидима мост – обални стуб били су дилатационе справе од бакра.

2. ИЗВОЂЕЊЕ МОСТА

Мост је лепо урађен бетонирањем на лицу места у континуитету на дрвеној скели фазно, прво главни носачи са попречним до нивоа вута а у другој фази коловозна плоча са конзолама. Радове на мосту извео је данашњи „ Крушевац пут „ Крушевац око 1955 год.Бетонирање моста извршено је линиским напредовањем од стуба С1 леве обале, ка крајњем стубу С4 десне обале. Бетон моста запреминске дозаже справљан је бетон мешалицом непосредно уз мост.

3. ИЗВЕШТАЈ О КОНТРОЛНОМ ПРЕГЛЕДУ МОСТА

Одржавање мостова изводи се на основу примене Правилника о одржавању мостова где се дефинише потпуна методологија и процедура прегледа. Мост се посматра као скуп конструктивних елемената од којих сваки има свој Фактор значаја.

Програмом редовног одржавања мостова извршен је визуелни преглед армираног бетонског моста преко реке Расине на км 59 +117 Државног пута другог реда бр. 222 (Р-222) деонице Брус – Разбојна.

И.Д. 2718

Преглед је извршен дана 26. 05. 2010 год. од стране:

1. Ј.П. "Путеви Србије", Радовановић Љубиша дипл.гр. инж.
2. "Институт за путеве" Николић Златомир дипл.гр. инж.
3. Г.П. А.Д. "Мостоградња" Остојић Владимир дипл.гр. инж. Косановић Милош дипл.гр. инж.

Прегледом конструкције армираног бетонског моста Запажање се евидентира Записником о прегледу, и константовано је следеће, на ПОЗ:

1. Темељи крајњих стубова
Нису доступни за преглед. Јастук левог обалног стуба видљив и са незнатним је оштећењем.
2. Темељи средњих стубова
Код оба темеља уочавају се јастуци услед плитког фундаирања, и без видљивих трагова оштећења.
3. Крајњи стубови
Евидентна оштећења, вода продире кроз оштећене дилатационе справе, слива се низ чеоне, обалне и крилне зидове. Оштећења конзоле, зида оградe, пропао бетон.
4. Средњи стубови
Услед еродивног дејства планинске реке Расине у дну стубова оштећење заштитног слоја бетона, види се армирања.
5. Лежишта
Приликом прегледа није било могућности непосредног приступа и увида у стварно стање. При санацији моста утврдити.
6. Главни носач
Оштећења, опао заштитни слој, огољена армирања, појава флека, прслина, влажност бетона на местима ослонаца.
7. Попречни носачи
Местимичне флекe.

8. Коловозна плоча
Појава флека већег обима, уочљива армирања.

9. Конзоле пешачких стаза
Услед непостојања окапнице оштећење целе конзоле, зоне распадања, калцификација, флекe.

10. Справе за дилатирање
На асфалту коловозу попречна прслина по дилатацији, тип дилатације неутврђен.

11. Ограда
Пропао бетон стубића, љускање бетона, види се армирања, поломљени стубићи.

12. Коловоз
Појава ударних рупа, пукотина.

13. Пешачке стазе
Деформација ливеног асфалта, прслине, пукотине, флекe, калцификација бетона.

14. Прелазне плоче
Нема трагова деформације на коловозу.

15. Коси крилни зидови обалних стубова лист2
Обрасли у растине, појава флека, влажност бетона, затрпаност ђубриштем. лист3

16. Инсталације на мосту
На низводној конзоли.

17. Речни ток реке расине
Бујични карактер тока, са тенденцијом дејства на левој обали. Нанос од грања на речне стубове, смањен протицајни профил а тиме повећано ерозивно дејство реке.

Напомена:
Оштећења наведена овим описом приказана су у приложеној фотодокументацији.

4. РАДОВИ НА САНАЦИЈИ МОСТА

ОПШТЕ,

Прорачун утицаја на мостове од покретног оптерећења у то време вршен је са моторним возилом М-13 а према П.Т.П.-5 прописа, за мостове. Данас за проверу носивости мостовске конструкције срачунате према П.Т.П.-5. прописа користи се возило В440, по препоруци Е.У.

У трагању за оптималним решењем санације моста, обзиром да није постојала изворна документација моста није рачунат глобални којефицијент сигурности већ се пришло конструктивном концепту техничког решења, извршити санацију ојачања мостовске конструкције премостења са ошупљеном армирано бетонском плочом надградње спрегнутом са постојећом пуном плочом, садествујући у раду на утицаје покретног оптерећења. Овим решењем слој надградње се замењује носећим слојем, не повећава се сопствена тежина коловозне плоче а тиме и контактни напони од стопа на тло.

РАДОВИ НА САОБРАЋАЈНОМ ПРОФИЛУ МОСТА

Снимљено је нулто стање нивелете моста са прилазима путног дела за нивелетско праћење радова. Радови на мосту ће се одвијати под саобраћајем. Регулисањем саобраћаја да се одвија на низводној половини коловозне плоче моста приступило се са радовима на узводној половини моста.

Изврши се рушење бетонске оgrade моста, ливеног асфалта на пешаћким стазама, бетонских ивицњака и самог тротоара пешачке стазе.

Механичким путем скинут је асфалт коловоза чија је дебљина била 15см. (три слоја надградње асфалтом у континуитету када се је путна деоница асфалтом пресвлачила.) , слој песка од 10см. и слоја изравнања од 2см. што даје укупну дебљину од 27см. преко коловозне плоче. Абразивним поступком компресором 90% и воде са 10% песка при притиску од 6 бари очисти се контактна горња површина бетонске плоче од прљавштина.

Изврши обележавање рупа за анкере „Г“ облика, РФ12мм. распореда 50/40см. тј. 4ком/м² (40 см. размака у подужном правцу носача) , Лрупе = 15см. , Фрупе=25мм., избушене рупе се издувају ваздухом од здробљене ситнежи и затворе хартијом.Следећа фаза рада била је уградња анкера на коту са заливањем ексмалом.Између анкера размака 50см. уграђиване су П.В.Ц.цеви Ф110мм. осовинског размака 25см. ради олакшања коловозне плоче, фиксиране да се при утицају бетонирања не померају бочно нити да испливавају од хидростатичког притиска свежег бетона. Оваквим распоредом формиране су подужне скривене гредице дебљине 14см. променљиве висине условљене попречним падом коловоза од 2,5%. У горњој зони плоче надградње постављена је арматурна мрежа Q524, Ф10/10, на 150/150мм и извршено бетонирање бетоном МБ-35,са тачношћу +/- 8мм, кота. Преко суве равне бетонске површине коловозне плоче дан раније врши се

премазивање индевером, преко које се варењем лепи хидроизоација „Тестудо“ од полимер трака дебљине 5мм. Хидроизоација на конзолама се вертикално подиже уз арматуру подужне гредице стубића до нивоа асфалта тротоара.

Тротоар пешачке стазе оивичен је издигнутим за 20см. бетонским ивичњакот од коловоза, а са спољне стране монтажним армирано бетонским плочама Д=7см. од полимер бетона.

У тротоар пешачке стазе уграђене су четри П.В.Ц. цеви Ф110мм. олакшања, извршена испуна бетоном са остављеном дебљином за уградњу ситнозрног асфалта А.Б.-8 дебљине 4см.у уваљаном стању са падом од 1% ка коловозу. На конзоли уграђена је еластична одбојна ограда са плаштом, висине 110см. размака стубића 133см., и рукохватом од 3“1/2.Била је предвиђена уградња шлус „Денсо“ трака на споју ивичњак- асфалт коловоза али несигурно тржиште није дало реализацију.

Коловоз на мосту је од асфалт бетона А.Б.-11 кречњачког порекла дебљине Д= 6см у уваљаном стању,са тачношћу +/- 4мм. кота.

На дилатационим прекидима конструкције мост-обални стуб уграђене су водонепропусне дилатације М.Р.-30, произвођача „ Мостоградња“Београд погон Батајница.

На десном обалном стубу пошто је покретно лежиште система „пендел“ дилатација омогућава несметан рад конструкције:

- изазване температурним померањем
- услед рада при саобраћајном оптерећењу
- од скупљања и течења бетона кроз време

Капацитет дилатационе спојнице одређен је за средњу температуру $t = 10^{\circ}\text{C}$ и износио је $\Delta L = \alpha t \cdot L = 10^{-5} \cdot 20^{\circ} \cdot 41400\text{мм} = \pm 8,24\text{мм}$, односно $\Delta L = 8,24 + 8,24 = 16,48\text{мм}$. Овом срачунатом размаку додаје се још 10мм резерве.Закључак, дилатација М.Р.-30. уграђена је 30мм. размака. Овај усвојени размак дилатације обезбеђује квалитетну уградњу водонепропусне гуме у фалцове.Дилатације на мосту су обострано заштићене армирано бетонском гредицом произашлом из коловозне плоче,од ње вишом за 7см,а ширине 30см. од полимер бетона МБ-45 у равни коловоза.

Гредице су заштита дилатација од:

- удара точкова возила да приме удар точка возила од флексибилног коловоза асфалта и возило мирно преведу преко дилатације.
- при чишћењу коловоза од снега раоником у зимским условима одржавања пута.

Тачност уградње дилатације са гредицама је нивоа асфалта.

РАДОВИ НА КОНСТРУКЦИЈИ МОСТА

Оштећени слојеви бетона на конструкцији арматуре испескаре се, компримованим ваздухом и издувају, и санационим „Силиком“ малтером обраде.

Спољне видне површине моста абразивним поступком се очисте од прљавштине и премажу „Сикагардом“ 680-С произвођача „Сика“ Швајцарска.

РАДОВИ НА СТУБОВИМА МОСТА

Настала оштећења у дну стубова услед ерозивног дејства воде на речне стубове моста санирана су армирано бетонском облогом од полимер бетона „прстена“ висине 35см. На левом обалном стубу урађена је облога јастука стопе од армираног бетона. Остала површинска оштећења стубова санирана су санационим малтером и на крају стубови премазани заштитом „Сикагард“.

РАДОВИ НА КРИЛНИМ ЗИДОВИМА

Видне површине зидова очишћене од прљавштине абразивним поступком и премазане „Сикагардом“ 680-С.

РАДОВИ НА ИНСТАЛАЦИЈИ МОСТА

Инсталација на низводној конзоли моста за време рада на конзоли прихваћена целом дужином моста скелом а по монтажи плоча венаца конзоле фиксирана држачима РФ16мм/1,5м.

РАДОВИ У РЕЦИ

Чишћење наноса.

5. САОБРАЋАЈНА СИГНАЛИЗАЦИЈА

У оквиру главног пројекта санације моста преко реке Расине државног пута другог реда бр. 222 (Р-222) пројектантски задатак је био да изнађе оптимално решење одвијања саобраћаја у току извођења радова на саобраћајном профилу моста па су разматране варијанте:

А. Рад на мосту се изводи без утицаја саобраћаја:

- преусмерењем саобраћаја на алтернативне путне правце
- израду девијације непосредно уз мост по којој би се одвијао саобраћај

Б. Радови на мосту се изводи под режимом саобраћаја регулисаног саобраћајном сигнализацијом знацима и семафором и то у две фазе:

- прва фаза саобраћај се одвија на низводној половини моста а изводе се радови на узводној половини.
- друга фаза саобраћај се пребацује на узводној половини моста а изводе се радови на низводној половини.

6. ЦЕНА КОШТАЊА РАДОВА

За анализу цене коштања радова, узети су полазни подаци. Мост је саграђен 1955год., вредност моста по м² на данашњи дан 600 Е/м²

и вредност евра 100 Дин.

Дужина моста 46,60м x ширина моста 9,60м = 447,36м².

Вредност моста : 447,36 м² x 600 Е/м² =

268.416Е x 100Дин = 26.841.600 Дин.

П.Д.В. 18% = 4.831.488 Дин.

Укупно = 31.673.088 Дин.

Вредност санационих радова на мосту: =

16.714.214,00Дин.

П.Д.В. 18 % = 3.008.559,00Дин.

Укупно санација = 19.722.773,00Дин.

По м² : 19.722.773,00Дин. : 447,36м² = 38.494

Дин/м² : 100Е = 385 Е/м²

На годишњем нивоу по м² 385Е/м²: 55 г = 7 Е/м².

Динамика рада: Август – новембар укупно 4 месеца, радило 10 радника свакодневно путујући од насеља из Крушевца до моста 2 x 40км= 80км.

7. УЧЕСНИЦИ У РЕАЛИЗАЦИЈИ ПРОЈЕКТА

Инвеститор: ЈП „Путеви Србије“

Шеф одељења за мостове, Вељовић Момчило, дипл. гр. инг.

Главни инж. за одрж. мостова, Радовановић Љубиша, дипл. гр. инг.

Инж. надзор, Весић Дејан, дипл. гр. инг.

Надзор: Институт за путеве, Завод за техн. грађ., Николић Златомир, дипл. гр. инг.

Пројекат санације моста: ГП „Мостоградња“, а.д. Биро за мостове,

Остојић Владимир дипл. гр. инг.

Ревизија пројекта: „Супервисион“ д.о.о. Ниш, др. Драгољуб Стојић дипл. гр. инг.

Пројекат сигнализације моста: Пројектни центар „Југ“ д.о.о. Ниш,

Микица Тошић дипл. саобр. инг.

Генерални извођач радова: „Крушевац“ пут.

Извођач радова : ГП „Мостоградња“, а.д. ПЦ. Дољевац,



Слика 1. Постојеће стање моста



Слика 2. Санација моста

Литература:

- [1] Бебић Драган, Одржавање мостова , Семинар 1-2.III.1990 год С.П. „Србијапут“ Београд
- [2] Веселин Костић, Бетонски мостови, 1963.год.Универзитет у Београду
- [3] Пројекат одржавања моста, Мост преко реке Расине на км.59+317 пута Р-222 деонице: Брус – Разбојна.