

ОСЕТЉИВОСТ НА МЕХАНИЧКЕ ЕРОЗИОНЕ ПРОЦЕСЕ ПЕСКОВИТИХ ЗЕМЉИШТА ДЕЛИБЛАТСКЕ ПЕШЧАРЕ

НИКОЛА ЖИВАНОВИЋ¹
ГРОЗДАНА ГАЈИЋ¹

Извод: Песковита земљишта Делиблатске пешчаре изложена су процесима еолске и плувијалне ерозије. Испитивања за потребе овог рада извршена су на 12 узорак песковитих земљишта Делиблатске пешчаре. Осетљивост песковитих земљишта на механичке ерозионе процесе одређена је на основу физичких показатеља као и показатеља конзистентних стања анализираних земљишта. Резултати испитивања су показала да земљишта припадају трима текстурним класама, песак, песковита иловача и иловаста песак. Извршеним анализама осетљивости на ерозионе процесе утврђено је да земљишта која припадају класи иловаста песак имају највећу постојаност према површинским и унутрашњим ерозионим процесима док се текстурна класа песковите иловаче одликује највећом осетљивошћу на ерозионе процесе.

Кључне речи: ерозија, песковита земљишта, Атербергове границе, конзистентна стања

SENSITIVITY TO MECHANICAL EROSION PROCESSES OF
SANDY SOILS OF DELIBLATO SAND

Abstract: Sandy soils of Deliblato sands are exposed to processes of wind and pluvial erosion. Tests for this work were carried out on 12 samples of sandy soil of Deliblato sands. Sensitivity to mechanical erosion processes of sandy soil are determined by the physical indicators and indicators consistent state of the analyzed soils. The results of the study showed that the soil belongs to three texture classes, sand, sandy loam and loamy sand. The analyzes of the sensitivity to erosion processes have determined that soils belonging to the class of loamy sand have the greatest resistance to surface and internal erosion processes, while the texture class of sandy loam is distinguished by the highest sensitivity to erosion processes.

Keywords: erosion, sandy soils, Atterberg limits, consistent state

1. УВОД

Делиблатска пешчара се налази у североисточном делу Србије, у јужном делу Баната. Правац пружања пешчаре је северозапад-југоисток. Распростира се од долине Тамиша (Самош) до Дунава (Дубовац, Банатска Паланка), према северозападу до Владимироваца. Простире се на територији пет општина: Ковин, Вршац, Бела Црква, Алибунар и Панчево (слика 1).

Рељеф Делиблатске пешчаре окарактерисан је облицима насталим радом јаких ветрова. Главни елементи су дине, међудинске депресије, увале и мање удолине. Геолошка подлога Делиблатске пешчаре је лес. Песак је силикатно-

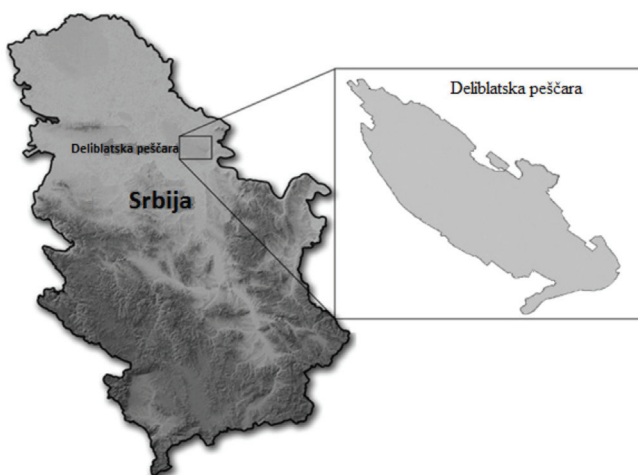
¹ Никола Живановић, мајстор инж. шумарства, асистент; др Гроздана Гајић, ред. проф., Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд

карбонатан, а главни састојци су кварц, алумосиликати, калцијумкарбонат, глина и хумус.

Настанк и развој ерозионих процеса, у многоне, зависи од облика рељефа и његовог утицаја на остале ерозионе факторе (Живановић, Н., 2014).

Фактори који контролишу еродибилност земљишта су текстура (дис-трибуција величине честица), садржај влаге, хемизам, садржај органских/биолошких компоненти, варијабилност климе и управљање земљишним простором (Web, N., 2008).

Рељеф Делиблатске пешчаре утиче на образовање микроклиме која је различита на динама, у удолини као и на заравњеним деловима. На динама земљиште је увек сувље од оног у удолинама, што условљава разлике у саставу вегетационог покривача а самим тим и на развој песковитих земљишта. Све то условљава интензитет и облик површинских и унутрашњих ерозионих процеса.



Слика 1. Географски положај Делиблатске пешчаре (Кадовић, Р. *et al.*, 2014)

Figure 1 Geographical position of the Deliblato sand (Kadović, R. *et al.*, 2014)

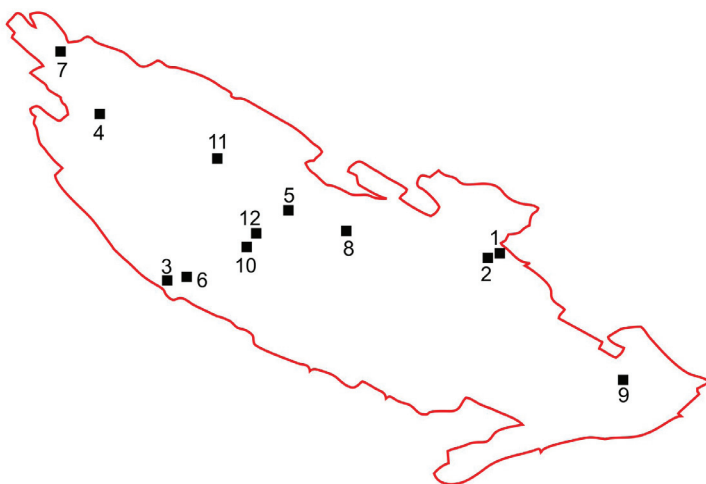
Земљиште има такву особину да при различитом садржају воде има различита конзистентна стања. Граничне тачке где престаје једно и почиње друго конзистентно стање означене су као Атебергове границе конзистенције. Конзистентна стања земљишта су: чврсто, пластично и течно. У оквиру сваког овог стања могу се дефинисати границе као што су: граница скупљања, граница пластичности и граница течења. Показатељи конзистенције су и индекси: индекс пластичности, конзистенције и течења. Ова испитивања се везују за кохерентна земљишта, али је могуће применити га и за слабо везана земљишта (песковита) када она показују способност везивања услед промене влажности, присуства глиновитих честица као и присуства органске материје, што је и био случај прилоком испитивања проучаваних земљишта Делиблатске пешчаре.

Циљ рада је да се на основу добијених физичких карактеристика и

показатеља конзистенције испитиваног земљишта одреди осетљивост на механичке ерозионе процесе.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Испитивање је вршено на 12 репрезентативних поремећених узорак песковитих земљишта Делиблатске пешчаре. Представљен је просторни распоред места узетих узорака на слици 2. Гранулометријски састав земљишта утврђен је комбинованом методом сејања и хидрометрисања, према стандарду СРПС У.Б1.018 (2005). Уколико кроз сито отвора 0,10 mm прође више од 10% укупне масе узорка, гранулометријски састав се одређује комбинованом методом. Овај услов су испунили сви узети и припремљени узорци. Запреминска маса земљишта одређена је применом стандардних цилиндара по Копецком од 100 cm³ запремине (55,50 mm пречника и 41,40 mm висине), са тачношћу мерења од 0,1 g. Запреминска маса је израчуната као однос суве масе земљишта према запремини цилиндра.



Слика 2. Распоред узетих узорака земљишта (извор: оригинал)

Figure 2 Spatial distribution of soil samples taken (source: original)

Испитивање конзистентних стања земљишта је вршено одређеном апаратуром дефинисаном стандардом СРПС У.Б1 020 (1980). Садржај воде одређен приликом испитивања конзистентних стања земљишта извршен је према стандарду СРПС У.Б1.012. (1979). Са подацима добијеним на основу ипитивања конзистентних стања, границе течења и границе пластичности, срачунати су показатељи конзистенције земљишта, индекс пластичности, индекс козистенције и индекс течења према стандарду СРПС У.Б1 (1980). На основу Касаграндеовог дијаграма пластичности, извршена је класификација земљишта.

Табела 1. Класификација на основу вредности индекса конзистенције
(извор: Гајић, Г., 2010)
Table 1 Classification based on the value of the consistency index
(source: Gajić, G., 2010)

Индекс конзистенције	Конзистентно стање земљишта	Осетљивост на механичке ерозионе процесе	
		унутрашње	површинске
0,00 – 0,25	веома меко течење	максимално изражена осетљивост	
0,25 – 0,50	меко	веома осетљиво	осетљиво
0,50 – 0,75	средње пластично	средње изражена осетљивост	
0,75 – 1,00	тврдо пластично	мала осетљивост	постојано
1,00 – 1,25	полутврдо	постојано	
> 1,25	тврдо	осетљиво	постојано

Индекси конзистенције, пластичности и течења, дају могућност за оцену пластичности, осетљивости на запреминске промене, сензитивности глина, збијености везаног земљишта, као и података за оцену других физичких особина кохерентног земљишта. Ово је веома важан податак за оцену осетљивости кохерентног земљишта на појаву и развој површинских и унутрашњих процеса ерозије, као и опште нестабилности терена. Дефинисање количине воде у земљишту, која може довести до границе пластичности и течења, представља један од критеријума за настанак спирања кохерентног земљишта на нагибима, као и настанак клизишта или пластичног течења, нарочито у условима водозасићења. Приликом водозасићења слабе параметри отпорности на смицање, опадајући са вршних на резидуалне вредности, што доводи до деформација, како на косинама тако и на падинама.

У сврху одређивања осетљивости земљишта Делиблатске пешчаре на ерозионе процесе урађена је класификација на основу вредности индекса конзистенције (табела 1). Такође, извршена је класификација конзистентног стања и осетљивости на ерозионе процесе на основу индекса течења (табела 2).

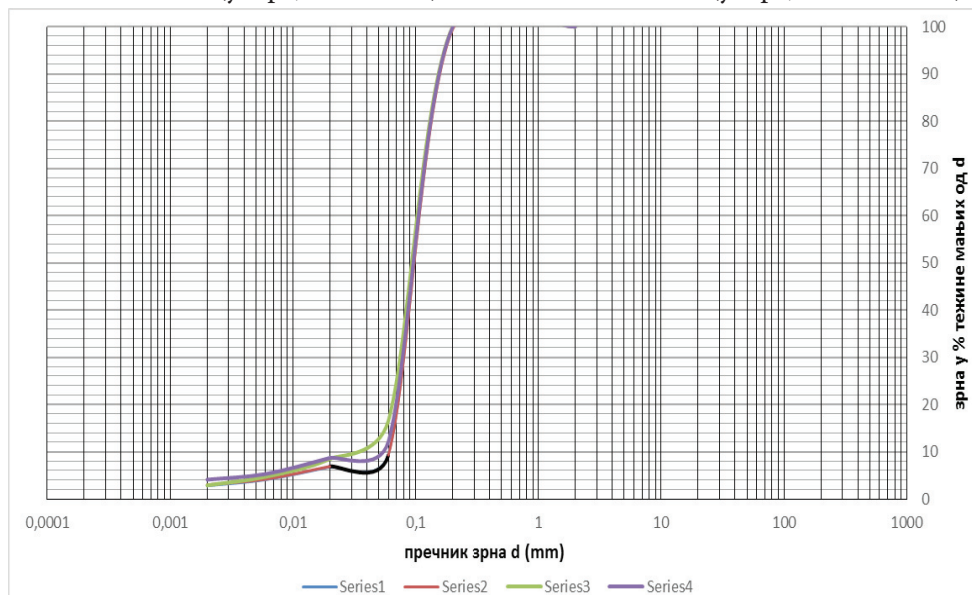
Табела 2. Класификација на основу вредности индекса течења
(извор: Гајић, Г., 2010)
Table 2 Classification based on the value of the liquidity index
(source: Gajić, G., 2010)

Индекс течења	Конзистентно стање	Осетљивост на механичке ерозионе процесе	
		унутрашње	површинске
< 0,00	Тврдо	осетљиво	постојано
0,00 – 1,00	Пластично	веома осетљиво	осетљиво
> 1,00	Течно	максимално изражена осетљивост	

3. РЕЗУЛАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Испитивања конзистентних стања земљишта, или Атебергове границе конзистенције, битна су како са аспекта дефинисања осетљивости на површинске и унутрашње процесе ерозије, тако и са аспекта одређивања процентуалне влажности при којој се одвија везивање честица, односно појава кохезије (привидна). Атебергове границе конзистенције указују на могуће промене отпорности на смицање, кохезије и угла унутрашњег трења, промене запреминских тежина, знакова дубрења, као и осетљивости проучаване средине на ерозионе процесе. Испитивана земљишта Делиблатске пешчаре показала су способност повезивања (кохерентности) при одређеном садржају воде.

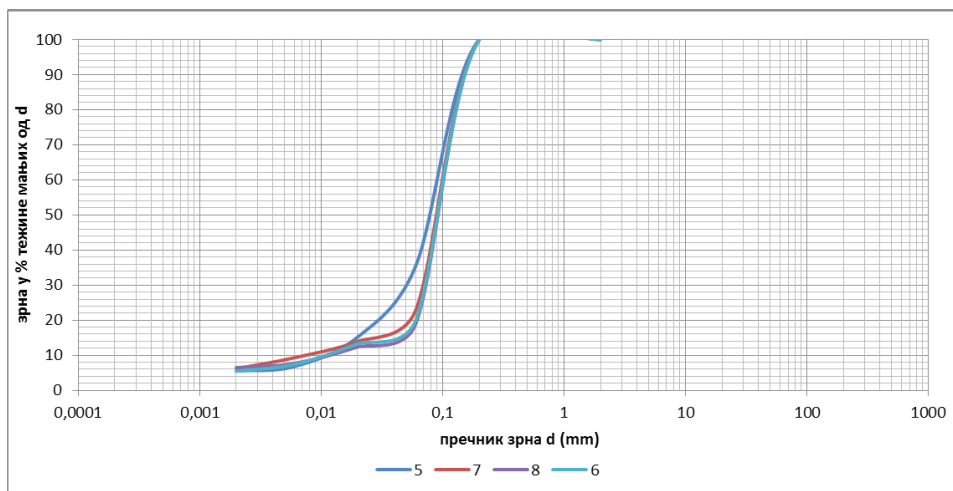
Извршеном гранулометријском анализиом уз примену троуглог дијаграма америчког бироа за земљиште, утврђено је да испитивани узорци земљишта спадају у три текстурне класе и то песак (узорци 1, 2, 3 и 4), иловаста песак (узорци 5, 6, 7 и 8) и песковита иловача (узорци 9, 10, 11 и 12).



Слика 3. Гранулометријске криве земљишта текстурне класе песак
(извор: оригинал)

Figure 3 Grain size distribution curve of textural class sand (source: origin)

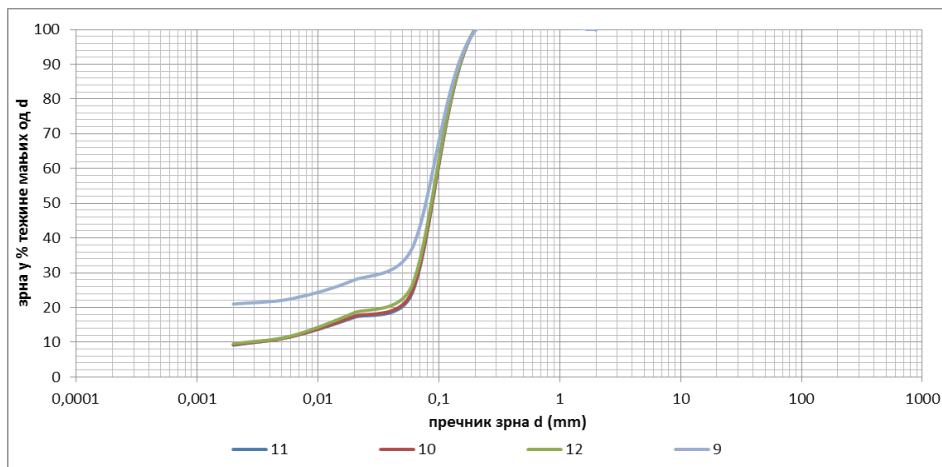
Узорци који припадају текстурној класи пескова (слика 3) садрже глину чији проценат варира од 2,2 до 4,1 %, садржај прашине је од 3,9 до 5,6 %, садржај ситног песка од 74 до 94 %, садржај средњег и крупног песка варира од 0,1 до 0,3 %. Степен неравномерности (U_n), је у опсегу од 1,8 до 5, што по класификацији, сврстава све узорке у групу земљишта једноличног (равномерног) састава (узорци 1, 2, 3 и 4).



Слика 4. Гранулометријске криве земљишта текстурне класе иловаста песак (извор: оригинал)

Figure 4 Grain size distribution curve of textural class loamy sand (source: original)

Земљишта текстурне класе иловаста песак (слика 4), садржи глину у границама од 5,4 до 6,5 %. Садржај прашине је од 12,4 до 29,9 %, садржај ситног песка од 64,6 до 81,1 %. Садржај средњег и крупног песка измерен је само у једном узорку и то са укупним учешћем од 0,1 %. Степен неравномерности варира од 7,69 до 12,5 и сврстава све узорке у групу земљишта умереног једноличног (неравномерног) састава (узоци 5, 6, 7 и 8).



Слика 5. Гранулометријске криве земљишта текстурне класе песковита иловача (извор: оригинал)

Figure 5 Grain size distribution curve of textural class sandy loam (source: original)

Испитивани узорци текстурне класе песковита иловача (слика 5) одликују се садржајем глине од 9,4 до 21,1 %, затим садржајем прашине од 14,8 до 31,7 %. Садржај ситног песка варира од 51,4 до 76 %, а садржај средњег и крупног песка износи 0,3 % учешћа. Степен неравномерности је према класификацији сврстао све узорке у групу земљишта не једноличног (неравномерног) састава (узорци 9, 10, 11 и 12). Сви испитивани узорци (узорци 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 01, 11 и 12) показали су да поседују одређену количину глиновитих честица довољну за формирање привидне кохезије.

У табели 3 приказани су физички параметри испитиваног песковитог земљишта Делиблатске пешчаре. Текстурна класа пескова, узорци 1, 2, 3 и 4 показују највеће вредности запреминске масе, затим иловаста песак и најмање вредности има песковита иловача (узорци 5, 6, 7 и 8). Порозност је највећа у случају песковитих иловача, а најмања код текстурне класе пескова.

Табела 3. Физички параметри испитиваног земљишта (извор: оригинал)

Table 3 Physical parameters of the examined soil (source: original)

Број узорка	Запреминска маса, $g\ cm^{-3}$	Порозност, %	Специфична маса, $g\ cm^{-3}$	Текстурна класа
1	1,23	54	2,65	Песак
2	1,3	53	2,60	
3	1,2	54	2,55	
4	1,0	61	2,58	
5	1,1	58	2,48	Иловаста песак
6	0,8	67	2,41	
7	1,3	52	2,73	
8	1,0	63	2,62	
9	0,9	61	2,41	Песковита иловача
10	0,8	67	2,51	
11	1,1	60	2,53	
12	1,0	59	2,46	

Табела 4. Вредности Атербергових граница конзистенције (извор: оригинал)

Table 4 Values of Atterberg limits (source: original)

број узорка	Атербергове границе конзистенције				групни симбол
	граница течења	граница пластичности	индекс пластичности	индекс конзистенције	
1	26	20	6	0,5	ML
2	23,97	22,2	2	0,5	ML
3	30,71	28	3	0,33	ML
4	29	26	3	0,67	ML
5	44,3	39	1	0	MI
6	44,81	33,55	11,26	0,44	OI
7	21	20	1	0	ML
8	32	31	1	0	ML
9	46	39	7	0,39	MI
10	30,19	28	2,19	0,46	ML
11	22	21	1	1	ML
12	33	30	3	0,33	ML

Сви испитани узорци имају релативно малу запреминску тежину. Мале вредности запремисних тежина указују на осетљивост ових земљишта на ерозионе процесе, како унутрашње тако и површинске. Вредности Атербергових граница конзистенције као и групни симболи приказани су у табели 4. Највећи број узорака (девет), спада у групу неорганске прашине мале пластичности (ML), затим прашинасте глине средње пластичности (MI), два узорка (5 и 9) и најмањи број узорака (један, узорак 6) у групу органске глине средње пластичности (OI).

На основу калсификације земљишта према индексу конзистенције, готово сви узорци имају конзистентно стање од веома меког, течнo до средње пластичног, са изузетком једног узорка које има тврдо пластично конзистентно стање. Што се тиче осетљивости на механичке ерозионе процесе, поменуте класификације, како површинске тако и унутрашње, испитиваних узорака креће се од максимално изражене осетљивости до средње изражене осетљивости (табела 5).

Класификација земљишта, на основу индекса тачења, показује да су испитивани узорци у класи од пластичног до течнoг конзистентног стања, а да им је осетљивост на механичке ерозионе процесе: - пре свега унутрашње ерозионе процесе, веома осетљиво до максимално изражене осетљивост; а на површинске ерозионе процесе - осетљиво до максимално изражене осетљивости.

Табела 5. Осетљивост на механичке ерозионе процесе (извор: оригинал)
Table 5 Sensitivity to mechanical erosion processes (source: original)

број узорка	осетљивост на механичке ерозионе процесе				текстурна класа земљишта
	на основу индекса конзистенције		на основу индекса течења		
	спољашни	унутрашњи	спољашни	унутрашњи	
1	осетљиво	веома осетљиво	осетљиво	веома осетљиво	песковито земљиште
2	осетљиво	веома осетљиво	осетљиво	веома осетљиво	
3	веома осетљиво		осетљиво	веома осетљиво	
4	средње изражена осетљивост		осетљиво	веома осетљиво	
5	максимално изражена осетљивост		максимално изражена осетљивост		песковта иловача
6	средње изражена осетљивост		осетљиво	веома осетљиво	
7	максимално изражена осетљивост		максимално изражена осетљивост		
8	максимално изражена осетљивост		максимално изражена осетљивост		
9	осетљиво	веома осетљиво	осетљиво	веома осетљиво	иловаста песак
10	средње изражена осетљивост		осетљиво	веома осетљиво	
11	постојано	мала осетљивост	постојано	осетљиво	
12	осетљиво	веома осетљиво	осетљиво	веома осетљиво	

4. ЗАКЉУЧАК

Испитивањем песковитих земљишта Делиблатске пешчаре са аспекта осетљивости на механичке ерозионе процесе може се закључити:

- гранулометријском анализом утврђено је да испитивана земљишта можемо поделити у три групе на основу текстурне класе, и то: песак, песковита иловача и иловаста песак. Садржај глине и прашине у узурцима довољан је за формирање привидне кохезије при одређеном садржају воде;
- текстурна класа пескова показује највеће вредности запреминске масе, затим иловаста песак и најмање вредности има песковита иловача. Порозност је највећа у случају песковитих иловача, а најмања код текстурне класе пескова. Ове вредности указују на осетљивост анализираних земљишта на појаву ерозионих процеса;
- на основу вредности Атербергових граница конзистенције може се закључити да највећи број узорака (девет), спада у групу неорганске прашине мале пластичности (ML), затим прашинасте глине средње пластичности (MI), два узорка (5 и 9) и најмањи број узорака (један, узорак 6) у групу органске глине средње пластичности (OI);
- на основу калсификације земљишта према индексу конзистенције, узорци имају конзистентно стање од веома меког, течно до средње пластичног, са изузетком једног узорка (узорак 11) које има тврдо пластично конзистентно стање;
- гледајући са аспекта текстурних класа, узорци који припадају класи иловаста песак су показали највећу постојаност према површинским и унутрашњим ерозионим процесима. Текстурна класа песковите иловаче одликује се највећом осетљивошћу на ерозионе процесе, према критеријуму на основу индекса конзистенције а такође и критеријуму према индексу течења.

ЛИТЕРАТУРА

- Gajić, G. (2010): Laboratorijska geotehnička ispitivanja. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd, ISBN 978-86-7299-175-8.
- Kadović, R., Miljković, P., Perović, V., Živanović, N., Mansouri Ali Bohajar, Y., Belanović Simić, S., (2014): Analiza erodibilne frakcije peskovitih zemljišta Deliblatske peščare. Časopis za uređenje bujica i zaštitu od erozije "Erozija" 40, str. 38-52, Beograd
- SRPS U.B1. 012, (1979): Geomehanička ispitivanja, Određivanje vlažnosti tla. Testing of soils. Determination of soil moisture content. Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 21.02 1980, Pravilnik br. 31-14005/1 od 30.08.1979; Službeni list SFRJ br. 65/79. Savezni zavod za standardizaciju.
- SRPS U.B1. 018 (2005): Geomehanička ispitivanja, Određivanje granulometrijskog sastava, Testing of soils. Determination of particle size distribution. Jugoslovenski standard, Rešenje br. 5/2-01-2/165 od 25.11.2005. Ovaj standard je nastao revizijom standarda SRPS U.B1. 018, iz 1980 godine. Savezni zavod za standardizaciju.
- SRPS U.B1. 020 (1980): Geomehanička ispitivanja, Određivanje konzistencije tla, Aterbergove

- granice Testing of soils. Determination of Atterberg limits. Jugoslovenski standard sa delimično obaveznom primenom od 30.07.1980, Pravilnik br. 31-8468/1 od 08.05.1980; Službeni list SFRJ, br. 29/80. Ovaj standard je nastao revizijom standarda SRPS U.B1.020 iz 1968. godine. Savezni zavod za standardizaciju.
- Webb, N. (2008.): Modelling Land Susceptibility to Wind Erosion in Western Queensland, Australia, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy at The University of Queensland in August 2008. School of Geography, Planning and Architecture.
- Гајић, Г. (2005): Иницијални показатељи настанка унутрашњих ерозионих процеса. Часопис Шумарство 3. УШИТС. Београд. стр. 117-129
- Живановић, Н. (2014): Утицај промене влажности песковитих земљишта Делиблатске пешчаре на кохезију и угао унутрашњег трења. Мастер рад у рукопису. Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд

SENSITIVITY TO MECHANICAL EROSION PROCESSES OF SANDY SOILS OF DELIBLATO SAND

*Nikola Živanović
Grozdana Gajić*

Summary

Sandy soils of Deliblato sands are exposed to processes of wind and pluvial erosion. Relief of Deliblato sands is characterized by forms formed by strong winds. The soil has such a feature that with different water content there are different consistent states. The boundary points where one stops and the other consistent state begins are marked as Atterberg limits. Consistency indicators are indices: shrinkage limit, plastic limit and liquid limit. This test relates to coherent soils, but it is also possible to apply it to poorly bound soil (sandy) when they show the ability to bind due to changes in humidity, the presence of clay particles as well as organic matter, which was the case in the course of the examination of the studied soils. The aim of the paper is to determine the sensitivity to mechanical erosion processes based on the obtained physical indicators and indicators of the consistency of the tested soil. Studies have shown that sandy soils of the Deliblato sands have the property of coherent soil at certain humidities, which is in accordance with granulometric analysis. Based on the consistency index, the samples have a consistent state of very soft, liquid to medium plastic, with the exception of a single sample having a hard plastic consistency. From the aspect of texture classes, samples belonging to the class of loamy sand showed the highest resistance to surface and internal erosion processes. The textural class of sandy loam is distinguished by the highest sensitivity to erosion processes, according to the criteria on the basis of the consistency index as well as the criterion according to the liquid limit.