

**НЕКИ АСПЕКТИ АНТРОПОГЕНОГ УТИЦАЈА НА ГЕНЕЗУ КЛИЗИШТА
НА ТЕРИТОРИЈИ ГРАДА ЈАГОДИНЕ***

МАРКО В. МИЛОШЕВИЋ¹, ПРЕДРАГ МАНОЈЛОВИЋ², САЊА МУСТАФИЋ²

¹Географски институт „Јован Цвијић” САНУ, Буре Јакишича 9/3, Београд, Србија
²Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд, Србија

Сажетак: У раду је анализиран утицај антропогеног фактора на генезу клизишта. Као производ људских животних и привредних активности у простору долази до интродуковања грађевинских објеката, саобраћајне, водоводне и електро инфраструктуре у природни пејсаж. Услове и процесе које ови објекти могу да изазову на релацији *објекат – рељеф*, и да тиме иницирају појаву клизишта, је измена морфометријских карактеристика и измена водног биланса падине. Зона у којој је дошло до квалитативне и квантитативне трансформације рељефа представља интерактивну зону у којој се може сагледати утицај човека као генетског фактора или модификатора овог колувијалног процеса.

Кључне речи: клизиште, објекат-рељеф, антропогени фактор

Увод

Велики је број фактора чије деловање утиче на нестабилност топографске површине. Међутим значај сваког од тих фактора неби требало сагледавати аутономно већ управо кроз синергизовано дејство са осталим факторима. Према Popescu (2001) факторе који утичу на генезу клизишта треба поделити на услове и процесе. Тако ће на пример дубока кора распадања под одређеним нагибом представљати део услова на који треба да делује процес (сеизмизам, падавине) јаког интензитета потребан да изазове овај колувијални процес. Услови и процеси чији утицај није од значаја за иницирање а утичу на интензитет и динамику могу се сматрати модификаторима развоја овог колувијалног процеса.

Под условима се сматрају геологија (литологија, неповољно орјентисани дисконтинуитети, кора распадања), морфометрија (нагиб, експозиција) и морфогенеза рељефа.

Примарна систематизација порцеса би била на ендегене и егзогене. Ендегени процеси су сеизмизам и нетектоника. У егзогене процесе спадају падавине, флувијална ерозија и човек.

Географски положај и просторна дистрибуција клизишта

Територија града Јагодина позиционирана је у централном делу Србије, на коридору X. Припада перипанонској Србији, као део Моравско-вардарске удолине. Простире се на 470 km², обухватајући северни део Горњовеликоморавске котлине,

* Рад представља резултате истраживања пројекта 146011 који финансира Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије.

долину Белице, Лугомира и доњи ток Осанице. Највиша тачка општине је на 708 m н.в. (Црни врх) на простору КО Горње Штипље, а најнижа на 105,2 m н.в. у насељу Милошево, где Велика Морава пресеца административну границу општине. Просечна надморска територије је 229 m. Терен је нагнут од југа према северу и оед запада према истоку, а генерално гледано од југозапада према северу-североистоку. Град Јагодина има 53 насеља и катастарских општина (Службени гласник 129/07) у којима је према попису из 2002. године живело 76.221 становник.

Према просторној дистрибуцији клизишта, на територији града Јагодина могу се издвојити три зоне. То су:

- простори са системском појавом клизишта
- простори са појединачним појављивањем клизишта
- простори без појаве клизишта.

Системска појава клизишта карактеристична је за просторе који су литолошки представљени неогеним седиментима. Генеа клизишта у овој зони условљена је регионалним геолошко-литолошким и морфолошким структурама тако да је развијеност знатна (Милошевић, М.В. и др. 2008). Зоне са појединачно развијеним клизиштима везане су за планински обод Црног врха и алувијалну раван Белице и Слагинског потока (Милошевић, М.В. и др. 2009). Морфогенетски типови рељефа одређених морфометријско-литолошких карактеристика као што су алувијалне равни (без појаве рововских корита), језерске и речне терасе представљају просторе без појаве клизања терена (Милошевић, М.В. 2008).

Рад има за циљ сагледавање антропогеног утицаја на генезу и динамику пет клизишта на територији града Јагодине. Анализирана клизишта позиционирана су у зони са системском појавом клизишта.

Табела 1. Основне карактеристике анализираних клизишта.

број	Катастраска општина	Позиција клизишта		литологија	дубина	Клизиште угрожава
		x	x			
1.	Буковче	7518757,03	4873478,80	неоген	≤ 1 m	Локални пут
2.	Врба-Липовак	7510187,91	4864350,09	неоген	≤ 5 m	асфалтни пут
3.	Врба-Липовак	7509951,75	4864401,96	неоген	≤ 5 m	асфалтни пут
4.	Шуљковац	7515665,19	4863628,25	неоген	≤ 5 m	асфалтни пут
5.	Лукар	7512683,56	4860582,84	неоген	≤ 1 m	асфалтни пут

Методологија истраживања

При утврђивању антропогеног утицаја на генезу клизишта пошло се од картирања и рекогносцирања терена. Коришћењем GPS уређаја марке Trimble Juno извршено је позиционирање клизишта (x, y, z). Положај клизишта чија је површина мања од 3000 m² представљен је тачкастом јединицом која се састоји од координатног пара XY. За површине клизишта веће од 3000 m² вршено је ареално снимање које се састоји од скупа координатних парова XY. Рекогносцирањем терена прикупљени су основни подаци *in situ* на основу којих су добијене смернице за даље истраживање генезе клизишта. Прикупљени подаци дати су у виду скица и фотографија које садрже податке о морфолошким и хидролошким карактеристикама терена као и податке о антропогеном утицају на овај колувијалан процес.

За анализу морфохидролошког слива картираних клизишта коришћен је растерски географски информациони систем (ГИС) програм IDRISI (Andi). У овом програму је генерисан дигитални модел висина (ДМВ) у облику гридне ћелије величине 50 x 50 m. Дигитални модел висина сачињен је на основу топографских карата 1:25.000 у Гаус-кригеровој пројекцији. Помоћу ГИС пакета IDRISI

растеризована су клизишта која су картирана методом тачака (једно клизиште заузима једну GRIDNU хелију). Растерском анализом у IDRISI-ју детерминисане су површине које утичу на формирање водног биланса проучаваних клизишта.

Интеракција објекат–рељеф

Као производ људских животних и привредних активности у простору долази до интродуковања грађевинских објеката, саобраћајне, водоводне и електро инфраструктуре у природни пејсаж. Услове и процесе које ови објекти могу да изазову на релацији *објекат – рељеф*, и да тиме иницирају појаву клизишта, је измена морфометријских карактеристика и измена водног биланса падине.

Зона у којој је дошло до квалитативне и квантитативне трансформације рељефа представља интерактивну зону у којој се може сагледати утицај човека као генетског фактора или модификатора овог колувијалног процеса.

Генеза и динамика клизишта могу бити условљене различитим интеракцијама "објекат – рељеф". Примарна подела интеракција "објекат – рељеф" према систематизацији Соње Цветковић-Мркић и Иве Јањића, која је извршена према врсти изазваних промена је на: физичку и хемијску (табела 2).

За изучавање овог колувијалног процеса највећи значај имају механичка и хидрауличка интеракција као конститутивни делови физичке интеракције, јер њихов резултат деловања може довести до нестабилности падине и непосредно угрозити објекат.

Табела 2. Основни типови интеракције терен-објекат
(по Цветковић-Мркић, С. и Јањић, И. 1996)

Физичка интеракција		Хемијска интеракција
Механичка	статичка	Измена хемијског састава изданских вода
	динамичка	
Хидрауличка	хидростатичка	Измена састава чврсте фазе
	хидродинамичка	Директно увођење хемијски активних супстанци
Топлотна		Агресивно деловање на грађевински материјал и др.
Радиоактивна		
Друго		

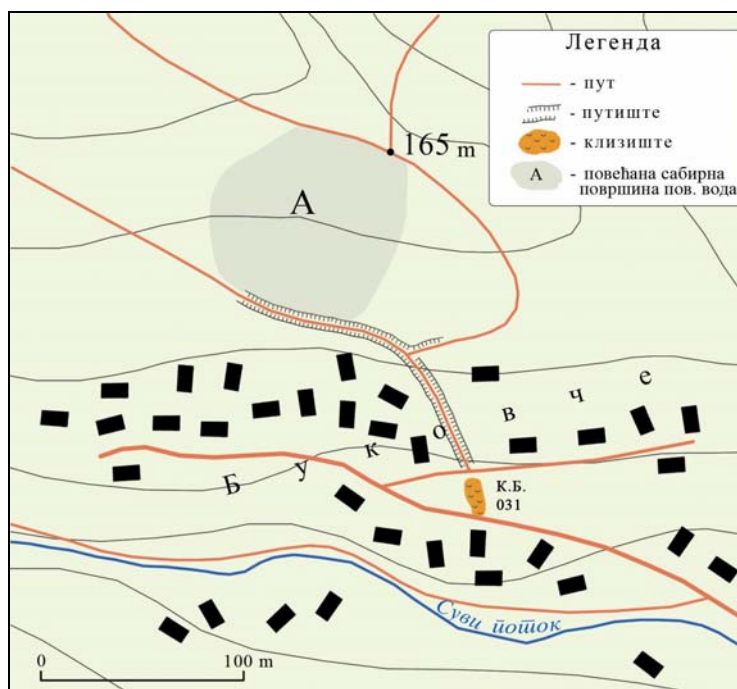
Механичка интеракција манифестује се кроз промену стања напона и деформација у простору интеракције. Као најчешћи разлози који доводе до промена су: промена морфометријских карактеристика падине (засеци, усеци), прихватање оптерећења од објеката, деловање концентрисаних сила и динамичких оптерећења у току коришћења објекта, измене режима издани (Цветковић-Мркић, С. и Јањић, И. 1996). Према систематизацији клизишта професора Лазаревића (2000), клизишта која настају на предходно потпуно стабилном терену као последица измене морфометријских карактеристика, човек се може сматрати генетским фактором. Пример оваквих клизишта није утврђен на територији општине Јагодина.

Хидрауличка интеракција дефинисана је хидростатичким и хидродинамичким деловањем слободних подземних и површинских вода. Промена интезитета хидростатичког притиска подземних вода је један од најчешћих разлога иницирања клизишта. До флукуације хидростатичког притиска долази као последица измене водног биланса падине. Узроци који доводе до измене водног биланса падине су:

- повећање сабирне површине;
- неодржавање геотехничких мелиоративних објеката;
- комунална неопремљеност.

Повећање сабирне површине падине је један од начина антропогеног повећања водног биланса. Овај процес подразумева да се са одређене топографске површине површински отицај увлачи у суседни субслив коме природно не гравитира. Током теренских истраживања на територији општине Јагодина детерминисане су две морфоскулптуре које имају трансмисиону функцију, односно уз помоћу којих се врши пребацивање површинских вода из једног у други субслив. То су путишта и дренажни канали.

Смањена инфилтрација тла, као последица збијености, дуж сеоских путева доводи до интензивног развоја линијске ерозије (Petrović, D i Manojlović, P. 1997). То доводи до стварања *пужишта* (путева-јаруга) дубине и до 3 m. Ови антропогено иницирани облици рељефа захваљујући својим морфолошким карактеристикама и трасом која дијагонално засеца изохипсе задобијају улогу хидролошког трансмитера. Тиме ови облици рељефа често уведу површинске воде са падине у суседне субсливове чиме повећавају сабирну површину. Један од примера је и клизиште 1, које је активирано управо захваљујући повећању сабирне површине падине (сл. 1). Ареал (А) означен на слици 1 представља "пиратерисан" део падине који је увучен у слив суседне у чијем подножју је дошло до формирања плитког клизишта. Вода је каналисана локалним путем који се усекао у дубини од 1,5 m. У зони мењања правца пружања пута који из нормалног положаја у односу на изохипсу прешао у паралелан, дошло до инфилтрације ових каналисаних површинских вода и формирања клизишта клизиште 1.



Слика 1. Пример антропогеног повећања водног биланса падине. Суви поток, Буковче.

Дренажни канали, као геотехнички мелиоративни објекти, изведени су у функцији уређења терена дуж локалних и регионалних саобраћајница. Ове антропогене морфоскулптуре, такође имају трансмисиону хидролошку функцију како је утврђено рекогносцирањем клизишта на територији општине Јагодина. На

регионалном путу Јагодина-Бунар-Горња Сабанта-Крагујевац који је изграђен почетком II светског рата (завршен 1942. године), на територији катастарске општине Врба картирана су два клизишта (број 2 и3). Оба клизишта угрожавају овај регионални пут. Пролећа 1942. године дошло је до активирања клизишта 3, што је довело до прекида ове комуникације. Према речима локалног мештанина немачке окупационе снаге извеле су санацију овог клизишта, у којој је и сам учествовао. Трагови санације су и данас видљиви, представљени шиповима који се налазе испод пута. Као један од потенцијалних фактора узет је и дренажни канал са горње стране пута који је одводио воде и са падина суседних субсливова. Како је нагиб канала био мали под налетом велике количине воде, током 1942. године, дошло је до инфилтрирања што је заједно са другим факторима допринело активирању клизишта. Чињеница која иде у прилог овој тези је да клизиште није захватило простор изнад пута већ од самог од канала па низ падину. Уједно овом чињеницом искључује се и могућност да је клизиште активирано као последица измене морфометријских карактеристика (механичке интеракције). Такође неки страни аутори наводе да и водоводни инфраструктурни објекти услед одређеног акцидента (пуцања цеви) могу довести до антропогеног повећања водног биланса падине и тиме иницирати клизишта (Ertek, T. A. & Erginal, A. E. 2006).

Неодржавање геотехничких мелиоративних објеката. Дренарање је метод чији се принцип темељи на уклањању или ограничавању и контроли утицаја услед течења слободне подземне воде, ради остварења повољнијих услова грађења или потребне трајне сигурности интеракције терен – објекат. Неадекватним управљањем дренажним објектима, долази до нарушавања својстава и понашања стенске масе а тиме и иницирања развоја клизишта. На територији општине Јагодина констатована је појава запуштених пропусника као и затрпани делови дренажних канала. Ова појава проузроковала је појаву клизишта која су захватила труп пута као и косину испод пута састављену од неогених седимената.



Слика 2. Запушен пропусник у насељу Шуљковац. Клизиште КБ 149

Као последица јавила се већа количина транзитне воде која се инфилтрирала у тачкама топографске површине где је дошло до успоравња или заустављања његовог површинског отицаја. Потом је ова појава проузроковала стално висок ниво подземне воде која није адекватно одведена из трупа пута. Као пример може се

навести клизиште у насељу Лукар са доње стране пута Јагодина –Урсуле (клизиште 5) и клизиште 4 у Шуљковцу код кога је констатовано да је запушен пропусник. На овимликалитетима такође је утврђена појава да се вода из јаруга директно разлива на труп пута, што се такође стимулативно одразило на развој овог колувијалног процеса.

Комунално неопремљени и неуређени поједини делови простора представљени појавом септичких јама, изостанком канализације отпадних и атмосферских вода такође могу довести до измене водног биланса падине. На територији општине канализациона мрежа постоји једино у граду Јагодини и периурбаним насељима, док остала насеља нису покривена овим видом инфраструктуре. Потрошне и фекалне воде које продукују домаћинства у деловима где не постоји канализациона мрежа принуђена су да их складиште у локалним колекторима - септичким јамама.

Посредством ових објеката долази до константне инфилтарције отпадних вода што временом може иницирати или убрзати активирање потенцијалних клизишта. Према неким ауторима (Лазаревић, Р. 2000) континуирано отицање ових вода доводи и до механичке суфозије у правцима подземног отицања чиме се детерминише развој будуће потенцијалне клизне равни.

Закључак

Као што се може закључити карактер и интензитет промена својства и стања стенских маса у склопу терена као природне конструкције изазваних грађењем и коришћењем одређених објеката, могу бити разлог активирања клизишта. Антропогени утицај на развој клизишта може бити директан или индиректан. Према времену трајања они су са трајним (хидрауличка интеракција) или временски ограниченим дејством (измена морфометријских карактеристика) а према континуитету деловања непрекидни (септичке јаме) или периодично изражени (дренажни канали). Такође, са временом може доћи и до промене интензитета одређеног утицаја.

Литература

- Гамс, И. (1983). Географија и проучавање природних непогода. У зборнику *"XI конгреса географа СФРЈ"*, Београд: Савез географских друштава СФРЈ, Титоград: Географско друштво СР Црне Горе
- Ertek, T. A. and Erginal A. E. (2006). Anthropogenetically triggered landslide factors of the Varyant landslide area at Büyükcemece, NW Turkey. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50 (2), 177-191.
- Komac, B. & Zorn, M. (2007). *Pobočni procesi in človek*. Ljubljana: Geografski inštitut Antona Melika ZRS SAZU. Geografija Slovenije 15
- Мустафић, С. (2007). Неки аспекти антропогеног утицаја на интензитет ерозивних процеса у сливу Темштице. *Гласник Српског географског друштва*, 87 (1), 23-30
- Цветковић-Мркић, С. и Јањић, И. (1996). Интеракција терен-објекат и геотехничке мелиорације. У зборнику радова *"XI Југословенски симпозијум о хидрогеологији и инжењерској геологији"*, књига II.
- Драгићевић, С., Новковић, И., Милутиновић, М. (2009). Промене интензитета ерозије на територији општине Зајечар. *Гласник Српског географског друштва*, 89 (4), 3-10
- Лазаревић, Р. (2000). *Клизишта*. Београд: Удружење бујичара Југославије.
- Popescu, M. E. (1996). *From landslide Causes to landslide Remediation, special lecture*. Proc. 7th Internationale Symposium, Trondheim, p 75-96
- Драгићевић, С. и Степић, М. (2006). Промене интензитета ерозије у сливу Љига. Утицај антропогеног фактора. *Гласник Српског географског друштва*, 86 (2), 37-44.
- Vojnogeografski institut / VGI topografska karta 1: 25 000, *Listovi Bagrdan, Dragocvet, Ratković, Belušić, Gornje Komarice, Svetozarevo, Veliki Popović, Potočac*. Beograd
- Vujisić, T., Nevala, M., Lončarević, Č., Kalenić, M., Hadživuković, M. i Milićević, D. (1980). List Lapovo. Beograd: Savezni geološki zavod, OGK, 1:100 000
- Милошевић, М.В., Ђалић, Ј., Панић, М. (2009). Клизишта у кварталним седиментима Белице. *Гласник Српског географског друштва*, 89 (4), 17-35
- Милошевић, М.В., Милановић, А. (2008). Сеизмизам као генетски фактор клизишта у сливу Белице. *Гласник Српског географског друштва*, 88 (1), 43-52

SOME ASPECTS OF ANTHROPOGENIC INFLUENCES ON THE LANDSLIDE GENESIS ON THE TERRITORY OF MUNICIPALITY OF JAGODINA

MARKO V. MILOŠEVIĆ¹, PREDREG MANOJLOVIĆ², SANJA MUSTAFIĆ²

¹Geographical Institute "Jovan Cvijić" Serbian Academy of Sciences and Arts, Đure Jakšića 9/3, Belgrade, Serbia

²University of Belgrade-Faculty of Geography, 3/3 Studentski trg, Belgrade, Serbia

Abstract: The influence of anthropogenic factor on the landslide genesis is analyzed in this paper. Buildings, traffic, water supply and electro infrastructure are introduced in natural landscape as the result of human, living and economic activities in space. The conditions and processes which these objects can cause on the relation *object-relief, and therefore* initiate the occurrence of landslides, are the change of morphometric characteristics and the modifications of the water balance of slope. The zone with both qualitative and quantitative transformations of relief represents interactive zone in which the influence of man as a genetic factor or modifier of this colluvial process can be observed.

Key words: landslide, object-relief, anthropogenic factor

Introduction

There are numerous factors which influence the instability of topographic surface. However, the importance of each of these factors should not be observed autonomously but through synergy with other factors. According to Popescu (2001) the factors which influence the genesis of landslide should be divided on the conditions and processes. Therefore, for example deep crust of disintegration under some inclination angle represents a part of condition on which the process (seismic, precipitation) of high intensity should act in order to initiate this colluvial process. The conditions and processes which are not of great importance for initiating landslides, but have great influence on their intensity and dynamics, can be considered as modifiers of development of this colluvial process.

Geology (lithology, unfavorably oriented discontinuities and disintegration crust), morphometry (inclination, exposition) and morphogenesis of relief are considered as conditions.

Primary systematization of processes would be on endogenic and exogenic processes. Endogenic processes are seismic and non-tectonic. Exogenic processes are precipitation, fluvial erosion and man.

Geographic location and spatial distribution of landslide

The territory of the city of Jagodina is located in the central part of Serbia, on the corridor X. It belongs to Peripannonian Serbia, as a part of Moravsko-Vardarska depression. It stretches on 470 km², encompassing northern part of Gornjovelikomoravska basin (the basin of the upper flow of the river Velika Morava), valley of the river Belice, the river Lugomir and lower flow of the river Osanice. The highest point of the municipality is at 708 m of altitude (Crni vrh) in the area of CC(Cadastre Community) Gornja Stiplja, and the lowest point is at 105,2 of altitude in Miloševo settlement where the river Velika Morava cuts the administrative border of the municipality. The average altitude of the territory is 229 m. The terrain is inclined towards south and from the west to the east, and generally observed, from the south-west towards north-north-east. The city of Jagodina has 53 settlements and cadastre municipalities (Official Journal 129/07) in which, according to the Census of 2002, lived 76, 221 inhabitants.

According to the spatial distribution of landslides on the territory of the city of Jagodina three zones can be singled out. They are:

- Areas with systematic occurrences of landslides
- Areas with individual occurrences of landslides
- Areas without landslide occurrences

Systematic occurrences of landslides are characteristic for the areas which are lithologically presented with Neogene sediments. The landslide genesis in this zone is conditioned by regional geologic-lithologic and morphologic structures so their development is considerable. (Milošević, M.V. et al. 2008). The zones with individually developed landslides are connected to mountainous borders of Crni Vrh and alluvial plain of the river Belice and the stream Slatinski potok (Milošević, M.V. et al. 2009). Morphogenetic types of relief of certain morphometric-lithologic characteristics such as alluvial plains (without occurrences of trench channels), lake and river terraces represent areas without landslide occurrence (Milošević M.V. 2008).

The objective of this paper is observation of anthropogenic influence on the genesis and dynamics of five landslides on the territory of the city of Jagodina. The analyzed landslides are located in the zone with systematic occurrences of landslides.

Table 1. Basic characteristics of the analyzed landslides

number	Cadastre municipality	Landslide location		Lithology	The depth	The landslide endangers
		X	X			
1.	Bukovče	7518757,03	4873478,80	Neogene	≤ 1 m	Local road
2.	Vrba-Lipovak	7510187,91	4864350,09	Neogene	≤ 5 m	Asphalt road
3.	Vrba-Lipovak-Lipovak	7509951,75	4864401,96	Neogene	≤ 5 m	Asphalt road
4.	Šuljkovac	7515665,19	4863628,25	Neogene	≤ 5 m	Asphalt road
5.	Lukar	7512683,56	4860582,84	Neogene	≤ 1 m	Asphalt road

Research methodology

Mapping and terrain recognition were starting points in establishing the anthropogenic influence on the genesis of the landslide. Using GPS devices of Trimble Juno brand the landslides (x, y, z) were located. The location of the landslides with the surface less than 3000 m² is represented by point unit composed of coordinative pair XY. For the landslide surfaces larger than 3000 m² aerial photographs were taken which consist of clusters of coordinative pairs XY. Using terrain recognition the basic data were collected *in situ* which provided directives for further research of landslide genesis. The collected data are given in terms of drafts and photographs which contain data on morphologic and hydraulic characteristics of terrain as well as the data on anthropogenic influence on this colluvial process.

A raster-based Geographic Informational System (GIS) IDRISI program (Andi) was used for the analysis of morpho-hydrologic basin of the mapped landslides. Digital Elevation Model (DEM) in the form of grid cell of 50x 50m size was generated in this program. Digital Elevation Model was created according to topographic maps 1:25.000 in Gaussian-Krieger projection. Using GIS packet of IDRISI the landslides were integrated into raster-based program and mapped by the method of points (one landslide takes one grid cell). The surfaces which influence the formation of water balance of the studied landslides were determined by raster-based analysis in IDRISI.

Interaction object-relief

The result of human living and economic activities in space is the introduction of buildings, traffic, water supply and electro infrastructure in natural landscape. The conditions and processes that these objects can cause on the relation *object-relief*, and therefore initiate landslide occurrence, are the change of morphometric characteristics and the change of water balance of a slope.

The zone in which qualitative and quantitative transformation of relief occur represent interactive zone in which the influence of man as a genetic factor or modifier of this colluvial process can be observed.

The genesis and dynamics of landslides can be conditioned by various "object-relief" interactions. The primary division of the interactions "object-relief", according to the systematization of Sonja Cvetković- Mrkić and Iva Janjić, performed on the basis of the type of the caused changes, is on : physical and chemical interactions. (table 10).

Mechanical and hydraulic interactions are the most important for studying this colluvial process as constitutive parts of physical interaction since the result of their activity can cause the instability of slope and immediately endanger the object.

**Table 2. Basic types of terrain-object interaction
(according to Cvetković- Mrkić, S. and Janjić I., 1996)**

Physical interaction		Chemical interaction
Mechanical	Static	The change of chemical structure of groundwater
	Dynamical	
Hydraulic	Hydrostatic	The change of structure of the solid phase
	Hydrodynamic	Direct introduction of chemically active substances
Thermal		Aggressive activity on construction material and other.
Radioactive		
Other		

Mechanical interaction is manifested through change of the state of pressure and deformation in the space of interaction. The most common reasons which cause the changes are: the change of morphometric characteristics of slope (undercutting, cutting), receiving pressure from objects, activity of concentrated forces and dynamic pressure while using the objects, the change of the regime of groundwater (Cvetković-Mrkić S., and Janjić, I. 1996). According to professor Lazarević's (2000) systematization of landslides , a man can be considered as a genetic factor for occurrence of landslides when they are formed on the previously completely stable terrain as the consequence of morphometric characteristics. The example of these landslides has not been found on the territory of the municipality of Jagodina..

Hydraulic interaction is defined with hydrostatic and hydrodynamic activity of free ground and surface waters. The change of intensity of hydrostatic pressure of ground waters is one of the most common reasons for initiating landslides. The fluctuation of hydrostatic pressure is the consequence of the change of water balance of a slope. The reasons which cause the change of water balance of a slope are:

- the increase of accumulation surface ;
- inadequate maintenance of geotechnical land reclamation objects;
- insufficient communal equipment

The increase of accumulation surface of slope is one of the methods of anthropogenic increase of water balance. This process means that surface run-off from some topographic surface flows into adjacent sub basin to which it does not naturally gravitate. During the field research on the territory of the municipality of Jagodina two morphosculptures are

determined which have transmission function, or, with the help of which surface waters move from one to another sub basin. These are road-ditches and drainage channels.

Lower infiltration of ground, as the consequence of closeness, along the rural roads causes intensive development of linear erosion (Petrović, D i Manojlović, P. 1997). It causes the formation of putista (road-ditches) which can be even 3m deep. These landforms initiated by anthropogenic influences, thanks to their morphologic characteristics and the route which diagonally cuts isohypsometric lines, receive the role of hydrologic transmitters. Therefore, these landforms often bring surface waters from slopes into adjacent sub basins and thus increase accumulation surface. One of the examples is landslide 1 which was exactly activated by increase of accumulation surface of slope (fig.1). Aerial (A) marked on the figure 1 represents “ piracy “ part of the slope which was drawn into basin of adjacent slope forming a shallow landslide in its foot. Water was channeled by local road which was cut into the depth of 1,5m. In the zone where the road changes its direction from the normal position in relation to isohypsometric line into the parallel one, the channeled surface waters infiltrated and formed the landslide.

Figure 1. The example of anthropogenic increase of water balance of slope. Suvi potok, Bukovče

Drainage channels, as geotechnical land reclamation objects, are built with the function to arrange terrains along local and regional traffic arteries. These anthropogenic morphosculptures also have transmission hydrologic function, as it was established by landslide recognition on the territory of the municipality of Jagodina. On the regional road Jagodina-Bunar- Gornja Sabanta-Kragujevac which was built at the beginning of the World War II (finished in 1942) on the territory of cadastre municipality of Vrba two landslides were mapped (number 2 and 3). Both landslides endanger this regional road. The landslide 3 was activated in spring of 1942 which caused the break of this communication. According to the words of a local resident, German occupational forces improved this landslide, and he also took part in this improvement. The traces of improvement are visible even today, presented with rods which are located below the road. The drainage channel from the upper side of road which drained waters from the slopes of adjacent sub basins was also taken as one of potential factors. As the inclination of channel was small under the outflow of large quantity of water it caused the infiltration which with other factors brought to the activation of this landslide during 1942. The fact which speaks in favour of this thesis is that the landslide did not cover the area above the road but only from the channel down the slope. At the same time, the possibility that the landslide was activated as a consequence of the change of morphometric characteristics (mechanic interaction) was also rejected with this fact. Also, some foreign authors state that water supply infrastructural objects in the case of some accident (pipe break) can also cause anthropogenic increase of water balance of slope and therefore initiate landslide. (Ertek, T. A. & Erginal, A. E. 2006).

Inadequate maintenance of geotechnical land reclamation objects. Draining is a method based on removal or limitation and control of the inflow during the flow of free surface water in order to set up favourable conditions for building or needed permanent security of terrain- object interaction. Inadequate management of drainage objects disturbs the qualities and behavior of rock masses and therefore initiates the development of landslide. Neglected bandpass and buried parts of drainage channels were registered on the territory of the municipality of Jagodina. This incidence caused the occurrence of landslides which covered trunk of the road and slope below the road composed of Neogene sediments.

Figure 2. Clogged bandpass in the settlement Šuljkovac. Landslide KB 149

The result was large quantity of transit water which infiltrated in the points of topographic surface where its surface run-off slowed down or stopped. Then, this

occurrence caused permanently high level of surface water which was not adequately drained from the trunk of the road. The examples are the landslide in settlement Lukar from the down side of the road Jagodina-Ursule (landslide 5) and landslide 4 in Šuljkovac where clogged bandpass was registered. Additionally, it was found that the water from ditches directly spread over the trunk of road, which also stimulated the development of this colluvial process.

Some parts of the area are communally unequipped and disarranged presented with septic tanks, the absence of sewerage system for waste and atmospheric waters, which can also cause the modification of water balance of slope. The network of sewerage system only exists in the city of Jagodina and in periurban settlements, while other settlements are not covered with this type of infrastructure. Also, running and fecal waters are produced in households without sewerage system so people are forced to store them in local collectors-septic tanks. Waste waters are constantly infiltrated using this system which can in time initiate or fasten activation of potential landslide. According to the authors (Lazarević, R. 2000) continuous run off of these waters causes mechanical suffusion in the direction of surface run-off by which the development of future potential slide plane is determined.

Conclusion

As it can be concluded the reasons for landslide activation can be the character and the intensity of the change of characteristics and the state of rock masses in the scope of terrain as natural construction caused by building and using some objects. Anthropogenic influence on the development of landslide can be direct or indirect. According to the time duration they can have lasting (hydraulic interaction) or time limited activity (the change of morphometric characteristics) and discontinuous (septic tanks) or periodically expressed (drainage channels) according to continuity. Also, in time, the intensity of some influence can change as well.

References

See References on page 144