



Петти симпозиум на ДГМ

Специјализирана конференција на ISRM

Втора конференција на регионалните геотехнички друштва

Инженерски проблеми во меки карпи

Зборник на трудови - 1. дел

Zbornik radova - 1. deo

Inženjerski problemi u mekim stenama

Druga konferencija regionalnih geotehničkih društava

Specijalizovana konferencija ISRM-a

Peti simpozijum DGM-a

5th Symposium of the Macedonian Association for Geotechnics
ISRM Specialized Conference
2nd Conference of regional geotechnical societies
Engineering problems in soft rocks



Петти симпозиум на ДГМ

Специјализирана конференција на ISRM

Втора конференција на регионалните геотехнички друштва

Инженерски проблеми во меки карпи

Зборник на трудови - 1. дел

Proceedings - Vol. 1

Engineering problems in soft rocks

2nd Conference of regional geotechnical societies

ISRM Specialized Conference

5th Symposium of the



Ohrid, 23-25.6.2022

СОДРЖИНА / CONTENTS / SADRŽAJ

Одбори / Boards / Odbori	ix
Предговор / Preface / Predgovor	x

VOLUME 1

ВОВЕДНО ПРЕДАВАЊЕ / INTRODUCTORY LECTURE / UVODNO PREDAVANJE

Tradition of rock mechanics in Macedonia	1
JOVANOVSKI Milorad, GAPKOVSKI Naum, PESHEVSKI Igor, PAPIĆ Jovan Br.	

КЛУЧНИ ПРЕДАВАЊА / KEYNOTE LECTURES / KLJUČNA PREDAVANJA

Geotechnical marriage of theory to practice	19
BALLOUZ Marc	
Application of the Q-system to tunnels and caverns in weak or faulted rock	26
BARTON Nick	
Retaining structures and bridges in unstable rock or soil slopes	52
BRANDL Heinz	
Standardization for rock characterization and testing, implementation issues in practice and future trends: Highlighting the ISRM Suggested Methods	69
ULUSAY Reşat	

ПОВИКАНИ ПРЕДАВАЊА / INVITED LECTURES / POZVANA PREDAVANJA

Design of rock fall and debris flow flexible barriers in the framework of EC7 principles	84
FERRERO Anna Maria., UMILI Gessica, VAGNON Federico	
Vertical interaction of grouped 3x3 piles	99
FOLIĆ Boris, FOLIĆ Radomir	
Impact of water inflow and design solutions for construction of Karavanke tunnel	115
JOVIČIĆ Vojkan, VOLK Boštjan	
Role of Geotechnical Engineering on Urban Environment and Infrastructure	126
SAGLAMER Ahmet, OZALP Hüsnü Korhan	
Some problems of swelling in geotechnical practice - influence of saturation on the behavior of argillaceous swelling rock	144
VRKLJAN Ivan, KAVUR Boris	
Geotechnical construction and testing of piles of megastructures on problematical soil ground of Kazakhstan	160
ZHUSSUPBEKOV Askar, OMAROV Abdulla, ISSAKULOV Abilkhair, NURGOZHINA Malika, MUSSAKHANOVA Saltanat	

ГЕОТЕХНИЧКИ АСПЕКТИ ВО УРБАНИ СРЕДИНИ И КАЈ ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЈЕКТИ / GEOTECHNICAL ASPECTS IN URBAN AREAS AND INFRASTRUCTURE / GEOTEHNIČKI ASPEKTI U URBANIM SREDINAMA I KOD INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

Čvrstoća smicanja flišnih sedimenata duž klizišta Uvač 4 ČAĐENović Nikola, MARETIĆ Ivan	170
Geotehnički uslovi izgradnje višenamenskog ventilacionog okna br.3 “Trebevička” (km 5+522,505) za I liniju beogradskog metroa ČORLUKA Stevan, JANKOVIĆ Slavica, ŽIVANOVIĆ Miroljub, MILADINOVIĆ Tanja, ŽIVANOVIĆ Nikola	177
Tunnel design across the Zagros Main Fault – Iraq-Kurdistan Penjween Region DEÁK Ferenc, TÖRÖK Ákos, VÁSÁRHELYI Balázs	185
One approach for design and construction of slopes in andesitic rocks prone to deterioration JOVANOVSKA Tamara, ANGELOVA Elena, IVANOVSKI Igor, PETKOVSKI Orce, NEDELKOVSKA Natasha, ANGELOV Vanko	196
Case study and design considerations for the application of a binding marginal granular fill in a geogrid reinforced retaining structure KULJANSKI Leo	207
Remediation of a building settlement caused by wetting of a foundation loess soil MINAŽEK Krunoslav, MULABDIĆ Mensur, MATIJEVIĆ Jelena	217
Calibration Analysis Of Seepage Flow At Arch Dam Foundation – A Case Study MITOVSKI Stevcho, PETKOVSKI Ljupcho, PANOVSKA Frosina	224
Вид и обем на геотехнички истражувања: примарни фактори за соодветни геотехнички подлоги НЕДЕЛКОВСКА Наташа, ЃОШЕВСКИ Борислав, АНГЕЛОВА Елена, ЈОВАНОВСКА Тамара, АНГЕЛОВ Ванчо, ИВАНОВСКИ Игор	235
An approach for rock slope protection on an area near the city of Veles NIKOLOV Emil, JOVANOVSКИ Milorad, PESHEVSKI Igor, VELEVSKI Aco, JANEVSKI Bojan, MILANOVSKI Mome, TRAJANOVSKI Vane	241
Дефинирање на геолошко-геотехнички услови на теренот при истражување и изведба на усеци кај експресни патишта ПЕТКОВСКИ Орце, АНГЕЛОВ Ванчо, АНГЕЛОВА Елена, ИВАНОВСКИ Игор, ЈОВАНОВСКА Тамара	247
Геолошко-геотехнички услови за изведба на усек на локалитет Пилав Тепе ПЕТКОВСКИ Орце, ЈОВАНОВСКА Тамара, АНГЕЛОВ Ванчо, АНГЕЛОВА Елена, ИВАНОВСКИ Игор, НЕДЕЛКОВСКА Наташа, ЃОШЕВСКИ Борислав	256
Analiza globalne stabilnosti zasjeka unutar napuštenog gradilišta: primjer sa lokacije u Bračkoj ulici u Splitu RELOTA Marija, DUHOVIĆ Ana, VLASTELICA Goran	264
Некои аспекти од фундаирањето на мостот “Михајло Апостолски” преку реката Вардар во Скопје СТРАШЕСКИ Атанас, ДОЦЕВСКА Марија, МАРКОВСКИ Горан, БОГОЕВСКИ Борис	274

Effect of surface load on the stability of shallow cavities in Budapest, Hungary SZABÓ Zsófia, ZENAH Jalal, GÖRÖG Péter	282
Application of failure mode and effect analysis for tunnel risk assessment ZAFIROVSKI Zlatko, GACEVSKI Vasko, LAZAREVSKA Marijana, NEDEVSKA Ivona, OGNJENOVIC Slobodan	290
Stability analysis of an old earth Samarkand dam in Kazakhstan under rapid drawdown conditions ZHUSSUPBEKOV Askar, MKILIMA Timoth	296
 ЛАБОРАТОРИСКИ И ТЕРЕНСКИ ГЕОТЕХНИЧКИ ИСПИТУВАЊА И ИСТРАЖУВАЊА / LABORATORY AND FIELD GEOTECHNICAL TESTING AND INVESTIGATION / LABORATORIJSKA I TERENSKA GEOTEHNIČKA ISPITIVANJA I ISTRAŽIVANJA	
Теренска и нумеричко анализа за определување носивост на кол во графитични шкрилци АБАЗИ Сеад, СУСИНОВ Бојан, ЃОРЃЕВСКИ Спасен	306
Investigation of the effects of the seismic movements during the fall of the rocks at the Hasankeyf Castle, Turkey AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar	313
Gravimetric reference system, measurement of absolute and relative gravity in the Republic of North Macedonia ALEKSOVSKI Goran	319
Field and laboratory measurements of small strain dynamic shear modulus G _{max} BOJADJIEVA Julijana, SHESHOV Vlatko, EDIP Kemal, BOGDANOVIC Aleksandra, KITANOVSKI Toni, GJORGJESKA Irena, IVANOVSKI Dejan	327
Measurement and modeling of thermal conductivity of loess at the location of the Airport "Nikola Tesla" in Surčin BOŽOVIĆ Nikola, KRSTIĆ Marija, TODOROVIĆ Goran, GOSPAVIĆ Radovan, MIRKOVIĆ MARIJANOVIĆ Milica, ILIĆ Snežana, KIJANOVIĆ Aleksandar	333
Field's workflow of applied geophysics in civil engineering, a showcase CONTRERAS Juan J. Briones	339
Comparative Analysis of Bearing Capacity of Piles Tested by Dynamic Load Test (DLT) and Pressuremeter Test (PMT) ĆOSIĆ Mladen, ŠUŠIĆ Nenad	344
Applicability of the recently proposed semi-empirical failure criterion for different rock types by using triaxial test data DAVARPANA Seyed Morteza, NARIMANI Samad, BESHARATINEZHAD Ali, KHODABANDEH Mohammed Ali, TÖRÖK Ákos, VÁSÁRHELYI Balázs	355
Laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava lapora za potrebe proračuna slijeganja jednostavnog homogenog nasipa DUVNJAK Stipe, DUHOVIĆ Ana, VLASTELICA Goran	363
Combined seismic methods and GPR application for shallow subsurface investigation GJORGJESKA Irena, SHESHOV Vlatko, EDIP Kemal, BOJADJIEVA Julijana, KITANOVSKI Toni, IVANOVSKI Dejan	372

Landslide investigation without the application of exploratory drilling JUG Jasmin, STRELEC Stjepan, BEK Anja, PAŽUR Ivan	381
Some physical properties of soil used in traditional Croatian rammed earth houses KALUĐER Jelena, KRAUS Ivan, PERIĆ Ana, BRKANIĆ MIHIĆ Ivana	390
Collapse potential of loess soils contaminated by synthetic and landfill leachates KHODABANDEH Mohammed Ali, NAGY Gábor	397
Mogućnost korelacije zatezne čvrstoće i dinamičkih svojstava belog venčaćkog mermera MAJSTOROVIĆ Jelena, ĆEBAŠEK Vladimir, RUPAR Veljko, GOJKOVIĆ Nebojša	407
Comparative analysis of results of liquid limit of clays from the Niš area determined by various methods MARINKOVIĆ Nemanja, DAVIDOVIĆ Nebojša, ZLATANOVIĆ Elefterija, STANKOVIĆ Branimir, ROMIĆ Nikola, BONIĆ Zoran	416
Shear strength properties of Bor clastites MARJANOVIĆ Miloš, BERISAVLJEVIĆ Zoran, POPOVIĆ Milovan, JOVANOVIĆ Stefan	425
Uniaxial compressive strength test before and after standard fire test on rock mass MITROVIĆ Stefan, TODOROVIĆ Goran, KOSTIĆ Bojan, MIRKOVIĆ MARJANOVIĆ Milica, BOŽOVIĆ Nikola, KRSTIĆ Marija, ERIĆ Aleksandar, GOSPAVIĆ Radovan, ILIĆ Snežana, KIJANOVIĆ Aleksandar	433
Корелативни анализи на геотехнички параметри кај наоѓалишта на јаглен од различни седиментациони басени во Македонија НЕДЕЛКОВСКА Бојана, ПЕШЕВСКИ Игор, ВЕЛИНОВ Даниел, ПАПИЌ Јован	438
Compression Characteristics of Industrial Solid Waste SAS Wojciech	445
Eksperimentalna i numerička analiza nosivosti bušenih šipova u stijeni uzimajući u obzir hrapavost plašta SKEJIĆ Adis, KAPOR Mladen, BALIĆ Anis, MEDIĆ Senad	453
Correlation between the Rock Mass Quality (Q-system) method and Geological Strength Index (GSI) SOMODI Gabor, BAR Neil, VÁSÁRHELYI Balázs	461
Istražni geofizički radovi za potrebe temeljenja stupova vjetrogeneratora, primjer vjetroelektrane Bruvno STRELEC Stjepan, JUG Jasmin, GOLUB Ivan, KRANJČIĆ Nikola	469
Determining the shear parameters of weathered rock in a landslide area near the city of Sofia TOTSEV Andrey	477

Index of authors

VOLUME 2

ГЕОТЕХНИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ НА ПОЧВИ И КАРПИ / GEOTECHNICAL MODELING OF SOILS AND ROCKS / GEOTEHNIČKO MODELOVANJE TLA I STENA

Investigation of three dimensional numerical analysis and slope stability performance at open coal mining in Deniş-Soma, Turkey AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar, KUCUK Kerim	483
Pillar Design with Numerical Modeling for Underground Marble Quarries of Future AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar	491
Hypersurface of Rocks to Stability Control on Constant Load AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar	502
Analytical and numerical investigation of the critical height of vertical slope BESHARATINEZHAD Ali, KHODABANDEH Mohammad Ali, NARIMANI Samad, DAVARPANAH Seyed Morteza, TARIFARD Abolfazl, TÖRÖK Ákos, VÁSÁRHELYI Balázs	512
Monitoring Subsidence in Tuzla (BiH) by DInSAR and GNSS during 2004-2019 GRUJIĆ Bojana, PARWATA I Nyoman Sudi, SHIMIZU Norikazu, ČELIKOVIĆ Ruža, IMAMOVIĆ Edis, ZEKAN Sabid, VRKLJAN Ivan	521
Идентификување на свлечишта во Полошкиот регион преку анализа на просторни модели со висока резолуција МАЛИЈАНСКА Наташа, ЃОРЃИЕВ Ѓорѓи, ПЕШЕВСКИ Игор, ЈОВАНОВСКИ Милорад, ЃОРЃИЕВ Ванчо	530
Metodology of estimation of rock material input parametars for tunnels on a highway e-80 Niš – Merdare in Serbia MARINKOVIĆ Nemanja, JOVANOVSКИ Milorad	540
Assessment of rainfall-induced landslide reactivation through hypo-plastic material model NIKOLOVSKI Done, BOJADZIEV Jordan, EDIP Kemal	549
Нумеричко моделирање на стабилност на косини при интензивни врнежи ЈОСИФОВСКИ Јосиф, СУСИНОВ Бојан	559
Importance of numerical algorithm for stress integration in the application of elastoplastic soil models for geotechnical problems VUKIĆEVIĆ Mirjana, JOCKOVIĆ Sanja	564

ПРОЦЕНА И НАМАЛУВАЊЕ НА ГЕО-ХАЗАРДИ / ASSESSMENT AND REDUCTION OF GEO-HAZARDS / PROCENA I SMANJIVANJE GEOHAZARDA

Weather Conditions and Application of Additives in Complex Geotechnical Objects ABAZI Sead, SULOODJA Bulent	575
Real time geotechnical monitoring systems for an open pit coal mine. Thresholds for the alarm systems and the increase of safety of operations BONCI Gheroghe, KLAPPSTEIN Brian	582

Proposal for remediation of the landslide "Duboka dolina" in Bunuševac (Vranje) BONIĆ Zoran, DAVIDOVIĆ Nebojša, ZLATANOVIĆ Elefterija, ROMIĆ Nikola, MARINKOVIĆ Nemanja, STANKOVIĆ Branimir	595
Structural reinforcement of geo-mat by high-tensile steel wire meshes BUDIMIR Vjekoslav, RODUNER Armin	603
Metodologija proračuna sanacije klizišta šipovima ĆORIĆ Slobodan, RAKIĆ Dragoslav, ĆORIĆ Stanko, BERISAVLJEVIĆ Dušan	612
Неколку случаи на измени во тек на градба на геотехнички конструкции ДИМИТРИЕВСКИ Теодор, БОГОЕВСКИ Борис, АТАНАСОСКИ Младен, СТРАШЕСКИ Атанас	621
Пристап за проценка и картирање на потенцијалот за развој на течишта, студија на случај за Полошки плански регион ДИМИТРОВСКА Симона, ПЕШЕВСКИ Игор, ПАПИЌ Јован Бр., ЈОВАНОВСКИ Милорад, ЃОРЃИЕВ Ѓорѓи	631
Приод кон дефинирање на сопствени периоди и форми на флексибилно спрегнат систем ЈАКИМОВСКИ Горан, МИРЧЕВСКА Виолета, НАСТЕВ Мирослав	639
Stabilization of loess with fly ash KRSTIĆ Marija, BOŽOVIĆ Nikola, ĐOKOVIĆ Ksenija	648
Application of colloidal silica in tunnelling LUKIĆ Dragan, ZLATANOVIĆ Elefterija	654
Заштита од одрони на регионалниот пат Р1202, Косоврасти СТРАШЕСКИ Атанас, ДИМИТРИЕВСКИ Теодор, АТАНАСОСКИ Младен, ТАСЕВСКА Катерина	662
Нестабилност на косини предизвикана од атмосферски влијанија СУСИНОВ Бојан, ЈОСИФОВСКИ Јосиф	669
ЕВРОКОДОВИ И РЕЛЕВАНТНА РЕГУЛАТИВА ЗА ГЕОТЕХНИКАТА / EUROCODES AND RELEVANT GEOTECHNICAL REGULATION / EVROKODOVI I RELEVANTNA GEOTEHNIČA REGULATIVA	
Landslide rehabilitation with retaining structure, JUS vs. Eurocodes JANEVSKI Bojan, SMILJANOVSKA Mila, BOZHINOVSKI Lazar	679
Втора генерација на Еврокод 7 - главни предизвици и клучни промени ЈОСИФОВСКИ Јосиф	686
Analysis of ULSD theory – Spread foundations KOUDELKA Petr	703
„Перестројка“ на еврокодovi и верификација на стабилност на косини со примена на пресметковни методи од Еврокод 7:202x АНДОНОВ САРЕВ Александар, ПАПИЌ Јован Бр.	712
Геотехниката како важна предиспозиција за здрава урбанизација СУЛООЏА Булент	719
Димензионирање на темел sameц според Еврокод 7 ТОМЕСКИ Антонио, ЃОРЃИОСКИ Марко, ЈАНЕВ Петар, АБАЗИ Сеад, ПАРТИКОВ Миле	728

ЗЕМЈОТРЕЧНО ГЕОТЕХНИЧКО ИНЖЕНЕРСТВО / EARTHQUAKE GEOTECHNICAL ENGINEERING / ZEMLJOTRESNO GEOTEHNIČKO INŽENJERSTVO

Experimental research of soil - steel frame system on shaking table BRANDIS Adriana, ĆEH Nina, JAGODNIK Vedran, KRAUS Ivan, BRANDIS Denis	737
Numerical simulation of wave propagation in multiphase soil medium EDIP Kemal, SHESHOV Vlatko, BOJADJIEVA Julijana, KITANOVSKI Toni, IVANOVSKI Dejan	744
Ефект на сеизмичко дејство во стабилноста на потпорни сидови и компарација меѓу македонска регулатива и Еврокодovi ИВАНОВСКИ Дејан, ЕДИП Кемал, БОЈАЦИЈЕВА Јулијана, ШЕШОВ Влатко, КИТАНОВСКИ Тони	748
Design considerations and earthquake analysis for embankment dams in high seismic regions KRSTIĆ PERIĆ Sanja., SMESNIK Mathias, FREUIS Anna	759
Pojednostavljeni postupak analize nosivosti vertikalnih AB šipova pod dejstvom horizontalnih seizmičkih sila u uslovima pojave likvefakcije u tlu MILADINOVIĆ Borko, ŽIVALJEVIĆ Slobodan, TOMANOVIĆ Zvonko, BUJIŠIĆ Miodrag	766
Harmonized earthquake-induced landslide hazard assessment in cross-border region – CRISIS project SHESHOV Vlatko, BOJADJIEVA Julijana, EDIP Kemal, SHALIC Radmila, STOJMANOVSKA Marta, APOSTOLSKA Roberta, FOTOPOULOU Stavroula, PITILAKIS Dimitris, SHKODRANI Neritan, BABALEKU Markel, BOZZONI Francesca, DI MEO Antonella	776

ГЕОТЕХНИКА И ДОСТИГНУВАЊА ВО ПРИЛОГ НА ОДРЖЛИВО ОПШТЕСТВО / GEOTECHNICS AND ACHIEVEMENTS IN SUPPORT OF A SUSTAINABLE SOCIETY / GEOTEHNIKA I POSTIGNUĆA U PRILOG ODRŽLJIVOG DRUŠTVA

Utilization of fly ash from power plants in geotechnics and civil engineering ANGELOVA Elena, SHESHOV Vlatko	784
Биополимерна стабилизација на косини од површинска ерозија НИКОЛОВСКА АТАНАСОВСКА Александра, ЈОСИФОВСКИ Јосиф	792
Uticaj starosti i sastava komunalnog otpada na zbijanje JANKOVIĆ PANTIĆ Jovana, RAKIĆ Dragoslav, BASARIĆ IKODINOVIĆ Irena, ĐURIĆ Tina	800
Steps towards digital-based environmental civil engineering in developing countries MICKOVSKI Slobodan B., PAPIĆ Jovan Br.	806
Determination of the apparent specific gravity of a biodried municipal solid waste by “gas pycnometry” PETROVIC Igor, KANINSKI Nikola, HRNCIC Nikola, HIP Ivan	813
Web data mining of landslide information, an experimental study for Macedonia STOJANOV Riste, PESHEVSKI Igor	821
Могућност примене приручних апарата за одређивања отпорности земљишта на ерозионе процесе шумских екосистема ЖИВАНОВИЋ Никола, РОНЧЕВИЋ Вукашин, ЧЕБАШЕК Владимир, РУПАР Вељко, ЂОРЛУКА Стеван, ПОЛОВИНА Сениша	829

СПЕЦИФИЧНИ ПРОБЛЕМИ ВО МЕКИ КАРПИ / SPECIFIC PROBLEMS IN SOFT ROCKS / SPECIFIČNI PROBLEMI U MEKIM STENAMA

Charpy impact test to sedimentary rocks LÓGÓ A. Benedict., VÁSÁRHELYI Balázs	839
Карактеристични појави и форми како резултат на суфозија во чакалесто-песокливи средини ПЕТКОВСКИ Орце, АНГЕЛОВ Ванчо, ИВАНОВСКИ Игор, ЈОВАНОВСКА Тамара, АНГЕЛОВА Елена	845
Stabilizacija useka na autoputu E-763 izvedenog u stenskoj masi sa nepovoljno orijentisanim diskontinuitetima PISAREVIĆ Miodrag, SLAVKOVIĆ Dragana, FILIPOVIĆ Vladimir	851

Index of authors

ОДБОРИ / BOARDS / ODBORI

ПОЧЕСЕН ОДБОР / HONORARY BOARD / POČASNI ODBOR

Reşat Ulusay – president of ISRM and honorary member of MAG,
Vojkan Jovičić – vice president of ISRM,
Lyesse Laloui – vice president of ISSMGE for Europe,
Ivan Vrkljan – former vice president of ISRM and honorary member of MAG,
Heinz Brandl – former vice president of ISSMGE and honorary member of MAG,
Ahmet Sağlam – honorary member of MAG,
Radomir Folić – honorary member of MAG,
Husamedin Dželadin – deserving member of MAG,
Nikola Jankulovski – Rector of University “Ss. Cyril and Methodius” – Skopje,
Milorad Jovanovski – immediate-past president of MAG,
Zlatko Srbinoski – Faculty of Civil Engineering – Skopje,
Vlatko Šešov – Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology – Skopje (IZIIS),
Andrea Serafimovski – Granit AD,
Zlatan Đurić – Strabag.

НАУЧЕН ОДБОР / SCIENTIFIC BOARD / NAUČNI ODBOR

Slobodan Ćorić, president, Serbia	Josif Josifovski, Macedonia
Jovan Br. Papić, co-president, Macedonia	Violeta Mirčevska, Macedonia
Ljulgjeta Bozo, Albania	Igor Peševski, Macedonia
Dietmar Adam, Austria	Ljupčo Petkovski, Macedonia
Wulf Schubert, Austria	Aco Veleviski, Macedonia
Azra Špago, Bosnia and Herzegovina	Slobodan Živaljević, Montenegro
Mato Uljarević, Bosnia and Herzegovina	Miško Čubrinovski, New Zealand
Sabid Zekan, Bosnia and Herzegovina	Ernest Olinic, Romania
Andrej Tocev, Bulgaria	Slobodan B. Mickovski, Scotland
Leo Matešić, Croatia	Zoran Bonić, Serbia
Krunoslav Minažek, Croatia	Dragoslav Rakić, Serbia
Predrag Mišćević, Croatia	Nenad Šušić, Serbia
Igor Sokolić, Croatia	Mirjana Vukićević, Serbia
Norikazu Shimizu, Japan	Janko Logar, Slovenia
Julijana Bojadžieva, Macedonia	Matej Maček, Slovenia
Kemal Edip, Macedonia	Mojca Ravnikar Turk, Slovenia
Spasen Gjorgjevski, Macedonia	Özer Çinicioğlu, Turkey
Zlatko Ilijovski, Macedonia	

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР / ORGANIZING BOARD / ORGANIZACIONI ODBOR

Jovan Br. Papić, chairman	Darko Nakov	Sead Abazi
Dragan Dimitrievski, core	Elena Angelova	Stevčo Mitovski
Igor Peševski, core	Josif Josifovski	Stojanče Nikolov
Milorad Jovanovski, core	Kemal Edip	Tamara Jovanovska
Bojan Janevski	Kiril Lazarov	Toni Kitanovski
Bojan Susinov	Lazar Božinovski	Vase Vitanov
Boris Bogoevski	Mila Smiljanovska	Zlatko Zafirovski

Вид и обем на геотехнички истражувања: примарни фактори за соодветни геотехнички подлоги

Наташа Неделковска^a, Борислав Ѓошевски^b, Елена Ангелова^c, Тамара Јовановска^d,
Ванчо Ангелов^e, Игор Ивановски^f

^{a, b, c, e} *Геохидроконсалтинг, Скопје, С. Македонија*

^{d, f} *Страбаг АГ, Скопје, С. Македонија*

АПСТРАКТ

При проектирање на косини кај патишта, од големо значење е видот и обемот на изведените геотехнички истражувања и испитувања, со цел да се проектира економски и технички издржано и практично решение. Во овој труд се прави преглед и согледување на направени измени на технички решенија за усеци во фаза на изведба, во однос на она проектираните. Предмет на овие анализи се косините од усеците на Експресен пат А4, делница Штип – Радовиш. Потребата за повторно проектирање на косините се должи на нивната нестабилност, констатирана во фаза на изведба или непосредно по нивната изведба. Причината за ова се неадекватните технички решенија, кои главно се должат на недоволниот обем на теренски испитувања и истражувања, односно, плитки раскопи и бунари, што во овој случај резултира со нереално дефинирање на карпестите маси од аспект на постојаност, распаѓањето, јакост, моќност на слој итн., со што се добива лажна претстава за средината во која треба да се изведе трајната косина. Крајно, се усвојува несоодветен наклон за претпоставениот тип на материјали. За анализираната патна делница во изведба, направен е преглед на бројот и видот на изведени претходни и дополнителни (нови) геотехнички истражувања, на бројот на задржани технички решенија од основен проект и бројот на нови проектирани технички решенија, како и преглед на нови проектирани и изведени наклони на косини во карпи и почви, соодветно.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ

Проектирање; Стабилност; Усеци; Технички решенија; Измени.

1. ВОВЕД

Теренот како природна геолошка конструкција претставува бескрајно сложен систем чии елементи се создавани низ долг временски период. Поради карактерот на Земјата како динамичен систем, при изведба или експлоатација на инженерски објекти од различен карактер, заради нарушување на природната рамнотежа на теренот, често доаѓа до појава на разни нестабилности. Со цел да се воспостави рамнотежа помеѓу идниот објект и природниот терен потребно е да се дефинира нивната зона на интеракција. Ова значи дека се неопходни геотехнички истражувања на теренот до длабини за кои се очекува да бидат во зона на идна интеракција со објектот (Јовановски и др., 2016).

Значењето на геотехничките истражувања се нагласува кога се има во предвид дека при изградба на инженерски објекти се соочуваме со терени со неповолни инженерскогеолошки карактеристики, а самите инженерски интервенции имаат сложени конструктивни решенија. Изведбата на соодветен обем на геотехнички истражувања пред фазата на проектирање на објектите, овозможува осознавање на природните услови на теренот, со цел избор на економични и технички оправдани решенија за објектите, што значи нивна стабилност како во фаза на експлоатација, така и во тек на нивната изведба. Во пракса често се случува да не се

почитуваат принципите на геотехничкото истражување, односно се штеди или воопшто не се изведуваат некои од истражните постапки. Истражувањата за линиски објекти се често тешки за изведба поради тоа што истите неретко поминуваат низ предели со сложени теренски услови, па така истражувачите се соочени со препреки како пристапни патишта, пошуменост на теренот, парцели во приватна сопственост итн. Доколку не може да се надминат овие проблеми објектите може да бидат недоволно истражени. Во интерес на квалитетот на проектите потребно е државните институции да дадат свој придонес за олеснување на проблемите со првична експропријација на помал појас долж трасата, справување со шумско расчистување на теренот, комуникација со приватни сопственици итн. Овие активности секако се спроведуваат во фаза на градба, но нивното вклучување во фаза на истражувања би обезбедило целосно изведување на предвидената истражувачка програма. Имено, најчести се следните случаи (Јовановски и др., 2010): Неизведување на никакви истраги или проектирање без податоци, засновајќи се на факторите "среќа", "нема проблем", или "проблемот (објектот) е едноставен", што претставува комплетно погрешен и неприфатлив пристап; Изведба на недоволен број на истражувања; Изведба на доволен број на истражувања, но мал или неадекватен број на соодветни лабораториски испитувања. Сето ова доведува да се проектираат несоодветни технички решенија, кои многу често се нестабилни уште во фаза на изведба, па повлекува потреба од дополнителни истражувања, дополна или измена на техничкото решение, што од друга страна значи и дополнителни (непредвидени) финансиски средства. Во контекст на ова постои една добро позната фраза: ***"Секогаш плаќате за истражувањата на теренот, без разлика дали ги изведувате или не."***, (оригинален израз: *"You pay for a site investigation whether you have one or not."* – Prof. Stuart Littlejohn, 1994).

Гледано од инженерски аспект, бетонот и челикот како конструктивни материјали имаат точно познат состав и нивните механички карактеристики се точно познати. Од друга страна пак природните материјали како карпи и почви на големи простори се изразито хетерогени и анизотропни, поради што претставуваат далеку покомплексни материјали од бетонот и челикот. Всушност зад овие материјали стојат обемни теоретски, нумерички и експериментални истражувања со кои сепак се генерализираат некои нивни својства, бидејќи составот на цел масив од почва или карпа е екстремно комплексен за да се земе во предвид секој негов детал. Тоа ги прави природните материјали најкомплексни средини за проектирање и предвидување на нивното однесување, особено во недостаток на истражни податоци.

Вообичаено за армирано-бетонски објекти како мостови, тунели, пропусти и сл., кои треба да се изведат во природна почвена или карпеста средина, геотехничките истражувања вклучуваат поголем обем на истражни дупнатини и тоа со истражна длабина која ја поминува нивелетата на линискиот објект. Од друга страна земјените објекти (усеци и насипи), во минатото биле на некој начин маргинализирани и не се третирали на ист начин како претходните, а проблемите кои произлегуваат од тоа се видливи во фаза на градба. За овие објекти често истражните работи биле само во површинските зони, односно изведба на плитки истражни раскопи и бунари. Дополнително, истражувањата често се прекинуваат при регистрирање на карпа, која во фаза на изведба може да се покаже како подложна на атмосферско распаѓање и да има полоши геотехнички својства од претпоставените, а чест случај е во длабина да бидат присутни и други типови карпи со сосема различни карактеристики. Од досегашното искуство се покажува дека објектите од типот на усеци треба да се истражат до соодветната длабина со која ќе се утврдат сите слоеви во кои ќе се изведуваат косините и ќе се утврди средината под нивелетата на линискиот објект. Тоа значи дека и за усеците како инженерски објекти во фаза на истражување потребно е да се изведат соодветни детални геотехнички истражувања и испитувања. Ова е во контекст со препораките на Еврокод 7, каде се пропишани прецизни насоки за обемот и видот на геотехничките истражувања за секој тип на објект. Со негова имплементација и кај нас, претходно наведените недостатоци во однос на истражувањата постепено се надминуваат.

Кога површината на теренот не е хоризонтална, се јавува компонента на силата на гравитација која има тенденција да ја помести земјината маса надолу (Maksimovic, 2008). Стабилноста на

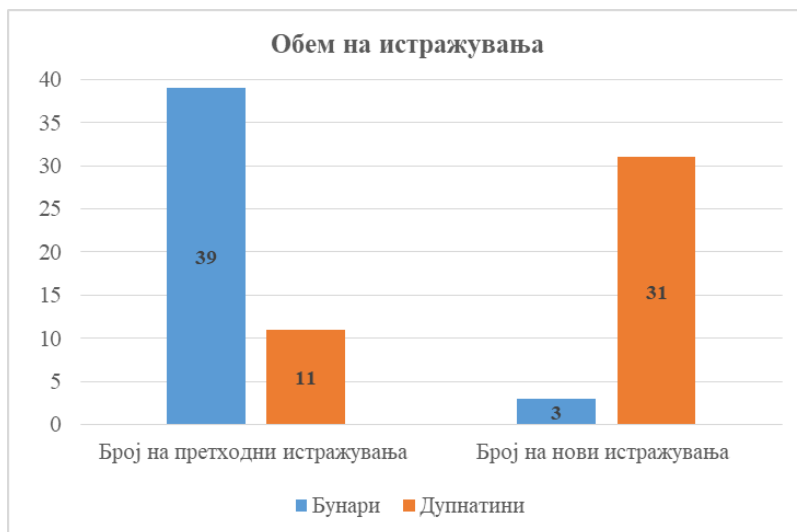
косините зависи од бројни фактори, од кои најзначајни се: литолошкиот состав, физичко-механичките својства и состојби на карпестите маси и теренот како целина, наклонот на теренот, степенот на одводнетост од површински и подземни води, разните динамички влијанија од земјотреси, експлозии, работа со тешки машини, кои предизвикуваат удари и вибрации, и др. Наведените фактори често дејствуваат заеднички, така што е потребно соодветно знаење од геолошките, геотехничките и други сродни научни области, за да се дефинираат сите потребни својства и состојби неопходни за стабилност на теренот и објектите. Проблемот на анализа на стабилност на косини се сведува на одредување на односот помеѓу расположивата јакост на смолкнување и мобилизираната јакост, која е потребна да го одржи во рамнотежа клизното тело. Овој индекс на релативна стабилност, кој на конзистентен начин првпат е опишан од Bishop (1955) се нарекува **“фактор на сигурност”**. Факторот на сигурност е нумеричка вредност која ни дава индикации за стабилноста на анализираната косина, знаејќи дека при вредност 1.0 доаѓа до лом на косината.

Имајќи го во предвид наведеното, во рамките на овој труд се прави преглед и согледување на направени измени на технички решенија за усеци во фаза на изведба, во однос на проектираните со Основните проекти. Потребата од измени на првичните решенија генерално е согледана во фазата на изведба, каде или при самата изведба или непосредно по неа, настанал некој вид на нестабилност (лизгање, одронување и сл.). Предмет на овие анализи се косините од усеците на Експресен пат А4, делница Штип – Радовиш.

2. ПРЕГЛЕД НА ПРОЕКТИРАНИ И ИЗВЕДЕНИ ТЕХНИЧКИ РЕШЕНИЈА НА УСЕЦИ

При проектирање на косини во фаза на Основен проект од големо значење се бројот и видот на геотехничките истраги, теренски и лабораториски, како би се дошло до поквалитетно и издржано решение, а со тоа би се намалиле трошоците за тој објект уште во рана фаза. Исто така многу е важно објектите од природни материјали како усеците да бидат проектирани од страна на геотехнички инженери кои детално ги проучуваат резултатите добиени од истражувањата и испитувањата. На тој начин реално би се одредиле геометриските карактеристики на објектот за негова долготрајна стабилност, без притоа да се менува техничкото решение во фаза на изведба за што е потребно повеќе време и дополнителни финансиски средства за санација на изведениот објект. Многу е важно да им се посвети потребното внимание и време на сите објекти пред изведбата, со цел да се завршат со што е можно помалку проблеми и застои. Затоа уште во фаза на проектирање треба да се предвиди доволен период за истражните работи.

Во понатамошниот текст, како и низ дијаграми, се прикажани отстапките на проектираните наклони на косините во Основен проект, и ново препроктираните косини во тек на изведба за предметната патна делница. Потребата за повторно проектирање на косините се должи на нивната нестабилност, констатирана во фаза на изведба или непосредно по нивната изведба. Причината за ова се неадекватните технички решенија, кои главно се должат на недоволните теренски испитувања и истражувања, односно, плитки раскопи и бунари и нереално дефинирање на карпестите маси од аспект на распаднатост, јакост, моќност на слој итн., со што се добива лажна претстава за средината во која треба да се изведе трајната косина, односно се усвојува несоодветен наклон за претпоставениот тип на материјали во длабочина. Преглед на бројот и видот на изведени претходни и дополнителни (нови) геотехнички истражувања е даден на следниот дијаграм (Слика 1). Може да се забележи дека во претходните истражувања доминираат бунарите (39) во споредба со малиот број на изведени истражни дупнатини (11). Новите истражувања главно вклучуваат истражни дупнатини (31) и само неколку истражни бунари (3). При проектирањето на новите технички решенија, на располагање стоеја и веќе отворените профили на усеците (31). Сето ова придонесе да се добие јасна претстава за геотехничкиот профил на усеците до поголема длабина, за разлика од претходно направените истражни бунари кои овозможиле утврдување само на присутните материјали во површинските зони.



Слика 1. Обем на претходни и нови геотехнички истражувања.

За Експресниот пат А4, делница Штип-Радовиш, направена е измена на техничките решенија на 38 отворени усеци. Сите направени измени придонесуваат кон подобрување на стабилноста, идното безбедно одвивање на сообраќајот, визуелниот изглед, и кон многу намалени трошоци за одржување на Инвеститорот во иднина. Ова е во склад и со Студија која се изработува за потребите на Јавното Претпријатие за Државни Патишта (ЈПДП) под наслов “*Technical Assistance Preparation of Climate Resilience Design Guidelines for the Public Enterprise for State Roads in Macedonia*”. При проектирањето на нови технички решенија за усеците, разработувани се неколку варијантни решенија како, ублажување на косини, потпорни конструкции (армирано-бетонски потпорни сидови и габиони), кои се анализирани од техно-економски аспект и усвоено е најоптималното решение. На следниот дијаграм (Слика 2) е даден преглед на бројот на задржани технички решенија од основен проект и бројот на нови проектирани технички решенија. Може да се забележи дека измена на техничкото решение е направено скоро кај сите усеци.



Слика 2. Преглед на број на задржани и изменети технички решенија.

Направен е преглед на проектираните и изведени наклони на косини во карпи и почви, Слика 3 и Слика 4 соодветно. Може да се забележи дека во карпите првично се проектирани пострмни наклони на косините (главно 1.5:1, 3:1, 4:1). Меѓутоа во тек на изведба, овие наклони се покажале како нестабилни, па проектирани се нови технички решенија со поблаги наклони на косините (главно 1:1, 1:1.5, 1:1.7, 1:2). Причина за ова е тоа што генерално карпите долж

трасата се од типот на меки карпи или цврсти карпи со хидротермално изменети зони, па се подложни на распаѓање при изложеност на атмосферски влијанија.



Слика 3. Преглед на проектирани и изведени наклони на косини во карпи.

Слична е ситуацијата и со изведените наклони на косини во почви. Овде, најголем дел од косините се првично проектирани со наклон 1:1 и 1.5:1 и во ретки случаи 1:1.5, 2:1 и 4:1. Заради појавената нестабилност во фаза на изведба или непосредно после изведбата (под дејство на атмосферски влијанија), пристапено е кон нивна санација, односно подготовка на нови технички решенија. Притоа усвоени се поблаги наклони на косините, 1:1.5, 1:1.7 и 1:2. Генерално кај усечите во почвени материјали со плитките истражувања не се регистрирани послаби слоеви во длабина, кои влијаат врз стабилноста на косините.



Слика 3. Преглед на проектирани и изведени наклони на косини во почви.

Битно е да се нагласи дека се направени измени и кај бермите. Бермите првично беа проектирани со ширина 3m. Меѓутоа заради настанати одрони и ерозија на косините, овој простор беше делумно заполнет со материјал или обрушен, со што ефективниот прстор на бермите се намали и оневозможи слободно поминување на механизација за нивно навремено чистење. Со новите решенија ширината на бермите изнесува 4–5m со наклон од 4% кон косината.

Со новите технички решенија се зголеми просторот за експропријација заради поблагите наклони и пошироките берми. Експропријацијата била ограничувачки фактор при проектирање на првичните решенија. Голем дел од усеците се проектирале до првичната граница на експропријација, со цел да не се превземаат дополнителни активности (решавање на имотно-правни односи, дополнителни финансиски средства и сл.). Сепак со новопроектираните косини зголемена е безбедноста на објектите и се смета дека за истите ќе бидат потребни помалку активности, финансиски средства и време за одржување во тек на експлоатација.

3. ЗАКЛУЧОЦИ

При истражувањата за линиски објекти од типот на патишта, често земјените објекти како усеците немаат рамноправен третман со останатите објекти, односно за нив се предвидуваат релативно помал број на геотехнички истражувања. Ова може да резултира со нереална интерпретација на геолошките и геотехничките својства на присутните материјали и условите за градба. Бројни се случаевите на оптимистички проектирани усеци, кои во фаза на проектирање сесо помал ископ и простор за експропријација, но проблемите кои произлегуваат во фаза на изведба можат да водат кон скапи комплексни решенија за санација. Затоа овој тип на објекти понекогаш чинат многу повеќе од она што било првично предвидено, и многу повеќе од цената за изведба на соодветни геотехнички истражувања пред фаза на проектирање. За да се избегнат ваквите случаи, при дефинирање на обемот на геотехничките истражувања треба да се води сметка за бројни влијателни фактори за предметната делница која е предмет на истражувања и а се почитуваат препораките од актуелните стандарди и кодови во Европа и Светот. Тоа значи дека проектните решенија мора да бидат базирани на реални параметри, одредени со соодветен обем на теренски и лабораториски испитувања и истражувања. Дополнително, решенијата не смеат да бидат ограничени од административни причини, како на пример експропријација. Истите треба да бидат најпрво безбедни, а нивното одржување да се сведе на минимум.

РЕФЕРЕНЦИ

- Bishop, A.W., 1955. The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes. *Géotechnique*, 5(1): 7–17.
- Јовановски, М., Гапковски, Н., Пешевски, И., Аболмасов, Б., 2012, *Инженерска Геологија*. Скопје, Градежен Факултет.
- Јовановски, М., Папиќ, Ј., Пешевски, И., 2016. Принципи за проектирање на геотехнички истражувања и испитувања за објекти во градежништвото. 3ти симпозиум на друштво за геотехника на Македонија, 24-26 Јуни 2010.
- Јовановски, М., Папиќ, Ј., Пешевски, И., Ѓорѓиев, Ѓ., Ѓорѓиев, В., 2016. Примена на современи техники за дефинирање на хазарди и ризици во геотехниката. Зборник на трудови, изд. Друштво за геотехника на Македонија, ISBN 978-608-4510-30-7.
- Littlejohn, G.S., Cole, K. W. & Mellors T.W., 1994. Without site investigation ground is a hazard. 1994, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Civil Engineering*, 102. No. 2, pp. 72-78.
- Maksimović, M., 2008. *МЕХАНИКА TLA*. Beograd: AGM knjiga.