

Бр. 01- 4762 /2 - 04. 08. 2021

**ТЕХНИЧКИ ИЗВЕШТАЈ О ИСПИТИВАЊУ ФИЗИЧКИХ  
КАРАКТЕРИСТИКА УЗОРКА СУПСТРАТА ЗА ИЗГРАДЊУ  
ЗЕЛЕНОГ КРОВА**

бр: 01/2021

Извештај саставио  
др Никола Живановић



Ратко Ристић

**КОРИСНИК:**

ПР агенција за пројектовање, уређење и одржавање зелених површина Живети са Биљкама, Београд, ул. Станоја Главаша 11Б Врчин, кога заступа директор Радивоје Булатовић

**ЗАХТЕВ/УГОВОР:** Уговор о пословно-техничкој сарадњи бр 01-7762/1 од 21.7.2021. године закључен између Шумарског факултета Универзитета у Београду, ул. Кнеза Вишеслава бр. 1, 11030 Београд, кога заступа декан, др Ратко Ристић, ред. проф.; и Радивоје Булатовић ПР агенција за пројектовање, уређење и одржавање зелених површина Живети са биљкама, Београд, ул. Станоја Главаша 11Б Врчин, Београд, кога заступа директор Радивоје Булатовић.

## САДРЖАЈ

1. Општи подаци .....	1
1.1. Порекло узорака/локација .....	1
1.2. Узорковање извршио .....	1
1.3. Локација испитивања .....	1
1.4. Датум пријема узорка/узорака .....	1
1.5. Испитивање почело .....	1
1.6. Испитивање завршено .....	1
1.7. Датум издавања извештаја са мишљењем .....	1
1.8. Врста/методе испитивања .....	2
1.8.1. Одређивање влажности узорака тла .....	2
1.8.2. Одређивање запреминске масе тла .....	2
1.8.3. Одређивање запреминске масе чврстих честица тла .....	2
1.8.4. Запреминска тежина тла .....	2
1.8.5. Одређивање запреминске масе засићеног тла .....	3
1.8.6. Одређивање порозности и коефицијента порозности .....	3
1.8.7. Одређивање гранулометријског састава тла .....	3
1.8.8. Одређивање коефицијента филтрације на основу гранулометријског састава	4
1.8.9. Максимални водни капацитет .....	4
1.8.10. Хидродинамичка консолидација тла .....	4
1.8.11. Мерење pH вредности .....	5
2. Резултати испитивања .....	6
2.1. Коришћени материјал за супстрат .....	6
2.2. Мешавина супстрата .....	8
2.3. Резултати експерименталног испитивања .....	9
3. Примена у досадашњој пракси .....	11
4. Мишљење и препоруке .....	12
4. Закључак .....	14
5. Литература .....	15

## 1. Општи подаци

На основу Уговора о пословно-техничкој сарадњи бр 01-7762/1 од 21.7.2021. године извршено је експериментално формирање супстрата за потребе изградње зеленог крова, испитивања физичких параметара саставних елемената супстрата као и формираних мешавина, на основу чијих је резултата формирano мишљење о могућности коришћења мешавине за изградњу екстензивног зеленог крова за садњу „садума“ и дате препоруке за побољшање супстрата.

### 1.1. Порекло узорака/локација

Узорак представља четири различите компоненте које су основа за формирање супстрата потребног за изградњу зеленог крова: ломљена цигла, песак, хумусно акумулативни слој земљишта и тресет (мешавину црног и белог). Све ове четири компоненте достављене су од стране Агенције „Живети са биљкама“ а које ће се користити у за постављање зелених кровних површина.

### 1.2. Узорковање извршио

- Агенције „Живети са биљкама“.

### 1.3. Локација испитивања

Сва спроведена испитивања извршена су просторијама Лабораторије за геотехнику Шумарског факултета Универзитета у Београду.

### 1.4. Датум пријема узорка/узорака

Узорак је примљен у Лабораторију за геотехнику Шумарског факултета Универзитета у Београду дана 28.06.2021. године.

### 1.5. Испитивање почело

Испитивање узорака је започето 29.06.2021. године.

### 1.6. Испитивање завршено

Испитивање узорака завршено је 20.07.2021. године.

### 1.7. Датум издавања извештаја са мишљењем

Извештај са мишљењем издат је кориснику дана 03.08.2021.

## 1.8. Врста/методе испитивања

Испитивање саставних елемената супстрата вршено је према стандарду за геомеханичка испитивања SRPS.U.B1., док је спровођење супстрата и његовог експерименталног испитивања подвргнуто условима у каквим ће смеша бити формирана на терену као и под којим условима ће бити постављана. С обзиром да у Србије за сада не постоје препоруке/смернице или стандарди које морају испунити супстрати који се користе за зелене кровове, формирано мишљење дато је на основу препорука/смерница и стандарда FLL (2008) и релевантних научних извора.

### 1.8.1. Одређивање влажности узорака тла

Влажност земљишта се дефинише као однос између масе воде у узорку и масе сувог узорка, изражена у процентима. Одређивање влажности узорака тла вршено је према стандарду за геомеханичка испитивања SRPS.U.B1.012., сушењем на  $105^{\circ}\text{C}$  до постизања стабилне вредности масе. Тренутна влажност земљишта ( $W$ ) представља влажност земљишта у тренутку узорковања.

### 1.8.2. Одређивање запреминске масе тла

Оdređivanje zapreminske mase tla sa porama vrsheno je primenom standarda SRPS.U.B1.013, metodom sa cilindrom poznate zapremine. Korisjen je cilindar prečnika  $R = 10,1$  cm i visine  $h = 11,643$  cm zapremine  $V = 943,94 \text{ cm}^3$ . Zapreminska mase materijala tla, sa porama u prirodno vlažnom stanju ( $\gamma$ ) predstavlja odnos njegove mase prema njegovoj zapremini sa porama i šupljinama sa vlažnošću u trenutku mereњa. Zapreminska masa materijala tla, sa porama u sivom stanju ( $\gamma_d$ ), dobija se iz odnosa mase sivog uзорка i запремine cilindra.

### 1.8.3. Одређивање запреминске масе чврстих честица тла

Zapreminska mase materijala tla bez pora ( $\gamma_s$ ) je odnos mase čvrstih čestiца, bez pora i šupljina, prema njegovoj zapremini. Određivanje je vrsheno prema geomehaničkom standardu SRPS.U.B1.014, piknometarskom metodom.

### 1.8.4. Zapreminska težina tla

Zapreminska težina zemljишta [siva ( $\gamma_d$ ), prirodno vlažna ( $\gamma$ ), specifična ( $\gamma_s$ ), zasićena ( $\gamma_z$ )] određena je računskim putem množenjem dobijene zapreminske mase zemljишta i gravitacionog ubrzaњa  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

#### 1.8.5. Одређивање запреминске масе засићеног тла

Запреминска маса засићеног тла одређена је на основу релације:

$$\gamma_z = (1 - n) \cdot \gamma_s + n \cdot \gamma_v$$

где је:

$\gamma_z$  - запреминска маса засићеног тла [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$n$  – порозност земљишта

$\gamma_s$  - запреминска маса материјала тла без пора [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$\gamma_v$  – запреминска маса воде [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

#### 1.8.6. Одређивање порозности и коефицијента порозности

Порозност представља процентуално учешће пора у укупној маси узорка земљишта, и израчунава се помоћу обрасца:

$$n = \frac{\gamma_s \cdot \gamma_d}{\gamma_s} \cdot 100 \%$$

Где је:

$n$  – порозност земљишта [%]

$\gamma_s$  – специфична запреминска тежина земљишта [ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$\gamma_d$  – запреминска тежина сувог земљишта [ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

Коефицијент порозности представља однос између запремине пора и запремине чврстих честица земљишта (без шупљина и пора). Израчунава се према обрасцу:

$$e = \frac{\gamma_s \cdot \gamma_d}{\gamma_d}$$

Где је:

$e$  – коефицијент порозности

$\gamma_s$  – специфична запреминска тежина земљишта [ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$\gamma_d$  – запреминска тежина сувог земљишта [ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

#### 1.8.7. Одређивање гранулометријског састава тла

Оdređivanje гранулометријског састава узорака материјала тла дефинисана је стандардом SRPS.U.B1.018. Коришћена је метода сејања (сита пречника 16,0; 8,0; 4,0; 2,0; 1,25; 1,0; 0,6; 0,2; 0,1; 0,063), као и метода хидрометрисања.

#### 1.8.8. Одређивање коефицијента филтрације на основу гранулометријског састава

Примењене су две методе.

Метода Козенија:

$$K_f = 8,1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{n^3 \cdot g \cdot d_{sr}^2}{(1 - n^2) \cdot v}$$

где је:

$n$  – порозност

$g$  – гравитационо убрзање

$d_{sr}$  – пречник зрна на 10 или 17% учешћа

$v$  – коефицијент кинематског вискозитета [cm/s]

Метода др Радомира Вучетића која је заснована на увођењу коефицијента композиције зрна:

$$O = \frac{d_k}{d_i}$$

где је:

$d_k$  – пречник зрна који одговара половини садржине фракција зрна костура (скелета)

$d_i$  - пречник зрна који одговара половини садржине фракције мањих зрна (испуне)

На основу добијених вредности врши се очитавање коефицијента филтрације  $K_f$  на основу предложених номограма аутора др Радомира Вучетића.

#### 1.8.9. Максимални водни капацитет

Максимални водни капацитет (МКВ) одређен је помоћу формуле:

$$\text{МКВ} = n \cdot h \cdot 1000$$

где је:

МКВ - максимални водни капацитет [mm]

$n$  – порозност

$h$  - дубина земљишта [m]

#### 1.8.10. Хидродинамичка консолидација тла

Хидродинамичка консолидација извршена је у цилиндру за филтрацију запремине  $V = 943,94 \text{ cm}^3$  са филтер каменом на дну и одводом за воду. Вода је у суви узорак наливана преко филтер папира како би влажење било равномерно. Наливање воде вршено је кроз пет фаза са по 200 ml дестиловане воде по фази. Узорак је у растреситом стању сипан у

цилиндар без додатног сабирања, што представља начин уградње оваквих супстрата на кровне конструкције. Идеја спровођења хидродинамичке консолидације је да се испрати понашање узорка, односно да ли је склон хидродинамичкој консолидацији која се може очекивати на терену услед дејства природне кише или система за заливање.

#### 1.8.11. Мерење pH вредности

Мерење pH вредности вршено је помоћу апарата iTuin Soil Survey Instrument (ISO9001:2000).

## 2. Резултати испитивања

### 2.1. Коришћени материјал за супстрат

Достављени материјал за потребе припреме и испитивање смеше за супстрат, екстензивног, плитког, зеленог крова на коме ће се садити седуми (сукуленте), састоји се од хумусно акумулативног слоја земље, песка, ломљене цигле и мешавине тресета.

**Хумусно акумулативног слоја земље** је делувијалног порекла, ситнозрн, добре структуре (слика 1). На основу класификацији за ситнозрна земљишта према троугаоном дијаграму (Gajić, 2010), земљиште припада глиновитој иловачи. У табели 2 приказани су резултати гранулометријске анализе, док су вредности запреминских тежина приказане у табели 1.



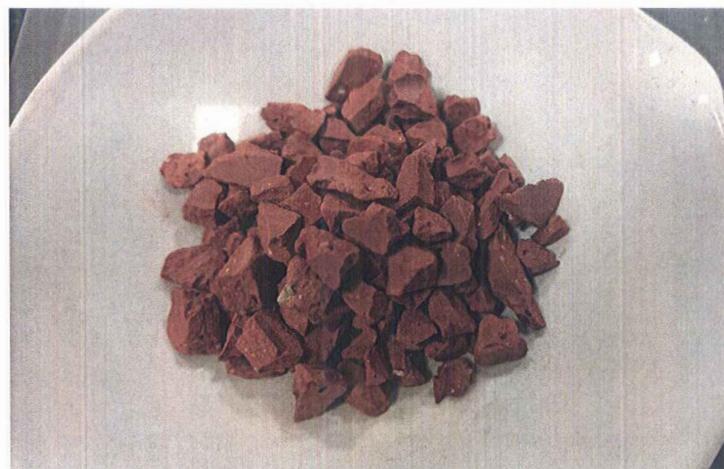
Слика 1 – Хумусно акумулативни слој земље

**Песак** коришћен за прављење мешавине је природног порекла хетерогеног састава (слика 2). На основу гранулометријског састава садржи честице у опсегу од 0,02 до 12,00 mm (табела 2). Запреминске тежине песка приказане су у табели 1. У супстрату структурну стабилност и потпору биљкама обезбеђује брзо дренирање супстра.



Слика 2 – Песак

**Ломљена цигла** је чврст и стабилан материјала који може да задржи одређену количину влаге а такође пружа потпору вегетацији (слика 3). Користи се као замене крупног агрегата који у природи има значајно већу запреминску масу. Запреминска маса коришћене ломљене цигле дата је у табели 1. У релевантним литературним изворима наводи се проблем присуства цемента и малтера који могу негативно утицати на pH вредност супстрата, уколико се користи рециклirана цигла (Ampim, 2010). Материјал који се користи за спровођење овог супстрата није имао никаквих примеса тако да је овај проблем занемарљив. У табели 2 приказан је гранулометријски састав ломљене цигле.



Слика 3 – Ломљена цигла

**Мешавина тресета** састављена је од такозваног белог и црног тресета у односу 1:1 (слика 4). У табели 1 приказане су вредности запреминских маса. Оно што је карактеристично за тресет јесте да има могућност упијања воде до чак 650%. Тресет има pH вредност између 5 и 6, а у гранулометријском смислу величина фракција у опсегу од 0 до 6 mm. Додавање тресета повећава максимални водни капацитет супстрата.



Слика 4 – Мешавина тресета

Табела 1 – Запреминске тежине, порозност и коефицијент порозности материјала

УЗОРАК	Запреминска маса [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]			Порозност $n$ [%]	Коефицијент порозности $e$
	$\gamma$	$\gamma_d$	$\gamma_s$		
Земља	1300,00	1200,00	2479,00	51,59	1,07
Песак	1667,00	1600,00	2655,00*	39,74	0,66
Ломљена цигла	900,00	900,00	2120,00*	57,55	1,36
Тресет	230,00	180,00	1400,00*	87,14	6,78

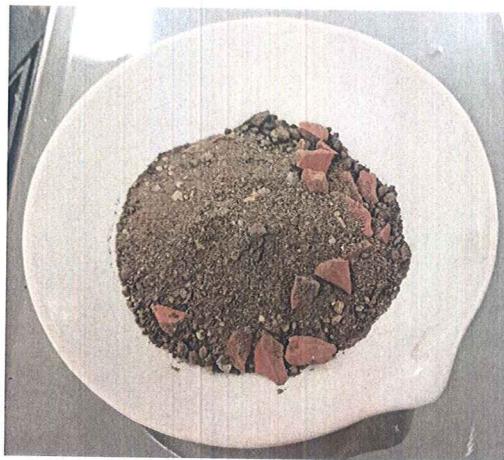
\*Усвојене/претпостављене вредности

Табела 2 – Гранулометријски састав материјала

	Глина (> 0,002 mm)	Прашина (0,002- 0,02 mm)	Песак				Шљунак Ситан (2,0 – 12,0 mm)
			Прашинаст (0,02-0,1 mm)	Ситан (0,1-0,2 mm)	Средњи (0,2-1,0 mm)	Крупан (1,0-2,0 mm)	
Земља	12,00	33,00	41,00	14,00	/	/	/
Песак	/	/	4,00	9,00	49,00	19,00	19,00
Ломљена цигла	/	/	/	/	/	0,40	99,60
Тресет	/	/	/	/	/	/	/

## 2.2. Мешавина супстрата

Мешавина супстрата састоји се од саставних елемената цигле, тресета, земље и песка. За потребе експерименталног испитивања у сврху постизања оптималног односа формирана су два супстрата Супстрат 1 (слика 5) и Супстрат 2 (слика 6).



Слика 5 – Супстра 1



Слика 6 – Супстрат 2

### 2.3. Резултати експерименталног испитивања

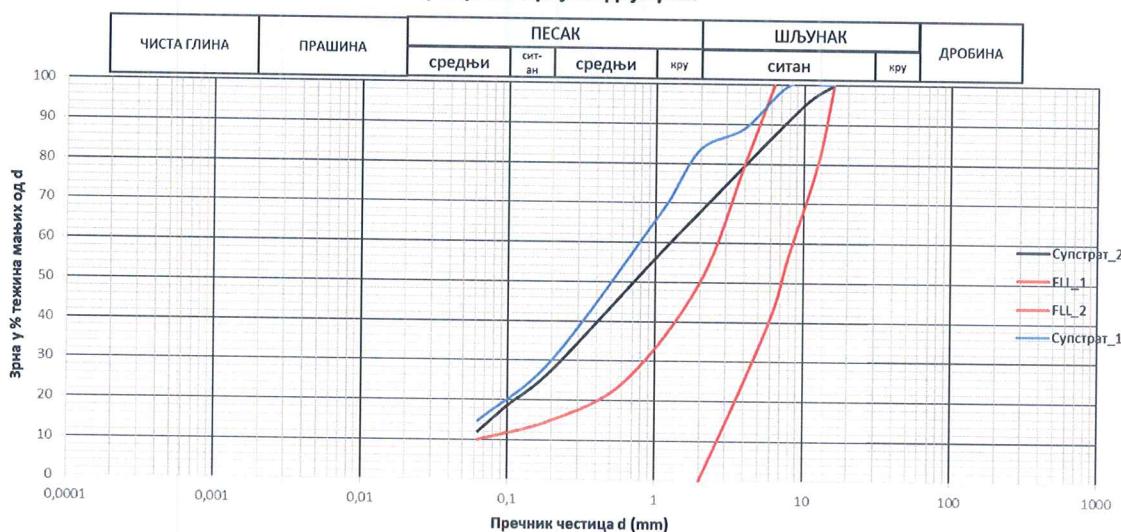
У табели 3 приказане су вредности запреминских маса припремљених мешавина.

Табела 3 – Запреминске масе супстрата

УЗОРАК	Запреминска маса [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]			Порозност $n$ [%]	Кофицијент порозности $e$
	$\gamma$	$\gamma_z$	$\gamma_s$		
Супстрат 1	1361,00	1798,53	2457,00	44,60	0,81
Супстрат 2	1220,00	1691,00	2402,00	50,04	1,00

На слици 7 представљене су гранулометријске криве припремљених мешавина супстрата као и граничне криве према смерницама FLL (2008).

Гранулометријски дијаграм



Слика 7 – Гранулометријски дијаграм супстрата 1 и 2, са приказаним опсегом према FLL (2008) смерницама за екстензивне зелене кровове

У табели 4 приказане су вредности максималног водног капацитета експерименталних суптрата за три потенцијалне дебљине слоја постављања (7, 10 и 15 cm).

Табела 4 – Максимални водни капацитет супстрата

Дебљина слоја [cm]	7,0	10,0	15,00
Супстрат 1	30,80 mm	44,00 mm	66,00 mm
Супстрат 2	35,00 mm	50,00 mm	75,00 mm

У табели 5 приказане су вредности коефицијента филтрације добијених на основу гранулометријске криве и порозности.

Табела 5 – Коефицијент филтрације

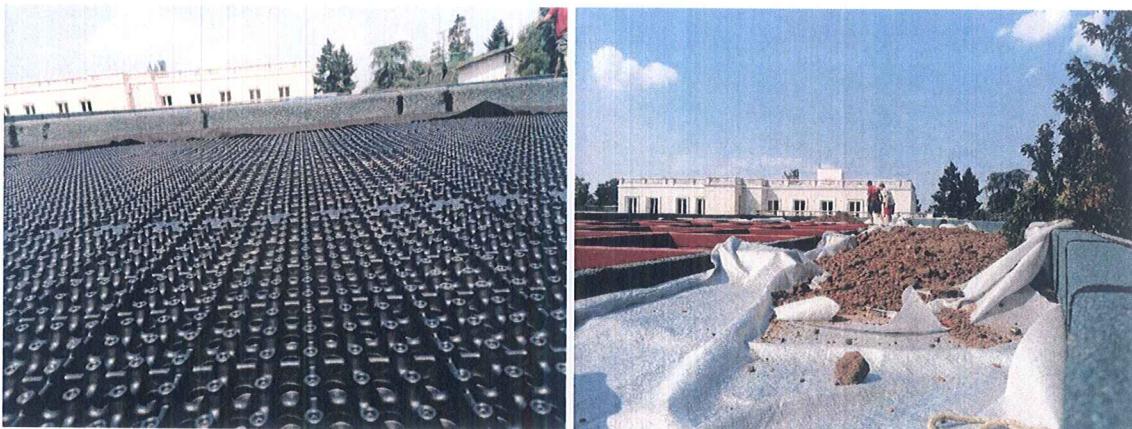
	Козени [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	Вучетић [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	Средња вредност [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
Супстрат 1	2,47	0,9	1,68
Супстрат 2	6,44	1,8	4,12

Измерене вредности pH код свих суптрата варирају од 7,0 – 8,0.

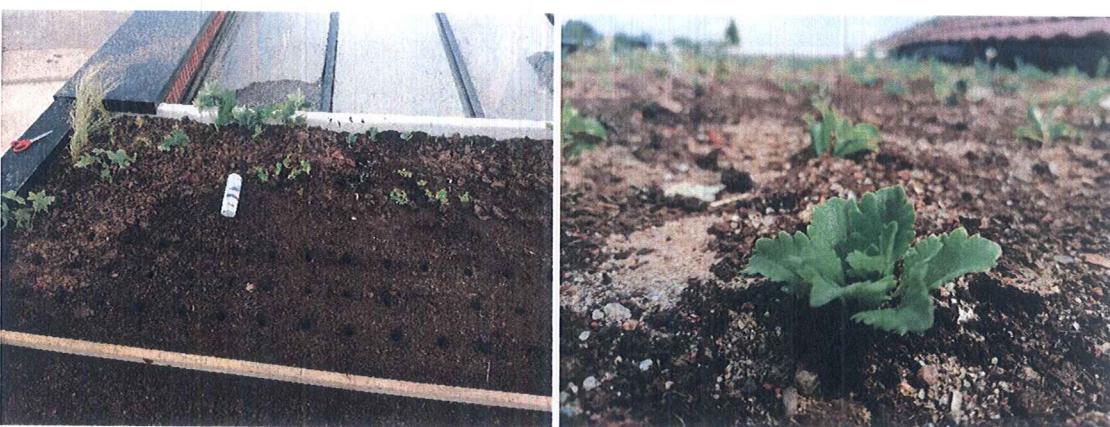
На основи спроведеног испитивања хидродинамичке консолидације може се закључити да су испитивани експериментални суптрати постојани у погледу хидродинамичке консолидације.

### 3. Примена у досадашњој пракси

Примена у пракси супстрата састављених од наведених елемената произашла је кроз пословну техничку сарадњу Шумарског факултета Универзитета у Београду и Агенције Живети са биљкама. Сазнања на основу лабораторијских испитивања, релевантне научне и стручне литературе као и примене супстрата на терену, омогућила су да се за различите потребе формирају оптималне мешавине супстрата. Ови супстрати, са различитим запреминским односом, у зависности од захтева на терену, примењени су за постављање неколико зелених кровова ( слика 8 и 9), под комерцијалним именом ZSB\_1 и ZSB\_2.



Слика 8 – Постављање изолације, супстрата и ретенцијиланих кутија са дренажом



Слика 9 – Садња седума

Примери са терена показали су да се применом оваквих супстрата постижу задовољавајући резултати у погледу, постављања, садње, дренирања, напредовања садница као и одржавања.

#### 4. Мишљење и препоруке

На основу извршених лабораторијских испитивања супстрата као и искустава из примене у досадашњој пракси, дефинисана су мишљења и дате су препоруке за даље побољшавање и постизање оптимума код спровођања мешавине за супстрате за подизање зелених крова. За референтне оптималне услове, у недостатку података за Србију, коришћене су Смернице за планирање, извођење и одржавање зелених крова FLL (1995) и FLL (2008) као и научни извори.

Према FLL (1995) прихватљива сува запреминска маса супстрата има опсег од 600 до  $1200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , како за екstenзивне тако и за системе интензивних супстрата за зелене кровове. Исти стандард прописује да је одговарајућа запреминска маса супстрата у засићеном стању од 1000 до  $1800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , као и да има могућност да се од тренутка потпуног засићења у року од 24 часа издренира. Већина грађевина има могућност да прихвати оптерећење од 100 до  $120 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Имајући у виду запреминску масу експерименталних супстрата (табела 3) препоручује се дебљина слоја не већа од 10 см, при чему ће, у природном насугом стању, вршити оптерећење на конструкцију од 122,0 до  $136,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , а у засићеном стању оптерећење од 161,9 до  $179,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ .

FLL (2008) не даје ограничења у запреминским масама супстрата већ се одлука приликом изградње може донети на основу података о носивости конструкције на коју се поставља. Што оставља простора за редукцију у односима саставних елемената а све у сврху постизања задовољавајућих физичких параметара који ће омогућити несметани раст биљака и дуготрајност постављене конструкције.

Максимални водни капацитет приказан у табели 4 указује да оба супстрата за дебљине слоја 7 и 10 см, испуњавају смернице FLL (2008). У пракси се до сада практиковало постављање слоја супстрата до дебљине од 10 см чиме је и овај критеријум задовољен.

Смернице FLL (2008) за једнослојни супстрат екstenзивног зеленог крова су захтевне у погледу пропустљивости воде те се крећу у опсегу од  $60 - 400 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , док је за вишеслојни супстрат дат опсег од 0,6 до  $70 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Добијене вредности коефицијента филтрације (табела 5), на основу гранулације и порозности, улазе у оквир препорука за вишеслојни супстрат FLL – а. Уколико се овај супстрат поставља са дренажним системом и филтер слојем (што је до сада била пракса), може се сматрати да је условно супстрат формиран као вишеслојни систем, чиме су смернице задовољене. Добијене нешто ниже вредности водопропустљивости супстрата могу одговарати нашем поднебљу, с обзиром да Немачка, за чије подручје су дате препоруке, на годишњем нивоу има значајно веће количине падавина, према процени од 800 до  $1000 \text{ mm} \cdot \text{год}^{-1}$ , док за подручје Београда годишње падавине не прелазе  $700 \text{ mm} \cdot \text{год}^{-1}$ . Такође треба узети у обзир и у овом испитивању примењену методу на основу гранулометријског састава која не даје прецизне вредности. За будуће истраживања препоручују се лабораторијска и теренска испитивања вододопустљивости која ће дати јасну слику о параметрима водопропустљивости анализираних супстрата.

Гранулометријска крива испитиваних супстрата приказана на слици 7 указује да је супстрат 2 ближи препорученој зони према FLL - у (2008). Једана од препорука које је

би требало да испуни супстрат за екстензивне кровове за садњу седума јесте та, да учешће честица мањих од 0,063 mm треба да буде мање од 10%. Супстрат 1 има учешће честица мањих од 0,063 mm 15%, док супстрат 2 има учешће од 12%. Супстрат 2 има повољније вредности. Carrillo et al. (2012) су спроведеним опсежним испитивањима различитих супстрата установили да се тешко испуњавају услови везани за смернице у гранулометријском саставу датих према FLL (2008) смерницама.

Према FLL (2008) pH вредност за екстензивне зелене кровове треба да износи између 6 и 8,5. Овај услов испуњавају сви анализирани супстрати. Jauch и Fischer (2000) указали су на могућу ацидификације супстрата током времена уколико, садрже ломљену циглу која на себи има примесе малтера или гипса (када се користе рецикларане цигле). Коришћени материјал у виду ломљених цигли нема оваквих примеса будући да се добавља директно из циглане те је на овај начин проблем евентуалне ацидификације супстрата превазиђен.

Резултати испитивања физичких особина супстрата указују да супстрат 2 има боље карактеристике у поређењу са супстратом 1 за потребе изградње екстензивног зеленог крова за садњу седума.

Предлаже се да се супстрат 2 може побољшати додавањем још једне компоненте у виду ломљене цигле (тзв. мала цигла) пречника 2 – 5 mm, на рачун процентуалног учешћа песка, земље, и тресета, чиме би се обезбедило приближавање физичких параметара супстрата препорученим вредностима од стране FLL - a (2008). На овај начин би се повећала ефективна порозност, односно олакшало дренирање супстрата. Такође би утицало на смањење запреминских маса супстрата.

#### 4. Закључак

Планирање изградња и одржавање зеленог крова условљена је са више фактора: захтеви клијента у погледу дизајна зеленог крова и избора биљака, техничким карактеристикама самог крова (конструкције), доступности материјала за изградњу, климатских услова као и ценом коштања изградње. Имајући ово у виду, пројектовање супстрата за изградњу зеленог крова може и мора трпети прилагођавање, а све у сврху постизања оптималног решења, које ће испунити пре свега захтеве у конструктивном смислу, затим према биљкама и на крају цене коштања изградње.

Испитивање смеше за супстрат за потребе екstenзивног односно плитког зеленог крова на коме ће се садити седуми (сукуленте), састоји се од хумусно акумулативног слоја земље, песка, ломљене цигле и мешавине тресета.

На основу лабораторијских испитивања физичких параметара саставних елемената који улазе у смешу супстрата може се закључити да са у одговарајућем, пројектованом, односу могу користити за спровођање супстрата за екstenзивне зелене кровове. Резултатима експерименталних испитивања супстрата датих у оквиру овог извештаја потврђена је ова могућност. Примена у пракси, мешавине супстрата састављених од наведених елемената, такође потврђује могућност коришћења за изградњу екstenзивних зелених кровова.

На основу резултата експерименталног испитивања смеше 1 и смеше 2 може се закључити да смеша 2 има боље физичке карактеристике од смеше 1.

Уважавајући мишљење и препоруке дате у поглављу 3 овог извештаја са испитаним саставним елементима за спровођање супстрата може се постићи задовољавање смерница датих од стране FLL (2008) за изградњу екstenзивних зелених кровова за садњу седума.

Имајући у виду да се за FLL смернице издате за подручје Немачке, неопходно је извршити стандардизацију за подручје Србије. Потребно је извршити детаљне анализе на основу којих ће се успоставити референтне вредности за физичке, механичке и хемијске параметре супстрата који ће одговарати климатским условима подручја Србије и испунити захтеве према планираној вегетацији.

## 5. Литература

Ampim, P. A., Sloan, J. J., Cabrera, R. I., Harp, D. A., & Jaber, F. H. (2010). Green roof growing substrates: types, ingredients, composition and properties. *Journal of Environmental Horticulture*, 28(4), 244-252.

Carrillo, L., Jauch, M., & Meinken, E. (2012). Determination of substrate quality for extensive green roof according to FLL guideline. *Acta Horticulturae*, (938), 431-436.

FLL (For schungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau). (1995). Guidelines for the Planning, Execution and Upkeep of Green-roof Sites. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, Bonn, Germany.

FLL. (For schungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau) (2008). Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing, Green roof guideline. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau E.V-FLL. (The Landscape Development and Landscaping Research Society E.VFLL) Bonn. 114p.

Gajić, G. (2010). Laboratorijska geotehnička ispitivanja određivanje fizičkih i mehaničkih osobina zemljišta. Univerzitet u beogradu Šumarski fakultet. ISBN 978-86-7299-175-8.

Jauch, M. and Fischer, P. (2000). Substrate im Dauertest, Dega Deutscher Gartenbau, 47:20-24.

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 fond za standardizaciju.

SRPS U.B1. 018, (2005). Geomehanička ispitivanja, Određivanje granulometrijskog sastava, Testing of soils. Determination of particle size distribution; Savezni zavod za standardizaciju.

SRPS U.B1. 038, (1997). Geomehanička ispitivanja, Određivanje odnosa vlažnosti i suve zapreminske mase tla, Testing of soils, Determination of the relation moisture content – density of soil; Savezni zavod za standardizaciju.

SRPS U.B1.014, (1988). Geomehanička ispitivanja, Određivanje zapreminske mase materijala tla bez pora, Testing of soils, Determination of density; Savezni zavod za standardizaciju; Službeni list SFRJ br. 42/88.