

UDK: 624.131.542

## KLIZIŠTA I SAOBRAĆAJNA INFRASTRUKTURA

*Slavko Zdravković<sup>1</sup>, Elefterija Zlatanović<sup>2</sup>, Novica Tončev<sup>3</sup>, Nikola Janković<sup>3</sup>,  
Savić Predrag<sup>3</sup>*

**Rezime:** U pogledu oštećenja saobraćajnica i pratećih objekata na njima, najveća opasnost preči od pojave klizišta. Ukoliko su zone terena sklone klizenju poznate, treba ih izbegavati u fazi projektovanja trase saobraćajnice, jer je sanacija klizišta veoma skupa, a neretko nakon preduzetih sanacionih mera može doći do ponovnog aktiviranja klizišta, pa se mnoga klizišta i više puta saniraju. U radu je dat prikaz osnovnih elemenata klizišta sa odgovarajućim oznakama, nazivima i pojmovima. Prikazana je i metodologija izučavanja klizišta pri projektovanju nagiba kosina useka ili nasipa saobraćajnica. Takođe je ukratko objašnjena pojava likvefakcije, koja je jedan od najčešćih uzroka oštećenja saobraćajnica usled seizmičkih uticaja. Ukazuje se i na principe sanacionih mera klizišta, sa posebnim osvrtom na meru preraspodele zemljanih masa. Data je i pregledna karta Srbije sa značajnim zonama nestabilnosti terena: klizišta, odrona i sipara.

**Ključne reči:** klizište, saobraćajna infrastruktura, usek, nasip, likvefakcija, sanacija

## LANDSLIDES AND ROAD INFRASTRUCTURE

**Summary:** In terms of damage to roads and associated facilities, the greatest danger is threatened by the appearance of landslides. If the terrain zones prone to landsliding are known, they should be avoided at the design stage of the roadway, because the landslide remediation is usually very expensive. In addition, quite often after the rehabilitation measures are taken, the landslide can be reactivated, and there is a need for many landslides to be repaired repeatedly. The paper presents the basic elements of the landslide with corresponding labels, names, and terms. The methodology of studying the landslides is also presented considering the design of cutting and embankment slopes of roads. It is also briefly explained the phenomenon of liquefaction, which is one of the most common causes of damage to roads due to seismic effects. In addition, the principles of landslide remediation measures are pointed out, with special emphasis to the measure of redistribution of earth's masses. Lastly, a map of Serbia with an overview of significant areas of instability (landslides, slopes, and scree) is also presented.

**Keywords:** landslide, road infrastructure, cutting, embankment, liquefaction, remedial measures

<sup>1</sup> Prof. dr, član Srpske Kraljevske Akademije Inovacionih Nauka – SKAIN; ekspert bivšeg Saveznog ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj u oblasti: građevinsko inženjerstvo, aseizmičko građevinarstvo, stabilnost mostova; Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, e-mail: slavko.zdravkovic@gaf.ni.ac.rs.

<sup>2</sup> Doc. dr, Građevinsko - arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, e-mail: elefterija.zlatanovic@gaf.ni.ac.rs.

<sup>3</sup> Student doktorskih studija na Građevinsko - arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu.

## 1. UVOD

Za potrebe izgradnje saobraćajnica (putevi, železnice) potrebno je prethodno sprovesti geotehnička istraživanja terena kojim će proći trasa buduće saobraćajnice. Interakcija saobraćajnice i terena utiče na osnovne faktore koji uslovljavaju koncept trupa saobraćajnice (usek, nasip, zasek), kao i broj i veličinu geotehničkih konstrukcija i pratećih objekata. Saobraćajnice i prateći objekti na njima najčešće su ugroženi pojavom klizišta, koja mogu naneti štetu ogromnih razmera, kako u materijalnom pogledu, uništavajući materijalna dobra i objekte, tako i u pogledu ugrožavanja ljudskih života. Stoga, ukoliko su zone terena sklone klizenju poznate, treba ih izbegavati u fazi projektovanja trase saobraćajnice, jer je sanacija klizišta veoma skupa, a neretko nakon preduzetih sanacionih mera može doći do ponovnog aktiviranja klizišta, pa se mnoga klizišta i više puta saniraju.

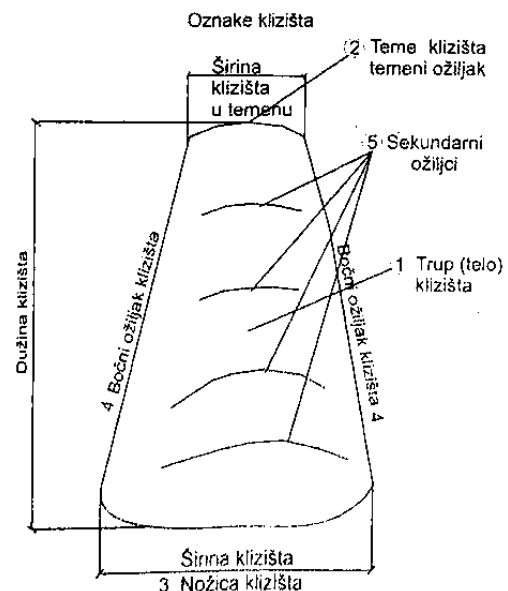
Klizišta se pojavljuju u gotovo svim zemljama sveta, u manjoj ili većoj meri. Pojedine zemlje izdvajaju značajna finansijska sredstva za sanaciju klizišta, što je uvek isplativije nego dozvoliti da dodje do njihovog štetnog uticaja.

Građenje novih objekata na umirenim klizištima ili uređivanje površine klizišta predstavljaju finansijski rizik ili štetu koji se ne mogu unapred predvideti. Dakle, rizik i šteta od pojave klizišta imaju svojstvo neodređenosti. Za svako potencijalno klizište potrebno je poznavati karakteristike konstrukcije i sastav terena, pa onda procenjivati nivoe hazarda i rizika. Najracionalnije je napraviti registar klizišta sa što više relevantnih podataka, što je najčešće praksa u ekonomski razvijenijim zemljama sveta, ili bar uraditi registar klizišta sa osnovnim geotehničkim podacima [1].

## 2. IDENTIFIKACIJA KLIZIŠTA

Prisustvo klizišta na istražnom prostoru može se lako ustanoviti geomorfološkim metodama, jednostavnim izučavanjem morfologije reljefa i produkata raspadanja na njemu. Klizišta su obično dobro morfološki izražena, pa se njihova dijagnostika lako može izvršiti na terenu.

Prvi vidljivi znaci kretanja površinskih delova terena zapažaju se naročito na putnim saobraćajnicama, uz vidljive pojave sleganja ili izdizanja putnih konstrukcija i sa uočljivim zjapećim pukotinama. Slične pojave mogu se konstatovati na izgrađenim nasipima, cevovodima, irigacionim kanalima i sl. Na prisustvo klizišta ukazuju brojna konstatovana oštećenja betonskih objekata, kao i pukotine na stambenim zgradama ili prirodnom terenu. Radi lakšeg prepoznavanja klizišta na terenu, data je na slici 1 njegova principijelna šema građe, uz prikaz osnovnih oznaka, naziva, termina i pojmova [1].



Slika 1 Oznake, nazivi, termini i pojmovi kod klizišta [1]

Bitni pojmovi su sledeći:

- 1) *Telo (trup) klizišta* – celokupno pokrenuta masa tla, ograničena površinom terena i kliznim slojem, donjim i gornjim ožiljkom, i ožiljcima sa bočnih strana;
- 2) *Teme klizišta* – gornja krajnja pukotina (ožiljak) na klizištu;
- 3) *Nožica klizišta* – donja krajnja pukotina (ožiljak) klizišta ili naboj pokrenute mase tla;
- 4) *Bočne pukotine (ožiljci) klizišta*, levo i desno;
- 5) *Sekundarne pukotine (ožiljci)* po površini klizišta;

- 6) *Klizni sloj klizišta*, po kome dolazi do pokretanja zemljane mase;
- 7) *Površina klizišta* – površina tla koja je obuhvaćena klizanjem terena.

### 3. METODOLOGIJA IZUČAVANJA KLIZIŠTA

Nakon nastanka (pojave) klizišta, potrebno je sanirati teren, kao i objekte koji se nalaze na njemu. Metodološki pristup sanaciji klizišta je neophodan da bi sanacija terena i objekata bila uspešna, a otpočinje Projektom istraživanja klizišta. Rad na terenu obuhvata: geodetsko snimanje površine klizišta, rekognosciranje i kartiranje terena, sondažno bušenje bušotina ili sondažnih jama sa položajem i kartiranjem bušotina i jama, uz uzimanje neporemećenih i poremećenih uzoraka za ispitivanje u laboratoriji, *in situ* opite (SPT, CPT i dr.), praćenje klizanja terena, praćenje nivoa podzemne vode piezometrima itd. Izučavanje klizišta se u daljem postupku obavlja laboratorijskim ispitivanjima radi klasifikacije i identifikacije litoloških slojeva terena na kome se klizište dogodilo. To su opiti fizičko - mehaničkih svojstava.

Seizmička aktivnost terena takođe mora biti poznata projektantu. Na osnovu tog saznanja projektant donosi odluku o merama sanacije, kao i o njihovom obimu i razmerama [3].

Poznavanje svojstava konstrukcije i sastava terena na kome je došlo do pojave klizišta su veoma bitan uslov da bi se dijagnostifikovao uzrok i neposredan povod nastanka klizišta, a sa ciljem iznalaženja efikasnih sanacionih mera. Potrebno je nastojati da se teren sanira najjeftinijim i tehnološki najjednostavnijim sanacionim merama. U slučaju da se ovakvim pristupom ne može postići stabilnost, treba razmotriti primenu skupljih mera ili povećanje njihovog obima.

Najčešći uzrok nastanka klizišta je predisponiranost terena ka prirodno labilnom stanju ravnoteže. Prirodni neposredni povodi su jake padavine, naglo otapanje snega, zemljotresi, poplave itd. [5]. Tehnogeni povodi nastaju delovanjem čovekovog rada na terenu: vibriranje terena, zasecanje, iskopavanje, opterećivanje terena i dr.

Sanacione mere mogu biti primarne i sekundarne. Načelno u primarne mere sanacije spadaju potporne konstrukcije, drenaže, veća premeštanja zemljanih masa radi postizanja stabilnosti terena, veće regulacije rečnih tokova itd. U sekundarne mere sanacije spadaju: regulacija manjih vodenih tokova (potoka) izradom otvorenih kanala za prihvatanje površinskih voda, ravnanje i planiranje terena, pošumljavanje, zatravljivanje, manji zahvati iskopa i nasipanja, ublažavanje kosina i dr.

Pri rešenju problema sanacije klizišta potrebno je težiti da se, radi racionalnosti sanacije, primeni jedna primarna i jedna ili više sekundarnih mera. Na taj način, uz uslov potpune stabilnosti, dobiće se racionalno rešenje sanacije.

Pri numeričkoj analizi sanacionih mera preporučuje se korišćenje evropskih propisa Evrokoda 7 i 8 [4].

Pri projektovanju nagiba kosina useka ili nasipa treba uzeti u obzir tlo od koga je kosina sačinjena. Nagib kosine odrediti proračunom, jednom od priznatih i propisima određenih metoda, koja uzimaju u obzir fizičko - mehanička svojstva i karakteristike otpornosti i deformabilnosti tla od koga je kosina sačinjena.

Kosinu projektovati kontinualno sa proračunatim nagibom do visine 6-8m, kada sanaciona mera ublažavanja kosine to zahteva. Ukoliko visina kosine bude veća od 6-8 m, potrebno je projektom predvideti bermu na kosini, širine 2 do 4 m.

Preporučuje se da dužina kosine bude 15 do 18 m pri sanacionoj meri ublažavanja kosine. Ukoliko je kosina veća, potrebno je raditi bermu širine 2 do 4 m.

Na osnovu hidrogeoloških činjenica, a znajući koji prostor treba drenirati i na koji nivo treba spustiti podzemnu vodu, potrebno je opredeliti se za jedan od načina dreniranja terena: rovovski sistemi, depresioni ili vakuum bunari, horizontalno ili vertikalno dreniranje, kontinualni ili diskontinualni sistemi i dr.

Drenažni sistemi koji se primenjuju u sanaciji klizišta mogu biti projektovani tako da potpuno ili delimično prihvate podzemnu vodu. Potpuno prihvatanje podzemne vode znači da drenažu treba izvesti u vodonepropustljivom tlu (ispod

kliznog sloja). Delimično prihvatanje podzemne vode znači da drenažu treba izvesti u propustljivom tlu, tako da drenaža „visi“. Kod potpunog dreniranja sva voda se prihvata i osujećuju se hidrostatičke i hidrodinamičke sile. Kod delimičnog dreniranja ne prihvata se sva podzemna voda u klizištu, već samo jedan njen deo. Hidrostatičke i hidrodinamičke sile i dalje postoje, ali se smanjuju. Vrlo često se nepropusni sloj nalazi duboko ispod klizišta, pa nije racionalno, a tehnološki je otežano izvesti iskop za drenažu. Zato dubinu drenažnih rovova treba staviti u funkciju stabilnosti klizišta, tako da dubina bude onolika koliko je neophodno da teren klizišta ostane u ravnoteži. Dakle, dreniranje treba obaviti u meri u kojoj se postiže stabilnost terena sa objektima na njemu.

Prostorni položaj drenažnog sistema na klizištu treba da bude određen tako da pokrije što veću površinu klizišta i prihvati što veću količinu podzemne vode i kontrolisano je izvede van tela klizišta. Rovove drenažnog sistema treba postavljati na hipsometrijski najnižim tačkama paleo reljefa.

#### 4. LIKVEFAKCIJA TLA

Prirodni fenomen koji se dešava u tlu, kada tlo prelazi iz čvrstog u tečno stanje naziva se likvefakcija. Ovom fenomenu podležu zrnasta tla (peskovi, prašine) zasićena vodom. Transformacija tla iz čvrstog u tečno stanje, odnosno iz stabilnog u nestabilno stanje, nastaje usled povećanja pornog pritiska. Do povećanja pornog pritiska može doći usled dejstva statičkog i dinamičkog opterećenja na tlo. Povećanje pornog pritiska rezultuje smanjenjem efektivnih napona u tlu, a samim tim i smičuće otpornosti tla. Pojava likvefakcije tla je obično uslovljena sadejstvom tri faktora: sitnoznom strukturom tla (pesak, prašina), prisustvom podzemne vode i dejstvom statičkog ili dinamičkog opterećenja. Likvefakcija se najčešće javlja pri dinamičkom (cikličnom) opterećenju tla. Analizu likvefakcije usled statičkog opterećenja sproveo je Cagrande 1936. godine i u ovom radu ovaj slučaj neće biti razmatran. U radu je stavljen akcenat na fenomen

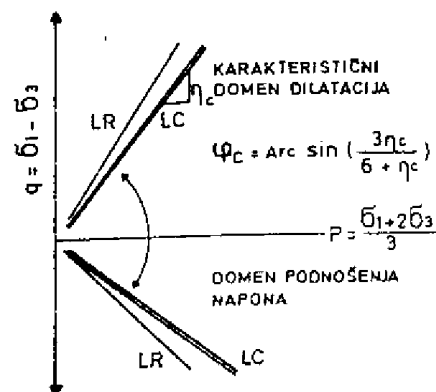
likvefakcije tla kao posledice zemljotresnih, tj. dinamičkih uticaja.

Primeri nastanka nestabilnosti terena likvefakcijom u prirodi su brojni i oni su izazvali znatne materijalne štete. Prvi zapisani fenomen likvefakcije desio se u staroj Grčkoj 373. godine pre nove ere. U novije vreme poznate su kataklizme likvefakcije koje su načinile velike materijalne štete i odnele brojne ljudske živote u Nigati (Japan, 1964. godine), Valdezu (Aljaska, 1964. godine), Karakasu (Venecuela, 1967. godine), Tokachiokiju (Japan, 1968. godine), San Francisku (SAD, 1971. godine) itd.

#### 4.1 Povećanje smičućih napona u tlu usled dejstva dinamičkog (cikličnog) opterećenja

Povećanjem dinamičkog opterećenja u zrnastom tlu (pesak, prašinsti pesak) zasićenog vodom dolazi do povećanja pornog pritiska. Povećani porni pritisak rezultuje povećanjem smičućih napona u tlu i smanjenjem smičuće otpornosti tla.

Domen naponskog stanja pri kojem može doći do pojave likevafakcije, prema istraživanjima Schoefielda i Wrotha (1968. godine), prikazan je na slici 2.



Slika 2 Domen naponskog stanja pri kojem je moguća pojava likvefakcije [1]

U koordinatnom sistemu  $p/q$ , linija  $L_c$  ograničava zonu elastičnih deformacija, a linija  $L_R$  predstavlja liniju loma tla.

Zbog cikličnog dejstva opterećenja, devijator napona  $q$  ciklično menja znak i domen elastičnih deformacija nalazi se u pozitivnom i negativnom delu ordinata koordinatnog sistema. Deo ko-

ordinatnog sistema sa pozitivnim ordinatama karakteriše pojava dilatacija, dok deo koordinatnog sistema sa negativnim ordinatama karakteriše pojava kontrakcija tla.

Prostor između linije elastičnih deformacija  $L_C$  i linije loma tla  $L_R$  karakteriše pojava plastičnih deformacija i nastanak likvefakcije. Znak  $\eta_c$  u dijagramu predstavlja nagib elastične linije  $L_C$ .

Određivanje veličina dinamičkih napona zrnastog materijala moguće je obaviti u cikličnom triaksijalnom aparatu ili aparatima direktnog ili torzionog smicanja uz korišćenje vibro table.

Laboratorijsko određivanje dinamičke smičuće otpornosti obavlja se na neporemećenom uzorku tla. Ovit se izvršava bez dreniranja uzorka tla pod uticajem cikličnog opterećenja konstantne amplitude.

## 5. SANACIJA POKRENUTIH TERENA

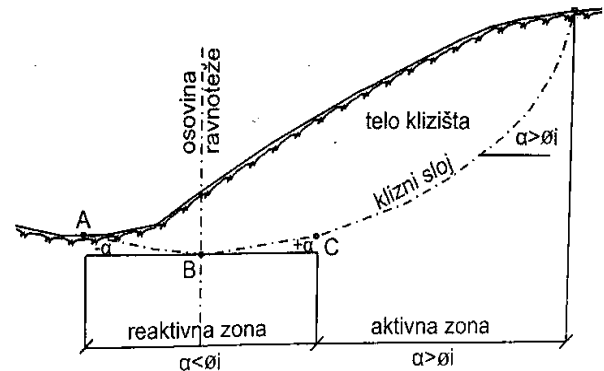
U građevinskoj praksi poznata su stabilizaciona rešenja terena i objekata primenom sanacionih mera kao što su izrada potpornih konstrukcija (plitko ili duboko fundiranih, kontinualnih ili diskontinualnih, sagrađenih od različitih materijala), izrada drenažnih sistema, površinsko odvodnjavanje terena, mehanički ili hemijski tretman terena i dr. Navedene mere su dobro poznate pri sanacijama terena, pa se mogu smatrati klasičnim. To su skupe sanacione mere, pa ih treba primenjivati samo u slučajevima kada je to neophodno.

### 5.1 Principi sanacionih mera koje se postižu premeštanjem (preraspodelom) zemljanih masa

Sanacione mere preraspodele zemljanih masa moguće je kombinovati sa drugim sanacionim merama, što je čest slučaj kod velikih klizišta, sa ciljem iznalaženja efikasnih i racionalnih rešenja postizanja stabilnosti terena. Najčešće se mere preraspodele zemljanih masa kombinuju merama dreniranja terena ili površinskim odvodnjavanjem.

Pri rešavanju sanacije terena metodom preraspodele masa tla, iskope treba obavljati na

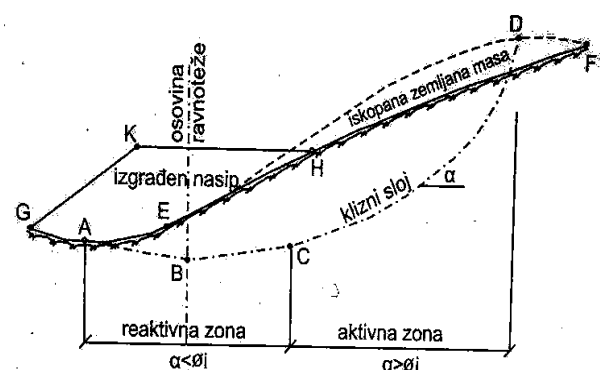
hipsometrijski višim delovima padine od osovine ravnoteže, a nasipanje mase na hipsometrijski nižem delu padine u odnosu na osovinu ravnoteže (slika 3).



Slika 3 Položaj aktivne i reaktivne zone terena i osovine ravnoteže

Primer principa rešavanja sanacije terena preraspodelom mase tla prikazan je na slici 4. Na slici se vidi da se iskop zemljane mase obavlja na delu padine E-F i iskopano tlo prenosi i gradi nasip na delu padine G-A-H. Nasip G-A-H-K je u statičkom smislu „kontra-teg“ kretanju mase tla.

Sa iskopom i izradom nasipa, odnosno „kontra-tega“, postiže se ponovna stabilnost terena, kao i pravilni morfološki oblici terena, koji daju mogućnost korisne upotrebe u privredne svrhe, a ekološki i estetski uslovi se poboljšavaju [4].



Slika 4 Prikaz sanacionih mera premeštanja (preraspodele) zemljanih masa

Analize stabilnosti potrebno je izvršiti jednom od metoda provere stabilnosti terena. Metode koje se primenjuju pri analizama stabilnosti mogu biti zasnovane na principu granične ravnoteže,

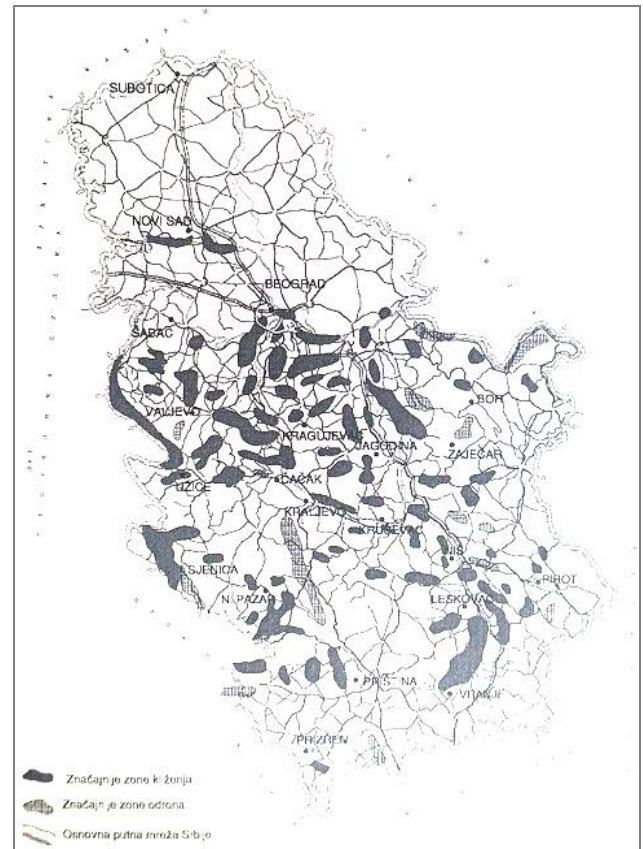
kao što su metode Bishop-a, Janbu-a, Fellenius-a, Morgenstern-a i dr. Moguće je primenjivati i metode zasnovane na teoriji plastičnosti, kao što su metode Drucker-a i Prager-a, Sokolovskog itd. Metod konačnih elemenata takođe može biti uspešno primenjen u analizi stabilnosti kosina.

Proces analize stabilnosti potrebno je obaviti u dve osnovne faze. Prva faza je proračun stabilnosti pre projektovanih sanacionih mera, da bi se utvrdio stepen nestabilnosti padine. Druga faza analize stabilnosti može se podeliti u više faza, odnosno onoliko faza koliko sanaciono rešenje sadrži projektnih mera. Posle svake projektovane sanacione mere potrebno je sračunati faktor sigurnosti  $F_S$  i konstatovati koliko pojedina mera utiče na povećanje faktora sigurnosti (stabilnosti terena). Na primeru ilustrovanom na slici 4 moguće je prvi proračun druge faze obaviti posle projektovanog iskopa terena od tačke E do tačke F, a drugi proračun druge faze obaviti posle projektovanog iskopa na delu E-F i projektovanog nasipa, kontra-tega G-A-H-K, odnosno, u ovom slučaju, posle svih projektovanih sanacionih mera. U analizi stabilnosti, geotehničke parametre koheziju  $c$  i ugao unutrašnjeg trenja  $\varphi$  treba uzeti iz kliznog sloja. Obično se uzima da je  $c = 0$  [1].

Pri obavljanju iskopa zemlje u aktivnoj zoni terena poželjno je izvršiti i nivelaciju površine terena, tj. popunjavanje prirodnih ulegnuća, kako bi se postigla ravna površina terena pogodna za površinsko odvodnjavanje i zasejavanje trave ili zasađivanje drveća.

Ukoliko je teren koji se sanira okarakterisan prisustvom podzemne vode, potrebno je obratiti pažnju da se izvršenjem iskopa ili izradom nasipa – kontra-tega ne poremeti tok podzemne vode, koji može izazvati razne nepovoljne uticaje i naprezanja u terenu i nasipu. Izradom nasipa prirodni teren se sleže, smanjuje svoju poroznost do dubine uticaja i sprečava se ustaljeni tok podzemne vode, usled čega dolazi do povećanja hidrostatičkih, hidrodinamičkih ili pornih pritisaka.

## 6. KLIZIŠTA NA TERITORIJI SRBIJE



Slika 5 Pregledna karta Srbije sa značajnim zonama nestabilnosti terena: klizišta, odrona i sipara [2]

Na osnovu istraživanja dinamičke zakonomernosti, nastanka i razvoja procesa klizanja tla, utvrđeno je da teritorija Srbije (kao i širi prostor nekadašnje SFRJ) ima mnogo labilnih i nestabilnih terena, koje karakterišu pojave brojnih klizišta, odrona i sipara (različitih dimenzija, mehanizama i stepena aktivnosti), što u principu najviše zadaje problema kod izgradnje objekata i njihovog održavanja u fazi eksploatacije, posebno objekata saobraćajno - putne infrastrukture. Na slici 5 su predstavljene uočene zone nestabilnosti sa formiranim pojavama klizišta, odrona i sipara na terenima na teritoriji Srbije.

## 7. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti da najčešći uzrok ugroženosti saobraćajnica i prateće infrastrukture predstavlja pojava klizišta. Stoga, ukoliko su zone terena sklone klizanju

prethodno utvrđene i ukoliko je to izvodljivo, treba ih izbegavati u fazi projektovanja trase saobraćajnice. Sanacija klizišta je veoma skupa, a efekat preduzetih sanacionih mera nije uvek pouzdan, pa se mnoga klizišta moraju sanirati i više puta, tj. nikada ne budu trajno sanirana i iznova se aktiviraju. Najracionalnije je imati registar klizišta, što je praksa u ekonomski razvijenim zemljama sveta. U našoj zemlji ne postoji registar klizišta, pa se ona tretiraju kao iznenadna i neočekivana pojava za čiju sanaciju nisu predviđena potencijalna sredstva, za razliku od mnogih zemalja u kojima se u ove svrhe odvaja i više milijardi evra godišnje. Radi prepoznavanja klizišta na terenu prikazana je njegova principijelna šema građe sa oznakama, nazivima, terminima i pojmovima. Metodologiji izučavanja klizišta posvećena je naročita pažnja.

Primeri nastanka nestabilnosti terena pojavom likvefakcije su brojni i to je jedan od najčešćih uzroka oštećenja saobraćajnica usled seizmičkih uticaja. Prikazan je domen naponskog stanja pri kojem je moguća pojava likvefakcije.

Principi sanacionih mera koje se postižu plan-skim uređivanjem tela klizišta premeštanjem zemlja-nog materijala (preraspodelom masa) su takođe analizirani i objašnjeni, uz napomenu da ne treba poremetiti tok podzemne vode.

Na osnovu istraživanja geodinamičke zakonodernosti, nastanka i procesa kliženja, na preglednoj karti Srbije sa značajnim zonama nestabilnosti terena prikazana su područja labilnih i nestabilnih terena sklonih pojavi klizišta, odrona i sipara.

## Zahvalnost

Autori rada zahvaljuju se na podršci Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru naučno-istraživačkog projekta TR36016 „Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama s aspekta teorije drugog reda i stabilnosti“ (2011–2017) na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu.

## LITERATURA

- [1] Mitrović, P. *Sanacija klizišta i nedovoljno nosivog tla*. AGM knjiga, Beograd, 2014.
- [2] Vujanić, V., Rakić, Lj. Uticaj padinskih procesa na putno inženjerstvo Srbije. *Naučno - stručna konferencija GEO – EXPO 2013*, 31. maj – 02. juni, 2013, Jahorina, BiH, str. 115-134.
- [3] Zdravković, S., Mladenović, B., Keković, M. Uticaj geotehničkih uslova tla na magnitudu i intenzitet zemljotresa. *Šesto međunarodno naučno - stručno savetovanje „Geotehnički aspekti građevinarstva“*, ISBN 976-86-88897-07-5, UDK 624.15:550.34, Vršac, 2015, str. 453-458.
- [4] Lukić, D., Petar, A. *Geotehnika saobraćajnica*. Građevinski fakultet Subotica, ISBN 978-88-82307-18-1 (ČI), Beograd, 2010.
- [5] Jelisavac, B., Milenković, S., Vujanić, V., Jotić, M. Geotehnički monitoring nestabilnih terena u Srbiji kao preduslov racionalnom projektovanju i izgradnji objekata. *Naučno- stručna konferencija GEO – EXPO 2013*, 31. maj – 02. juni, 2013, Jahorina, BiH, str. 175-184.