Klizišta i štete na objektima nastale kao posledica intezivnih padavina u opštini Krupanj

SONJA M. OKANOVI, Geološki zavod Srbije, Beograd

Stručni rad

UDC: 551.435.62:711.42/45(497.11)

DOI: 10.5937/tehnika1601048D

Sredinom maja 2014 intezivne padavine zahvatile su Srbiju i izazvale poplave i klizišta. Najugroženiji su bili zapadna i centralna Srbija i područje Beograda. Opština Krupanj je jedna od opština koja je bila najviše pogođena prirodnim nepogodama. Najveće količine padavina bile su u periodu 14-16. maja i one su prouzrokovale poplave i klizišta. Najveći broj klizišta je aktiviran u nisko kristalastim škriljcima paleozojske starosti. Ova klizišta su klasifikovana kao površinska, plitka i duboka. Na prostoru opštine Krupanj 26 objekata je uništeno usled klizišta a 69 usled poplava. Ukupno je oštećeno ili srušeno 389 objekata. Procenjena šteta u oblasti stanovanja meri se milionima evra.

Ključne reči: padavine, klizišta, poplave, objekti, Krupanj

1. UVOD

Intezivne padavine su jedan od najčešćih povoda aktiviranja klizišta [1, 2, 3, 4]. Klizišta koja su se aktivirala kao posledica intenzivnih padavina zabeležena su u Indiji, Kini, Japanu, Vijetnamu, Češkoj, Italiji i drugim zemljama. Ekstremne padavine kratkog inteziteta (dnevne ekstremne količine), njihova brza infiltracija koja dovodi do zasićenja tla i trenutnog porasta pritiska, su osnovni mehanizam dejstva aktiviranja plitkih klizišta [5].

Opština Krupanj je tokom maja 2014 godine bila zahvaćena intezivnim padavinama koje su dovele do poplava i aktiviranja klizišta. Kao posledica toga došlo je do rušenja i oštećenja brojnih objekata pre svega stambenih od kojih je jedan broj postao neupotrebljiv za stanovanje i korišćenje.

Opština Krupanj nalazi se u zapadnoj Srbiji pripada Mavanskom okrugu. Površine je 342 km². Ima ukupno 23 naselja i 17.295 stanovnika (2011). U morfološkom pogledu, predstavlja brdsko-planinski teren sa nadmorskim visinama od 280-973 m. Grad Krupanj (280 mnv) je smešten u dolini reke Ravice, Bogoštica i Kržave i njihovim spajanjem nastaje reka Likodra. Grad je okružen planinama Boranje (856 mnv), Jagodnje (939 mnv) i Sokolske planine (973 mnv). Oblast se karakteriše umereno kontinentalnom klimom sa elem-

entima subplaninske u višim predelima.

Cilj ovog rada je da prikaže posledice padavina u maju 2014. i njihov uticaj na proces klizanja, kao i štetu nastalu na stambenim objektima. Ovim radom se ukazuje na značaj i potrebu da se nakon ovakvih dešavanja izvrši identifikacija klizišta nastalih kao posledica intenzivnih padavina.

2. GEOLOŠKA GRAĐEVINA

Istražni prostor se odlikuje složenom geološkom građom a pripada jadranskoj oblasti razvija se. Najstariji sedimenti predstavljeni su paleozoikom u kojem su razvijene tvorevine devona, karbona i permiana. Sedimenti paleozoika imaju dominantno razvijene na istražnom prostoru. Nerašlani devon i karbon (D,C) i pesčari i škriljci dok se argilošisti i filiti javljaju kao proslojci. Osnovna karakteristika ove jedinice je vertikalna smena pesčarskih i glinovitih stena. Rasprostranjena je u široj okolini Krupnja.

Karbonski sedimenti su predstavljeni srednjim karbonom (C₂) u okviru kojih su izdvojeni kretnjaci i argilofoliti namirskog kata, kretnjaci baškiskog kata i glineni škriljci, rešeni kvarcni pesčari baškiskog kata. Permske tvorevine imaju malo razvijene. Razlikuju se dva superpoziciona paketa: stariji (P₂) predstavljen terigenim sedimentima – kvarcnim pesčarima i peskovito – glinovitim škriljcima i mlađim (P₃) predstavljenim slojevitim kretnjacima, glincima i pesčarima.

Mezozoik je predstavljen donjim trijasom i kredom. Trijasko tvorevine (T) predstavljene su slojevitim

Adresa autora: Sonja Okanovi, Geološki zavod Srbije, Beograd, Rovinjska 12

Rad primljen: 25.08.2015.

Rad prihvaćen: 16.12.2015.

i bankovitim kre njacima i peš arima odnosno kre njacima, peš arima i glinenim škriljcima. Kredni sedimenti (K) predstavljeni su masivnim kre njacima tura.

Kvartarni sedimenti su zastupljeni u dolinama Bogoštica, Kržave, avice i Likodre. Predstavljeni su aluvijalnim sedimentima (al).

U tektonskom pogledu istražni prostor pripada jadranskoj oblasti koju karakteriše odsustvo kraljuštanja i navla enja. Disjunktivni poreme aji u ovoj oblasti su ja e izraženi od plikativnih. Manji naborni oblici javljaju se naj eš e uz razlome ve eg intenziteta.

3. METEOROLOŠKI PODACI

Za istraživanu oblast prikupljeni su podaci sa dve najbliže klimatološke stanice. Podaci o padavinama preuzeti su iz Meteorološkog godišnjaka za 2014.

Za potrebe ovog rada uzeti su podaci za stanice Loznica i Krupanj. Klimatološka stanica Krupanj nalazi se na 280 mnv. Predstavlja obi nu stanicu (OB) na kojoj se merenja vrše od 1958. Klimatološka stanica Loznica nalazi se na 121 mnv i predstavlja glavnu stanicu (GL) na kojoj se merenja vrše od 1951.

Majska (2014) koli ina padavina na teritoriji Srbije prikazana je na slici 1 [6]. Sa slike se vidi da su najve e koli ine padavina zabeležene u Loznici, Valjevu i Beogradu.

Slika 1 – Koli ine padavina u maju 2014 [6]

Najviše padavina je bilo u periodu od 14-16. maja (slika 2) kada su zabeležene znatno ve e koli ine

padavina nego što su normale za period 1961-1990 (slika 5). Tom prilikom je u jednom danu (15.maja) izru eno više od maksimalne dnevne koli ine padavina za taj mesec.

Slika 2 – Dnevne koli ine padavina (prema podacima RHMZ obrada S. okanovi)

Prema podacima Hidrometeorološkog zavoda ura en je dijagram ukupnih mese nih koli ina padavina (slika 3) i maksimalnih koli ina padavina (slika 4) za 2014.

Slika 3 – Ukupne mese ne koli ine padavina za 2014 (prema podacima RHMZ obrada S. okanovi)

Ukupna mese na koli ina padavina (maj 2014) na GL Loznica, iznosila je 314.6 mm. To je daleko ve a koli ina nego što je prose na vrednost za maj.

Slika 4 – Maksimalne koli ine padavina za 2014. (prema podacima RHMZ obrada S. okanovi)

Slika 5 – Suma padavina, maksimalna količina padavina i normale za stanicu Loznica u 2014. (prema podacima RHMZ obrada S. okanovi)

Na osnovu podataka iz literature [7] vidimo da su raene analize padavinskih trendova za period od 60 godina (1951-2010) i to za 27 stanica među kojima je i stanica u Loznici. Na osnovu dobijenih podataka vidi se da su najviše utvrđene prosečne vrednosti godišnjih padavinskih suma zabeležene u zapadnoj i jugozapadnoj Srbiji (Loznica 844,8 mm; Valjevo 806,6 mm; Požega 737,1 mm i Sjenica 734,5 mm). Ovo povećanje padavina beleži se od 1990-tih. Statistika značajno povećanje padavina dobijeno je za stanicu Loznica (1951 mm/godina).

4. METODOLOGIJA

Kancelariju za pomoć i obnovu je imala zadatak da evidentira sve srušene i objekte koji su rešenjem inspekcijskog organa zabranjeni za stanovanje usled oštećenja od poplava i klizišta. Jedinstven upitnik je popunjavan od strane članova timova koji su u saradnji sa

predstavnicima lokalne vlasti obilazili i evidentirali objekte.

Podaci o klizištima prikupljeni su na terenu od strane inženjera geologije-geotehnika u periodu jun-septembar 2014. Broj evidentiranih objekata je bio veći nego broj klizišta jer je bilo slučajeva da na jednom klizištu ima nekoliko kuća. Terenskim radom nisu evidentirana sva aktivirana klizišta već samo ona koja su ugrožavala objekte.

Kategorizacija oštećenih objekata izvedena je prema tipu kuće/objekta i vrsti štete. Prema tipu kuće izdvojeno je 5 kategorija: H₁ – zasebna, trajna, od cigle (>150 m²), H₂ – zasebna, trajna, od cigle (80 - 150 m²), H₃ – zasebna, trajna, od cigle (<80 m²), H₄ – pojedinačna, improvizovane privremene kuće i H₅ – stambena zgrada. Prema vrsti štete izdvojene su 4 kategorije: D₁ – potpuno uništene usled klizišta, D₂ – potpuno uništene usled poplava, D₃ – delimično strukturalna oštećenja i D₄ – privremeno poplavljena [8].

Za potrebe izrade ovog rada korišćen je satelitski snimak Pleiades za prostor Krupnja od 21. maja 2014. (www.geosrbija.rs).

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Reke Raava, Kržava i Bogaštica predstavljaju reke bujnog karaktera koje su nanele najveću štetu u gradu (slika 6). Duž rečnih korita došlo je do erozije obale i usled toga do proboja nasipa. Reka Raava je bila regulisana na delu toka kroz Krupanj odnosno od km 0+132 do km 1+936.50 [9]. Međutim usled poplave došlo je do razaranja korita i proboja nasipa a objekti u zoni oko toka su odneti (slika 7). Prema podacima iz opštine 27 objekata je odneto bujnom poplavom u gradu. Veliki broj objekata je oštećen usled poplave duž toka Raave [10].

Slika 6 – Krupanj posle poplave (www.geosrbija.rs, obrada S. okanovi)

Prilikom povlačenja Raave u korito došlo je do aktiviranja klizišta na desnoj dolinskoj strani (slika 8) dok na levoj nije zabeleženo nijedno klizište. Obe dolinske strane izgrađuju stenske mase paleozojske

starosti (D,C) koje su litološki predstavljene argilošistima, filitima i škriljcima koji se relativno lako raspadaju do iveraste drobine i glinovite raspadine. Do kliženja u ovim stenskim masama dolazi uglavnom u površinski raspadnutoj zoni.

Slika 7– Oštećeni stambeni objekti na levoj dolinskoj strani a) i desnoj (foto S. Okanovi)

Slika 8 – Srušeni i oštećeni stambeni objekti na desnoj dolinskoj strani a) i desnoj. b) Klizište-tecište koje je zatrpalo objekte c) Objekat potonuo za celu etažu (foto S. Okanovi)

Slika 9 – Inženjerskogeološka karta područja opštine Krupanj sa aktiviranim klizištima. Š, P-šljunak, pesak, reno-terasni; P, G-pesak, glina, jezerski; PŠ, GC, LC-pešari, glinci, laporci; PŠ, GC-pešari, glinci; K, D-kretnjaci, dolomiti; X, XX-graniti, granodioriti; AR, F, ŠN-argilošisti, filiti, škriljci; Š- piroklastiti

Ukupno je registrovano 32 klizišta od čega je 31 aktivirano u nisko kristalastim škriljcima (AR, F, ŠN) paleozojske starosti a samo jedno u jezerskim peskovima i glinama (P, G) neogene starosti (slika 9). To je u skladu sa ranijim istraživanjima prema kojima škriljave stene predstavljaju sredinu u kojima je rasprostranjenost klizišta znatno veća. Klizišta su klasifikovana kao površinska (2 klizišta), plitka (14 klizišta) i duboka

Obe dolinske strane su pod vegetacionim pokrivenom koja doprinosi stabilnosti terena. Osnovni razlog zbog čega je došlo do kliženja u desnoj dolinskoj strani treba tražiti u morfometrijskim karakteristikama padine. Naime, desna dolinska strana je dosta strmija od leve, sa nagibima $>60^\circ$.

(16 klizišta). Klizišta su izazvala veliku štetu na objektima (slika 11).

Prostor opštine Krupanj predstavlja područje sa srednjom do znatnom razvijenosti u procesu kliženja. Ovi tereni se odlikuju znatnom različitosti u reljefu. Klizišta su nastala raskvašavanjem površinskih delova terena i obično zahvataju deluvijum i površinski degradiranu stenu [11].

Slika 10 – Lokacije srušenih i oštećenih stambenih objekata. Kružnici predstavljaju mesta gde se nalaze objekti.

Na osnovu podataka koje je dostavila opština (tabela 1) vidimo da je 26 kuća potpuno uništeno usled klizišta. Od toga 21 od cigle a 5 su kategorisane kao privremene kuće. Usled poplava potpuno uništeno

69 kuća a od toga su čak 54 kategorisane kao privremeni objekti. Delimično oštećeno je 152 a privremeno poplavljeno 142 objekta. Ukupno je oštećeno ili srušeno 389 objekata. Lokacije srušenih i oštećenih objekata koji nisu za stanovanje date su na slici 10.

Tabela 1. Broj uništenih i oštećenih objekata u opštini Krupanj [8]

Tip kuće/objekta	Kategorija			
	D1	D2	D3	D4
H1	4	7	15	36
H2	12	5	89	73
H3	5	3	33	17
H4	5	54	15	16
H5	0	0	0	0

Procena štete izvedena je prema podacima iz tabele 2. Na osnovu ovih parametara može se reći da je šteta u opštini Krupanj u oblasti stanovanja, usled poplava i klizišta, procenjena na oko 5 miliona evra odnosno na oko 600 miliona dinara. Pri tome nisu uzeti

u obzir gubici vezani za rušenje objekata, privremeni smeštaj ugroženih lica i sl.

Tabela 2. Tabela parametara i troškova korišćenih za procenu štete [8]

Prosečna podna površina za tip kuće H1	150m ²
Prosečna podna površina za tip kuće H2	110m ²
Prosečna podna površina za tip kuće H3	65m ²
Prosečna podna površina za stanove u blokovima zgrada tipa H5	65m ²
Cena jedinice kuće tipa H1 za štetu tipa D1 i D2	450 evra/m ²
Cena jedinice kuće tipa H1 za štetu tipa D3	150 evra/m ²
Cena jedinice kuće tipa H1 za štetu tipa D4	100 evra/m ²
Cena jedinice kuće tipa H2 i H3 za štetu tipa D1 i D2	350 evra/m ²
Cena jedinice kuće tipa H2 i H3 za štetu tipa D3	150 evra/m ²
Cena jedinice kuće tipa H2 i H3 za štetu tipa D4	100 evra/m ²
Ukupna vrednost kuće H4	1000 evra
Cena jedinice stana tipa H5 za štetu tipa D3	300 evra/m ²
Cena jedinice stana tipa H5 i H3 za štetu tipa D4	250 evra/m ²

Slika 11 – Razna oštećenja na objektima koja su posledica aktiviranja klizišta u brdsko-planinskom delu opštine. Delimično srušena kuća u Tolisavcu (a). Oštećen stambeni objekat (b). Čeon ožiljak klizišta u neposrednoj blizini kuće u Tomanju (pomoćni objekat srušen) (d). Oštećen stambeni objekat u Vrbi (c). Totalno srušen stambeni objekat (crvenom bojom je označen ožiljak i kretanje klizišta) (e). Pukotine na objektu nastale usled klizanja (f) (foto S. Okanovi)

ZAKLJUČAK

Tokom maja 2014. godine, na prostoru opštine Krupanj, došlo je do intenzivnih padavina koje su izazvale poplave i klizišta.

U periodu od 14-16. maja (tri dana) padavine su bile najintenzivnije a 15. maja su količine padavina bile dvostruko veće od normala karakterističnih za period od 1961-1990 i period 1981-2010. Većina klizišta je

aktivirana u nisko kristalastim škriljcima a nastala klizanja su klasifikovana kao površinska, plitka i duboka. Povod aktiviranja klizišta su padavine ali su i poplave doprinele aktiviranju klizišta što se jasno vidi na desnoj dolinskoj strani reke Čavice u Krupnju. Zbog toga prilikom buduće analize treba uraditi procenu rizika usled više-hazardnih događaja.

Šteta u oblasti stanovanja u opštini Krupanj procenjena je na oko 5 miliona evra ne uzimajući u obzir

gubitke vezane za rušenje oštećenih objekata, troškove privremenog smeštaja i drugo. Više od 50% grada je bilo poplavljeno.

LITERATURA

- [1] Ibsen, M. L., Casagli, N, Rainfall patterns and related landslide incidence in the Porretta-Vergato region, Italy. *Landslides* 1, 2, p. 143-150, 2004.
- [2] Vennari, C, Gariano, Antronico L, Brunetti M. T, Iovine G, Peruccacci S, Terranova S, Guzzetti F, Rainfall thresholds for shallow landslide occurrence in Calabria, southern Italy. *Natural hazards and earth system sciences* 14, p. 317-330, 2015.
- [3] Giannecchini, R, Relationship between rainfall and shallow landslides in the southern Apuan Alps (Italy). *Natural hazards and earth system sciences* 6, p. 357-364, 2006.
- [4] Polemio M, Petrucci O, Rainfall as a landslide triggering factor: an overview of recent international research. *Landslides*, 3, 2000.
- [5] Abolmasov B, Vrednovanje parametara geološke sredine za ocenu hazarda klizanja terena. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2007.
- [6] Republika hidrometeorološki zavod Srbije (2014). Mesečni bilten za Srbiju, maj. 27p. <http://www.hidmet.gov.rs> (maj 2015).
- [7] Stanojević, G, Analiza godišnjih padavinskih suma na prostoru Srbije. *Glasnik Srpskog geografskog društva* 62 (2), p. 1-13, 2012.
- [8] Poplave u Srbiji – Izveštaj o proceni potreba za oporavak i obnovu posledica poplava. Beograd, 2014. <http://www.obnova.gov.rs/uploads/useruploads/Documents/Izvestaj-o-proceni-potreba-za-oporavak-i-obnovu-posledica-poplava.pdf> (novembar 2015).
- [9] Uredba o izmeni uredbe o utvrđivanju Državnog programa obnove oštećenih vodnih objekata, vodnih objekata za zaštitu od poplava, erozije i bujica i vodnih objekata za odvodnjavanje. *Službeni glasnik RS* 75/14.
- [10] Okanovi S, Landslides induced by intensive rainfall in western Serbia (May 2014). *Proceedings of the 2nd regional symposium on landslides*, Belgrade, 2015.
- [11] Lazić M, Geološke zakonitosti nastanka i razvoja procesa klizanja na teritoriji Srbije (bez pokrajina). Magistrska teza, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1991.

SUMMARY

LANDSLIDES AND DAMAGE TO BUILDINGS AS A RESULT OF INTENSE RAINFALL IN KRUPANJ

In Serbia, intense rainfall caused flooding and landslides in May 2014. Krupanj is one of the municipalities that had been most affected by natural disasters. The largest amounts of precipitation were in period of 14-16. May. The floods have led to soil erosion and destabilization due to saturation and undercutting the foot of the slope. The landslides activated mostly in Paleozoic schists. These landslides classified as superficial, shallow and deep. In Krupanj area, 26 objects have been destroyed due to landslides and 69 due to flooding. Total number of destroyed or damage objects is 389. Estimated damage in housing sector is measured in millions of euros.

Key words: rainfall, landslides, floods, buildings, Krupanj