

КАРТЕ ОПАСНОСТИ ОД КЛИЗИШТА ЗА МАКЕДОНИЈУ – ПРОШЛОСТ, САДАШЊОСТ, БУДУЋНОСТ

LANDSLIDE HAZARD MAPS FOR MACEDONIA – PAST, PRESENT, FUTURE

Наташа Неделковска,
Игор Пешевски,
Милорад Јовановски,
Јован Бр. Папић

Прегледни рад
10.5937/IASPN25142R

Апстракт: Рад даје развој мапирања подложности клизиштима у Македонији, интегришући национални, регионални и локални приступ. Израђен је национални модел подложности у оквиру Просторног плана, уз коришћење литологије, нагиба терена, падавина, сеизмичког убрзања и намењене земљишта као услове. У региону Шар планине, напредне GIS, LiDAR и DInSAR технике у комбинацији са анализом односа фреквенција омогућиле су израду детаљне карте подложности. Приказани су изазови, достигнућа и будући правци ка интегрисаном националном оквиру управљања опасношћу од клизишта.

Кључне речи: подложност клизиштима, Македонија, карта, будући правци

Abstract: This paper presents the development of landslide susceptibility mapping in Macedonia, integrating national, regional, and local approaches. As a result, a national susceptibility model was produced within the Spatial plan using lithology, slope, rainfall, seismic acceleration, and land use as conditioning factors. Advanced GIS, LiDAR, and DInSAR techniques combined with Frequency Ratio analysis yielded a detailed susceptibility map for the Shar Planina, validated by R-index. The study demonstrate the challenges, achievements, and future directions toward an integrated national landslide hazard management framework.

KeyWords: Landslide susceptibility, Macedonia, map, future directions

УВОД

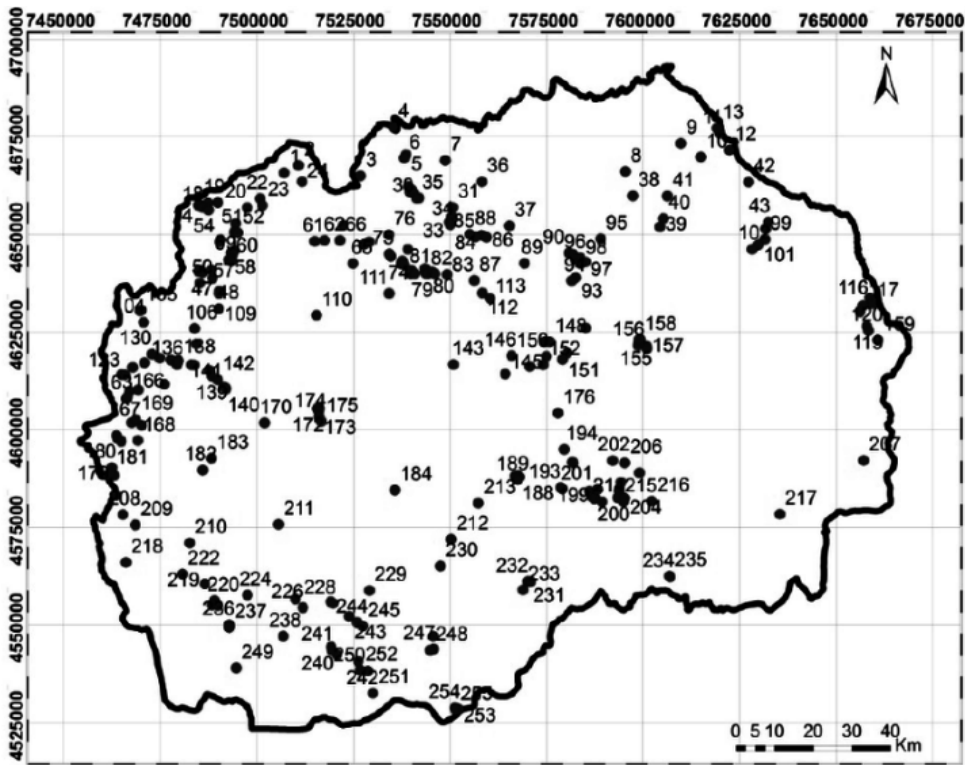
Клизишта у Македонији представљају изражену геолошку опасност. Значајни догађаји у последњих сто година однели су животе преко деvedесет људи, док на годишњем нивоу просечни трошкови везани за санацију клизишта износе неколико десетина милиона евра. Студије везане за овај проблем за општу популацију и инфраструктуру представљене су у Jovanovski 2010, Peshevski et al. 2014, Jovanovski & Peshevski 2016, Peshevski et al. 2017, Nedelkovska et al. 2017, Jovanovski et al. 2019, Jovanovski et al. 2020, Jovanovski et al. 2022, Jovanovski et al. 2022b, Stojanov and Peshevski 2022, Jovanovski 2024. Због тога је неколико аутора из Македоније и региона, у протеклих петнаест година, радило на различитим студијама везаним за процену појаве клизишта на скали инвентара, осетљивости, опасности и процене ризика. Циљ рада је да пружи општи преглед примењених приступа, упореди добијене резултате и предложи будуће активности усмерене на боље разумевање опасности од клизишта. Посебна пажња је посвећена региону Полог у северозападном делу земље, подно Шар планине, где су опасности од клизишта имале знатан утицај у скорије време. Такође су разматране и специфичне деонице путева на националној мрежи ван овог региона.

ИНВЕНТАР КЛИЗИШТА НА НАЦИОНАЛНОМ И РЕГИОНАЛНОМ НИВОУ

Након израде геолошких карата 60-их и 80-их година прошлог века, где су већа клизишта мапирана са својим основним границама у облику полигона, прве покушаје да се опасност од клизишта представи на националном нивоу предузео је 2010. године Јовановски, који је прикупио податке о појавама клизишта и одрона камења и представио их на шематској карти ван размере. Општа идеја ове карте била је да се нагласи стална потреба да институције озбиљније приступе третману клизишта. Касније је карта изазвала неке дискусије у пракси, а јавна предузећа за инфраструктуру предузела су неке споре, али стабилне кораке ка побољшању опште ситуације. У наредном периоду уложен је напор да се прикупи још више информација, а Пешевски је 2015. године обрадио преко 300 појава (Слика 1). Због лошег вођења и недостатка неких кључних података, за 45 појава није могла бити утврђена тачна позиција, па је коначна карта садржала 255 клизишта.

Од 2015. године, аутори су покренули иницијативе за успостављање националне базе података о клизиштима, њено повезивање са одређеним

ентитетом и креирање система за управљање подацима где би се прикупљали сви будући подаци о клизиштима. Нажалост, због недостатка техничких и кадровских капацитета институција, законских недоследности и недостатка средстава, таква база података остаје задатак за будућност.



Слика 1: Маја инвентара клизишта Републике Македоније (Peshevski 2015)

У оквиру академских и професионалних активности, неколико истраживача из земље прикупља податке појединачно, у зависности од потреба за своје студије и публикације. Тако, Пешевски и Јовановски имају интерну базу података о клизиштима која су повредила или убиле људе, која садржи податке од 1931. године наовамо, Пешевски и Неделковска су прикупили податке о клизиштима у региону Полога из последњих двадесет година. Јовановски и Пешевски су креирали регионалну базу података за регион Пелагоније у оквиру пројекта JCROSS 2019. године. Други стручњаци из Македоније такође су креирали интерне базе података, које се генерално допуњују. Веома леп пример је база података Хидроенергетског система Маврово, где колеге из грађевинског одељења пажљиво прикупљају све податке везане за клизишта

у подручју водоносних канала дужине 130 км (део хидросистема Маврово изграђеног за време СФРЈ). Вреди напоменути да су подаци из базе података из 2015. године интегрисани у NASA-ин прегледач клизишта (<https://maps.nccs.nasa.gov/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=824ea5864ec8423fb985b33ee6bc05b7>), који је допринос Кооперативном отвореном онлајн спремишту клизишта (COOLR), највећем отвореном каталогу клизишта.

Пројекат под називом „Техничка помоћ Припрема дизајна отпорности на климатске промене, Смернице за Јавно предузеће за државне путеве у Македонији“ из 2018. године предвидео је успостављање модула за клизишта у Систему управљања путном имовином (RAMS) предузећа и има добру прилику да почне.

Остале активности везане за успостављање базе података о клизиштима тренутно се спроводе с Геолошким заводом Македоније.

КАРТЕ ПОДЛОЖНОСТИ КЛИЗАЊУ

Као што се види на слици 1, регион Полога треба сматрати најсклонијим клизиштима, јер се скоро 2/3 регистрованих у земљи налази овде. Први покушај мапирања осетљивости у Македонији била је студија регионалног обима коју је спровео Peshevski (2015) за регион Полога. У њој је примењена метода произвољног полинома, где је инвентар клизишта формиран претежно коришћењем историјских података и слика са *Google Eartha*.

Касније су Milevski et al. (2019) спровели статистичко и експертско моделирање осетљивости на националном нивоу. Аутори су применили комбинацију моделирања односа фреквенција и аналитичког хијерархијског процеса. Литологија, нагиб, закривљеност плана, падавине, покривеност земљишта, удаљеност од потока и удаљеност од путева, одабрани су као фактори предусловљавања клизишта. Аутори су сматрали да је овај приступ веома користан и практичан у случају лошег инвентара клизишта.

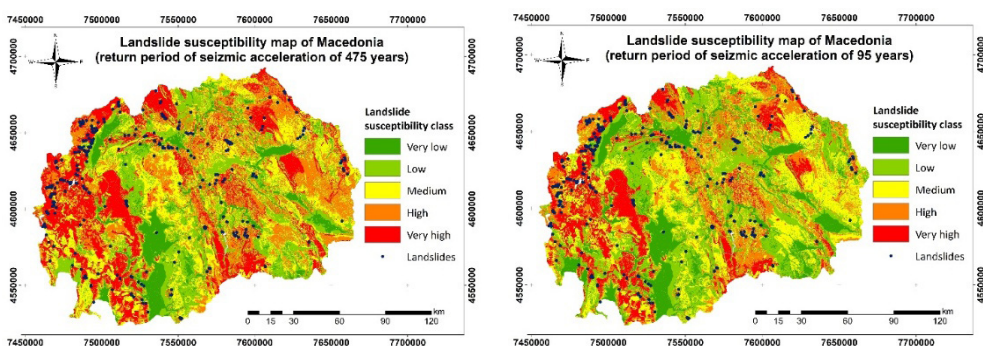
Затим, у оквиру студије геохазарда за Просторни план Републике Македоније за плански период 2021–2040, Peshevski et al. (2023) су применили хеуристички приступ произвољног полинома, који је претходно примењен на регионалном нивоу за регион Полога и дао је задовољавајуће резултате (Peshevski, 2015; Peshevski et al. 2019). Конкретно, геологија, нагиб, падавине, очекивано сеизмичко убрзање према Еврокоду 8 за повратне периоде од 95 и 475 година и коришћење земљишта претпостављени су као фактори предусловљавања клизишта. Подаци за литологију су преузети са Основне геолошке карте Македоније у размери

1:200.000. Литолошке јединице су зонирани према потенцијалу за развој клизишта. Укупно је класификовано 161 литолошка јединица. Оцена нагиба је дефинисана коришћењем методе полиномске интерполације. Детаљи о усвојеним оценама за сваки фактор условљавања могу се наћи у Peshevski et al. (2023).

Свака специфична комбинација фактора процене повезана је с различитим степеном подложности клизиштима. Збир појединачних оцена даје укупну оцену подложности клизиштима (Једначина 1):

$$TLSR = LTR + NTR + GVR + IR + ZPR \quad [1]$$

где је: TLSR укупна оцена подложности клизиштима, LTR је вредност оцене за литолошки тип, NTR је вредност оцене за нагиб падине, GVR је вредност оцене за падавине, IR је вредност оцене за сеизмичко убрзање и ZPR је вредност оцене за покривач земљишта. Максимална вредност TLSR је 10, а минимална 0,3. Након извршавања алгорита и добијања TLSR вредности, осетљивост је класификована у 5 класа (Џенков модел природних прекида). Коначне мапе осетљивости приказане су на слици 3.



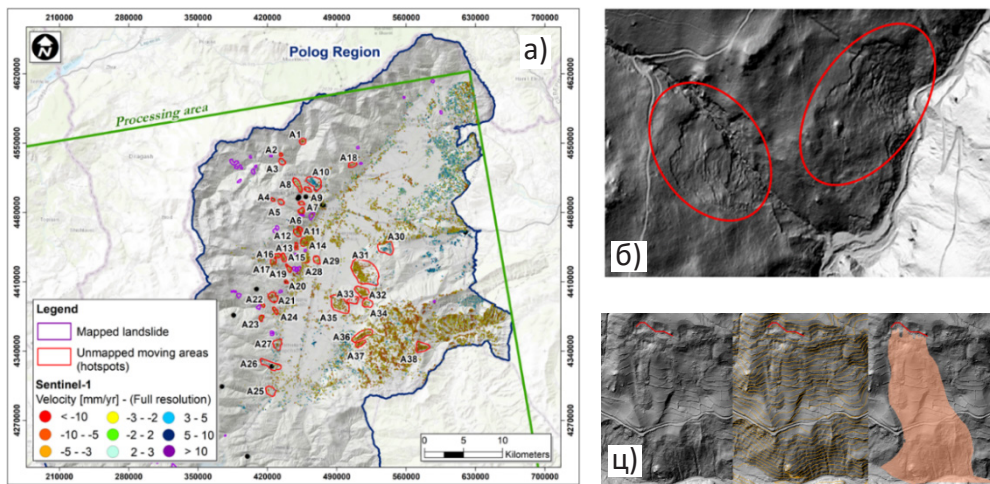
Слика 3: Мапа подложности клизиштима Македоније, за повраћни период сеизмичког убрзања од 95 година и 475 година (Peshevski et al. 2023)

Nedelkovska (2023) је извршила „ре-процену“ подложности клизиштима за регион користећи модел односа фреквенција (FR). Том приликом, постојећи инвентар клизишта је надограђен помоћу две методе које су први пут примењене у Македонији: диференцијални интерферометријски синтетички апертурни радар (DInSAR) примењен је да би се означиле „нестабилне“ зоне (Слика 4а), а затим је коришћен метод за детекцију и одређивање даљине светлости (LiDAR) за генерисање DEM терена и откривање ожиљака од клизишта визуелним приступом (Слика 4б). LiDAR је примењен и за метод идентификације стрмих падина и повезивања

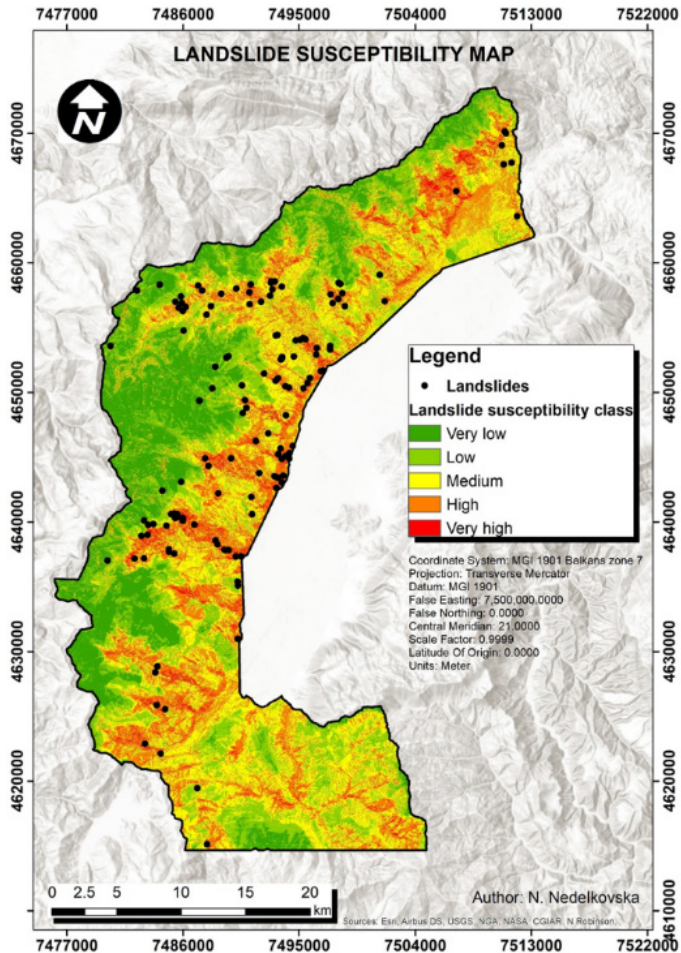
контура (SICCM) (Слика 4ц) како су предложили Bunn et al. 2019. Генерисано је дванаест фактора условљавања клизишта за моделирање подложности: нагиб, надморска висина, аспект, закривљеност равни, закривљеност профила, храпавост, удаљеност од путева, литологија, удаљеност од раседа, падавине, удаљеност од река и коришћење земљишта/покривач земљишта. Ових 12 фактора који узрокују клизишта генерисано је коришћењем GIS, тако да је припремљено 12 тематских слојева (мапа) с резолуцијом величине пиксела 1 m × 1 m. Метод FR који су предложили Lee and Talib (2005) квантитативна је метода која се користи за статистичку анализу клизишта, а заснива се на односу између дистрибуције клизишта и сваког предиспонирајућег фактора (једначина 2):

$$FR_{ij} = (N_{ij}/N_{total}) / (A_{ij}/A_{total}) \quad [2]$$

где је: N_{ij} број клизишта у j -тој класи фактора i , N_{total} је укупан број клизишта у истраживаном подручју, A_{ij} је површина j -те класе фактора i , а A_{total} је укупна површина истраживаног подручја. Вредности FR коришћене су за израду индекса подложности клизиштима (LSI), на основу којег је подручје подељено на пет зона. Валидација је урађена преко тзв. R-индекса, чији су резултати показали да је FR поуздана метода за процену подложности. Коначна мапа (Слика 5) припремљена је у размери 1:100.000 (Nedelkovska et al., 2024).



Слика 4: а) Мапа назначених „нејојодних“ зона коришћењем Sentinel DInSAR података ниске резолуције; б) дејекција ожиљака од клизишта из LIDAR истраживања; ц) пример процеса моделирања зона клизишта помоћу SICCM



Слика 5: Карта подложности клизацијима за регион Полоја добијена FR моделом (Nedelkovska et al., 2024)

СТУДИЈЕ ХАЗАРДА И РИЗИКА ОД КЛИЗАЊА

Након финализације регионалних мапа осетљивости и прикупљања података на терену, следећи корак био је покушај дефинисања опасности (и ризика) од клизишта за најкритичније локације. Примењена је комбинација приступа Larsen et al. 2010, Ikeya 1981, SedNetNZ 2015, као и сопствене анализе. Циљ је процена приноса седимента из клизишта, што је један од облика изражавања опасности. Резиме примењене методологије представљен је у Табели 1.

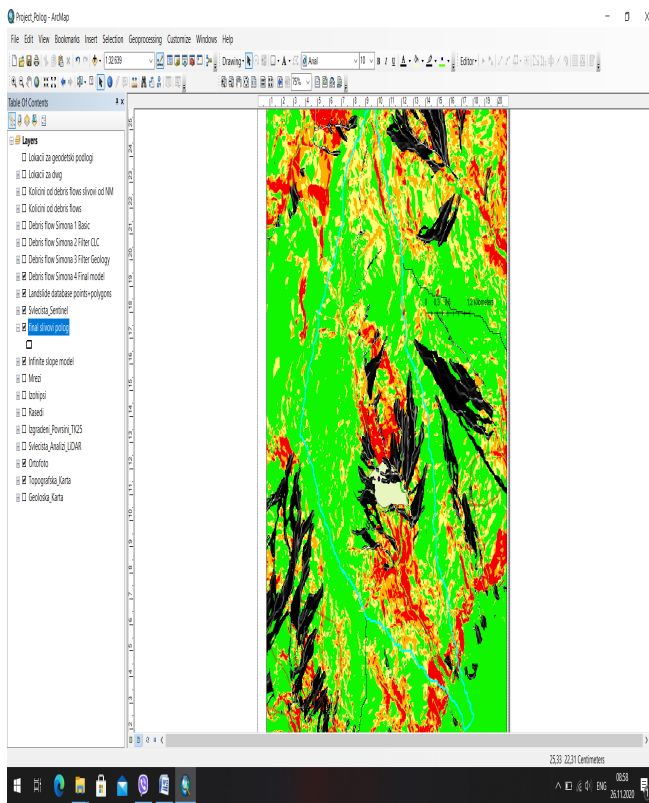
| Корак | Метод / референца | Главни циљ | Кључна једначина / концепт |
|------------------------------------|--|--|--|
| 1. Одабир клизишта | Теренска & GIS-заснована удаљеност од водотока | Проценити клизишта са потенцијалом за реактивацију од великих киша | Удаљеност од водотока, активне зоне делинеације |
| 2. Процена запремине | Larsen et al., 2010 | Процена укупне запремине помереног материјала | Плитко клизиште: $V_L = 0.2 - 0.5 * L_a^{1.1-1.3}$ Дубоко клизиште: $V_L = 0.2 - 0.5 * L_a^{1.3-1.6}$ |
| 3. Дужина померања | Ikeya, 1981 | Проценити удаљеност померања наниже | $L = 8.6 * (V_L * \tan\theta)^{0.42}$ |
| 4. Однос достизања седимента (SDR) | SedNetNZ, 2015; Chiu et al., 2019 | Дефинисати % седимента што доспева у водоток | $SDR = (L - D) / L$ |
| 5. Прорачун приноса седимената | Предметна студија | Комбиновање V_L и SDR за добијање приноса седимента клизишту | $Q_s = V_L * SDR$ |

Табела 1: Резиме применене методологије за процену ојасности од клизишта.

Извршен је прорачун могућег приноса седимента за одређено клизиште у подсливовима региона. Добијене количине су прелиминарне, а прецизнија процена треба да се направи након детаљних истраживања на лицу места и геотехничког и хидролошког мониторинга. Неки примери су дати у Табели 2.

| Ознака клизишта | Дубина клизишта | Процењена површина што се може активирати (m ²) | Прорачуната запремина (m ³) | Однос достизања седимента (SDR) | Принос седимента из клизишта (m ³) |
|-----------------|-----------------|---|---|---------------------------------|--|
| 1002 | Плитко | 7.564 | 3695 | 0.57 | 2.122 |
| 1 | Плитко | 44.615 | 23029 | 0.171 | 4.452 |
| 17 | Плитко | 86.946 | 54.225,62 | 0.089 | 4.845 |
| 015* | Дубоко | 30.000 | 132.217 | 0.5 | 66.108 |
| 1001 | Дубоко | 117.640 | 489.699 | 0.083 | 40.647 |
| 009 | Плитко | 110.721 | 70.742 | 0.24 | 17.111 |

Табела 2: Процена приноса седимента из клизишта на основу дојаћаја (неки примери)



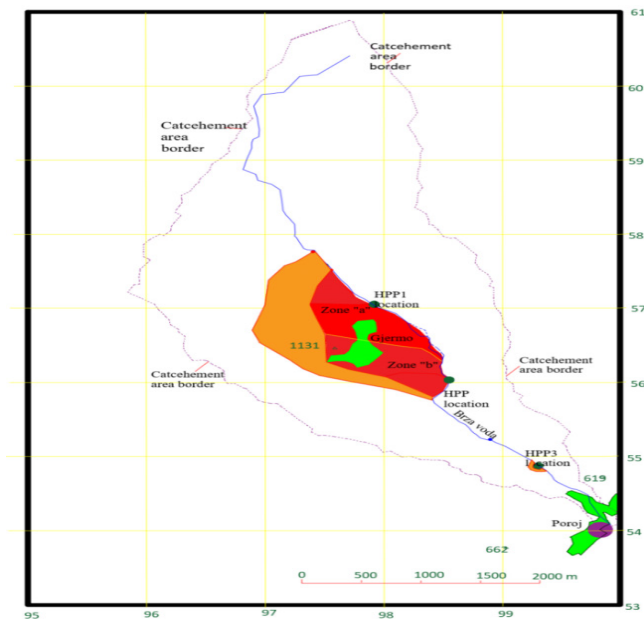
Слика 6: Интегрална ојасносћ од клизишћа у сливу Пороја. Лејенда: бледојлава – граница слива; бледозелени поље – клизиште Ђермо; црне зоне – очекиване зоне изливања материјала (добијене помоћу софтвера Flow-R); жуће до црвене зоне – класе подложности клизишћима.

На Сlici 6 је извод из карте опасности од клизишта за слив р. Порој (Peshevski et al., 2024).

Иако приступ пружа процену потенцијалног приноса седимента из клизишта током екстремних догађаја, временска динамика остаје неизвесна. Време и брзина кретања не могу се у потпуности дефинисати – нека клизишта се брзо трансформишу у течишта, док друга еродирају постепено током дана или недеља. С обзиром на недостатак забележених догађаја течишта или речних блокада у региону Полог (1970–2020), ове резултате треба тумачити са опрезом и прецизирати како подаци праћења буду доступни.

Студије су настављене основном проценом ризика на нивоу пројектовања, уз коришћење клизиште Ђермо и слив р. Порој као студије случаја. Ради подршке пројектантима, методологија је унапређена на виши ниво.

Дубоко клизиште у близини с. Ђермо кључна је карактеристика нестабилности. Примењена холистичка процена ризика обухватала је: преглед претходних података; откривање и карактеризацију нестабилних зона; моделирање подложности плитким клизиштима; анализу стабилности косине и вероватноће лома; идентификацију изложених елемената и очекиваних последица; припрему мапе ризика; предлог мера за ублажавање. Формирана је матрица ризика, која комбинује пет класа вероватноће лома (S) и последица (C), где црвене зоне означавају висок, наранџасти средњи, а бели низак ризик. Последице су укључивале потенцијалне људске, структурне и инфраструктурне губитке, плус еколошке и економске утицаје. Добијена мапа ризика (Слика 7) сумира упоредну анализу класа вероватноће и последица, идентификујући зоне средњег до високог ризика од клизишта унутар слива Пороја, посебно у близини клизишта Ђермо.

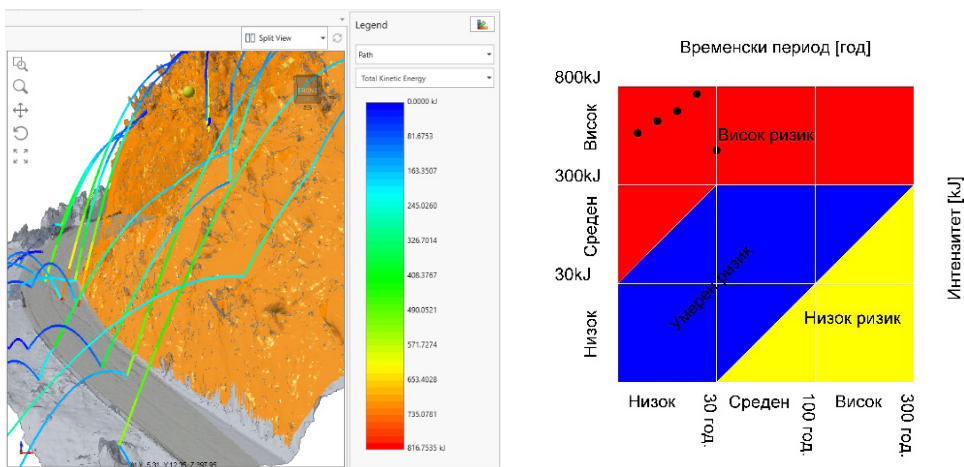


Слика 7: Мапа ризика за слив р. Порој. Лејенда: 1. наранџаста – средњи; 2. црвена – висок; 3. бела – низак ризик од клизишта; зелена – насеље

Војадјева et al. (2025) увели су јединствени оквир за процену опасности и ризика од клизишта у регионима са ограниченим и хетерогеним подацима. Методологија интегрише мапирање осетљивости, моделирање сеизмичког ризика и анализу ризика инфраструктуре, примењену на прекогранично подручје Македоније, Албаније и Грчке. Приступ ефикасно процењује трајну деформацију тла под различитим сценаријима земљотреса и пружа резултате путем веб-платформе за подршку

одлучивању, што представља значајан и актуелан напредак у процени ризика од клизишта на регионалном нивоу.

Stoilov et al. (2025) врше процену ризика од одрона камења за најизложенији део у Македонији, пут с. Истибања–Македонска Каменица. Примењена је комбинација 3Д моделирања одрона камења и модела за прорачун ризика заснованих на дефиницији нивоа опасности (вредност кинетичке енергије), учесталости одрона камења, изложености и рањивости саобраћаја и људи који се крећу. Такође су разматрани сценарији за повећање и смањење просечног годишњег дневног саобраћаја (AADT). Добијена вредност ризика за пет разматраних пресека прелази вредност $n \cdot 10^{-4}$, што указује на потребу за хитним реаговањем надлежних органа како би се ризик свео на прихватљив ниво. Део постигнутих резултата приказан је на слици 8.



Слика 8: 3Д моделирање одрона сипе (сипугенијска лиценца Rocscience) и дефинисање нивоа ризика од одрона сипе на регионалном нивоу с. Истибања–М. Каменица (Stoilov et al. 2025)

БУДУЋЕ СТУДИЈЕ

Тренутно су у току активности на успостављању система за рано упозоравање на клизишта за клизиште Ђермо (и подслив Пороја) уз подршку УНДП-а, за шта је припремљен прелиминарни пројекат. Затим, следе активности између Грађевинског факултета и Факултета за рачунарство и инжењерство на успостављању платформе за предвиђање клизишта изазваних падавинама (онлајн и уживо), која ће користити метеоролошке податке уживо за падавине и влажност земљишта, затим нагиб, геологију, коришћење земљишта и друго.

ЗАКЉУЧАК

Недавна искуства у вези с проценом подложности, опасности и ризика од клизишта у Македонији су позитивна. Примена нових алата и метода омогућила је повећање нивоа поверења у произведене моделе подложности на националном нивоу. До сада се може рећи да су главни региони у којима су проблеми с клизиштима присутни и могу се очекивати у будућности релативно добро дефинисани и да би требало да буду предмет детаљнијих анализа на регионалном и нивоу слива. За нека подручја, анализе подслива биће од огромног значаја. У том смислу, сматрамо да представљени пројекти из Полога могу послужити као добар почетни водич за друге регионе и сливове у земљи. Да би се створили позитивни услови за такве анализе на систематски начин, тј. за побољшани укупан третман ризика од клизишта уопште, требало би предузети одређене акције на различитим нивоима. То би требало да укључује изградњу капацитета институција, измене закона, успостављање базе података о геохазардима, инсталирање геотехничких система за праћење дефинисаних клизишта, едукацију и привлачење већег броја студената у области клизишта, подизање свести становништва и доносилаца одлука уопште.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jovanovski M., (2010) Landslide and Rock Fall occurrences and processes in R. Macedonia. Croatia–Japan project on risk identification and land-use planning for disaster mitigation of landslides and floods in Croatia, 1ST Project workshop „International experience“, 22–24 November 2010. Dubrovnik, Croatia
- [2] Peshevski I., Jovanovski M., Susinov B., Abazi S., (2014) Recommendations for reduction of negative effects of landslides as significant geohazard in R. Macedonia. Proceedings of the 4th Symposium of Macedonian Association for Geotechnics, pp. 503–510.
- [3] Jovanovski M., Peshevski I., (2016) Geohazards at Surface Coal Mines Caused by Mining Activities. Chapter 2 in book “Geohazards Caused by Human Activity”, book edited by Arvin Farid, ISBN 978-953-51-2802-1, Published: November 30, 2016

- [4] Peshevski I., Peternel T., Jovanovski M., (2017) Urgent need for application of integrated landslide risk management strategies for the Polog region in R. of Macedonia. In *Advancing Culture of living with landslides*. Vol. 5 *Landslides in different environments*. pp. 135–145. Eds. M. Mikos et al. Springer International Publishing 2017
- [5] Nedelkovska N., Peshevski I., Jovanovski M., Abazi S., Susinov B., (2017) Estimation of possible economic losses of large water distribution systems due to landslides, Case studies from Republic of Macedonia. 3rd Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan, pp. 131–136.
- [6] Jovanovski M., Popovska C., Peshevski I., (2019) Post-flood recovery of landslides. *Proceedings of the 16th International symposium on Water Management and Hydraulic Engineering (WMHE2019)* pp. 34–53.
- [7] Jovanovski M, Peshevski I, Trajanovski V, Nedelkovska N, (2020) Influences of natural and manmade hazards on road network and elements of risk management strategy. *Scientific Journal of Civil Engineering (SJCE)* Vol. 9, Issue 2, 2020 ISSN 1857-839X.
- [8] Jovanovski M., Peshevski I., Trajanov V., Geotechnical conditions for construction of road infrastructure, experiences and practices. Second Road Congress from Macedonian road association, November 2022, Skopje
- [9] Jovanovski M., Papic Br. J., Peshevski I., Abazi S., (2022) Application of Built back better (BBB) concept in rehabilitation of landslides along Macedonian road network. 12th Int. Conf. Assessment, Maintenance and Rehabilitation of Structures. Vrnjacka Banja, pp. 377–383.
- [10] Stojanov R., Peshevski I., (2022) Web data mining of landslide information, an experimental study for Macedonia. *Proceedings of the 5th Symposium of the Macedonian Association for Geotechnics*. ISBN 978-9989-2053-4-7. pp. 821–828.
- [11] Jovanovski M., Peshevski I., Nedelkovska N., Papic Br. J., (2024) Methodology for landslide risk assessment – a case study of the Poroj River catchment area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 1374, 4th Int. Conf. on Geotechnical Engineering, 2024 (ICGE-Iraq, 2024), Karbala, Ira
- [12] Peshevski I., (2015) *Landslide susceptibility modeling using GIS technology*. Doctoral thesis, University Ss. Cyril and Methodius, Faculty of civil engineering, Skopje
- [13] Milevski I., Dragičević S., Zorn M., (2019) Statistical and expert-based landslide susceptibility modelling on a national scale applied to North Macedonia. *Open Geosciences*, vol. 11, no. 1, pp. 750–764.
- [14] Peshevski I., Jovanovski M., (2023) *Spatial Plan of RN Macedonia*. Geohazards study

- [15] Peshevski I., Jovanovski M., Abolmasov B., Papić Br. J., Marjanović M., Haque U., Nedelkovska N., (2019) Preliminary regional landslide susceptibility assessment using limited data. *Geologia Croatica* 72/1, pp. 81–92.
- [16] Nedelkovska N., (2023) Contemporary methods for detection and characterization of terrain unstable phenomena. Doctoral thesis, University Ss. Cyril and Methodius, Faculty of civil engineering, Skopje
- [17] Bunn M. D., Leshchinsky B. A., Olsen M.J., Booth A., (2019) A simplified, object-based framework for efficient landslide inventorying using LIDAR digital elevation model derivatives. *Remote Sensing*. 11(3): 303
- [18] Lee S., Talib J. A., (2005) Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environmental Geology* 47(7), pp. 982–990.
- [19] Nedelkovska N., Jovanovski M., Peshevski I., Andreevska M. N., Gjorgjiev Gj., (2024) Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio model for the Polog region, Macedonia. 6th Regional Symposium on Landslides in Adriatic Balkan, Belgrade, 2024
- [20] Larsen I., Montgomery D., Korup O., (2010) Landslide erosion controlled by hillslope material. *Nature Geoscience*. 3, pp. 247–251.
- [21] Ikeya H., (1981) A method of designation for area in danger of debris flow. In: *Erosion and Sediment Transport in Pacific Rim Steeplands*; IAHS Publ.: Christchurch, New Zealand. pp. 576–587.
- [22] Chiu Y. J., Lee H. Y., Wang T. L., Yu J., Lin Y. T., Yuan Y., (2019) Modeling sediment yields and stream stability due to sediment-related disaster in Shihmen Reservoir Watershed in Taiwan. *Water*. 11(2): 332
- [23] Peshevski I., Jovanovski M., Peduto D., Nedelkovska N., Gjorgjiev Gj., (2024) Landslide mapping and zonation at national, regional and local scale – Recent experiences from R. Macedonia. 6th Regional Symp. on Landslides in Adriatic Balkan, Belgrade, 2024
- [24] Bojadjieva J., Fotopoulou S., Bozzoni F., et al. (2025) Harmonized methodology for cross-border hazard and risk assessment of earthquake-induced landslides at regional scale. *Landslides* 22, pp. 2475–2492.
- [25] Stoilov Z., Peshevski I., Jovanovski M., Abazi S., (2025) 3D simulation of rockfalls for State road A3, section v. Istibanja–M. Kamenica. 3rd Macedonian Road Congress, Proceedings. In print.

Рад број 11, категорија Прегледни рад

Наташа Неделковска,
Универзитет св. Кирил и Методије, Граѓевински факултет,
Друштво за инженеринг, пројектовање, консалтинг и обуку, DIPKO DOOEL,
Скопје, Булевар партизанских одреда 24,
n_nedelkovska@hotmail.com, стр. 159

Игор Пешевски,
Универзитет св. Кирил и Методије, Граѓевински факултет,
Скопје, Булевар партизанских одреда 24,
pesevski@gf.ukim.edu.mk,
ORCID: 0000-0002-2748-5795, стр. 159

Милорад Јовановски,
Универзитет св. Кирил и Методије, Граѓевински факултет,
Скопје, Булевар партизанских одреда 24,
jovanovski@gf.ukim.edu.mk,
ORCID: 0000-0002-6261-3721, стр. 159

Јован Папић,
Универзитет св. Кирил и Методије, Граѓевински факултет,
Скопје, Булевар партизанских одреда 24,
papic@gf.ukim.edu.mk,
ORCID: 0000-0002-2952-302X, стр. 159