

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ**

**ЗАВРШНИ ИЗВЕШТАЈ**

**ПРОЈЕКАТ: „РЕЗЕРВЕ УГЉЕНИКА У ЗЕМЉИШТИМА ТРАВНИХ ЕКОСИСТЕМА  
ВИСОКОПЛАНИНСКИХ РЕГИОНА СРБИЈЕ “**

израђен на основу Уговора за закљученог између:

Министарства пољопривреде и заштите животне средине Републике Србије, Немањина 22-26 (број 404-02-216/10/2015-15 од 21.07.2015. године) и  
Универзитета у Београду - Шумарског Факултета, Кнеза Вишеслава 1, (број 01-5154/5 од 21.07.2015. године)

**Руководилац пројекта:** др Снежана Белановић Симић, ванр. проф.

**Сарадници:** проф. др Ратко Кадовић, проф. др Драгица Обратов – Петковић, Проф. др Милан Кнежевић, др Елмира Саљников, доц. др Сара Лукић, доц. др Јелена Белоица, доц. др Оливера Кошанин, доц. др Мирјана Тодосијевић, MSc Предраг Миљковић дипл.инж. Александра Тебић, дипл. инж. Милена Жарковић, мр Гордана Петковић, дипл. инж. Бранислава Михајловић

Београд, април, 2016.

## С а д р ж а ј

1. Увод .....	2
2. Методе проучавања .....	3
2.1. Обрада метеоролошких података.....	3
2.2. Проучавања вегетације .....	3
2.2.1. Фитоценолошка проучавања и процена промене структуре травних екосистема применом модела VSD+ VEG модел.....	3
2.2.2. Узорковање биомасе и прорачун резерви угљеника .....	3
2.3. Проучавања земљишта .....	4
2.3.1. Прорачун садржаја угљеника у земљишту.....	6
3. Резултати проучавања .....	6
3.1. Анализа метеоролошких података .....	6
3.2. Фитоценолошке анализе .....	10
3.2.1. Ливадска заједница на Златару.....	10
3.2.1. Ливадска заједница на Старој планини .....	14
3.3 Анализа надземне и подземне биомасе.....	17
3.3.1. Анализа надземне биомасе ливадских заједница проучаваних локалитета.....	17
3.3.2. Анализа подземне биомасе ливадских заједница проучаваних локалитета.....	18
3.3.3. Анализа однос "корен-стабло" за проучаване ливадске заједнице .....	19
3.4. Анализе проучаваних земљишта .....	20
3.4.1. Морфолошки опис земљишта .....	20
3.4.1.1 Морфолошки опис змљишта на локалитету Златар .....	20
3.4.1.2 Морфолошки опис змљишта на локалитету Стара планина .....	21
3.4.2. Физичка својства проучаваних земљишта.....	23
3.4.3 Хемијска својства проучаваних земљишта .....	23
3.4.4 Резултати анализа респирације проучаваних земљишта.....	26
4. Дискусија.....	33
4.1. Основна физичка и хемијска својства проучаваних земљишта.....	33
4.2. Анализа промене структуре вегетације травних екосистема.....	35
4.2.1 Анализа промене структуре вегетације травних екосистема Златара применом динамичког модела (VSDVeg model).....	35
4.2.2. Анализа промене структуре вегетације травних екосистема Старе планине применом динамичког модела (VSDVeg model).....	38
4.3. Анализа присуства C <sub>3</sub> и C <sub>4</sub> биљака у травним екосистемима проучаваних локалитета.....	41
4.4. Резерве акумулираног угљеника у травним екосистемима проучаваних локалитета.....	43
4.4.1. Резерве акумулираног угљеника у биомаси травних екосистемима проучаваних локалитета.....	44
4.4.2. Резерве акумулираног угљеника у земљишту травних екосистемима проучаваних локалитета .....	47
4.4.3. Респирација земљишта и садржај потенцијално минерализујућег угљеника.....	49
4.4.4. Укупна резерва везаног угљеника у проучаваним травним екосистемима.....	51
5. Закључак.....	54
Литература .....	56
Прилози .....	58

## 1. Увод

Земљиште има потенцијал да акумулира огромне резерве угљеника, тако да има једну од главних улога у глобалном балансу угљеника. Травни екосистеми акумулирају око 12% од укупних резерви угљеника у терестричној биосфери, према томе могу значајно допринети променама у кружењу угљеника. У надземној биомаси травних екосистема, пре свега зељастој биомаси, може се акумулирати релативно мала резерва угљеника у односу на ону у земљишту. Угљеник у земљиштима под травним екосистемима је у интеракцији са повећаним садржајем атмосферског CO<sub>2</sub>, депозицијом азота и променама диверзитета врста. На повећање стабилности и акумулацију угљеника у земљишту може утицати депозиције азота.

Циклус кружења угљеника је динамичан процес повезан са променом климе (Lal, 2013). Повећана концентрација CO<sub>2</sub> у атмосфери доприноси повећању биомасе, што може довести до извесног повећања укупног угљеника у земљишту. У литератури се наводи је да повећане концентрације CO<sub>2</sub> у атмосфери повећавају биомасу микроба и респирацију. Међутим, будуће везивање CO<sub>2</sub> и акумулирање угљеника је у равнотежи са губицима угљеника или доприноси његовом бржем кружењу. Са повећањем концентрације CO<sub>2</sub> и азотних једињења долази до повећања биомасе, што утиче на повећање садржаја земљишног органског угљеника као и промена у његовој динамици. Начин управљања травним екосистемима у правцу акумулације угљеника и повећања прираста, смањења осетљивости на инпуте азота, цео екосистем чини отпорнијим на климатске варијације и промене (Lal, 2009, FAO, 2010).

Прорачуни садржаја угљеника у оквиру терестричних екосистема и промена у акумулацији/везивању угљеника као резултата људских активности, први су корак ка бољој презентацији улоге ових екосистема у односу на промене климе на националном, регионалном и глобалном нивоу. Процена садржаја угљеника у земљиштима на националном нивоу је од посебног значаја за анализу земљишних потенцијала за стратегије ублажавања климатских промена. У Р Србији на основу Правилника о Националној листи индикатора заштите животне средине ("Службени гласник РС", бр. 37/11) се, у циљу утврђивања степена деградације, издваја индикатор праћења садржаја органског угљеника у појединим слојевима земљишта. Прорачуни садржаја угљеника у земљишту и промена садржаја саставни су део инвентара емисија у оквиру сектора LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry, 2003), као део обавезе подношења транспарентног извештаја о емисији гасова са ефектом стаклене баште (GHG) у оквиру Конвенције УН о промени климе (UNFCCC).

Пројектним задатком је дефинисано да се процене резерве акумулираног (депонованог) угљеника у надземној биомаси, подземној биомаси и у земљишту травних екосистема високопланинског подручја Старе планине и Златара.

Проучавања су вршена у високопланинским заједницама росуље, *Agrostidetum capillaris* Z. Pavlović 1955, на локалитету Водена пољана на Златару и на локалитету Јавор на Старој планини (Прилози 1 и 2). У табели 1 приказани су координате поља на проучаваним локалитетима.

Табела 1. Положај поља на проучаваним локалитетима

Локалитет	Поље	X	Y
Златар	1	7404260	4807621
	2	7404253	4807481
	3	7404135	4807589
	4	7404151	4807453
Стара планина	1	7651538	4790115
	2	7651767	4790221
	3	7652007	4790285
	4	7652129	4790348

## 2. Методе проучавања

Истраживањима су обухваћена проучавања земљишта, проучавања надземне и подземне биомасе доминантних високопланинских заједница.

### 2.1. Обрада метеоролошких података

Од метеоролошких података за проучаване локалитете анализирани су: двадесетогодишње месечне суме падавина, средње месечне температуре и сума сунчаних сати на месечном нивоу, за период 1990-2010. Метеоролошки подаци обрађени су у MetHyd моделу (Version 1.4.4., Alterra, ССЕ, 2010, 2013).

### 2.2. Проучавања вегетације

#### 2.2.1. Фитоценолошка проучавања и процена промене структуре травних екосистема применом модела VSD+ VEG модел

Одређивање биљних врста вршено је стандардном флористичком методом. Фитоценолошка истраживања приказана су комбинованом и модификованом методом Braun-Blanquet-a (1967).

VSD+ VEG модел симулира промену бројности и распрострањености изабраних биљних врста у односу на Еленбергове индикаторе (рН и влажност земљишта, инсолацију, температуру, као и приступачност нутритивних елемената пре свега азота и базних катјона) користећи и индексе сличности (Czekanowski индекс, 1913) и диверзитета (Simpsonov индекс, 1949 и Shannon индекс, 1948).

#### 2.2.2. Узорковање биомасе и прорачун резерви угљеника

Узорковање биомасе вршено је према IPCC Guidelines, LULUCF, 2003 (Tier 2 метода). Узорковање надземне биомасе вршено је према IPCC, LULUCF, 2003 и SOP#2034. Узорковање подземне биомасе вршено је методом цилиндра за не-дрвенасту вегетацију (Ravindranath и Ostwald, 2008). За одређену категорије коришћења земљишног простора у којима доминира дрвенаста биомаса, подземна биомаса се може одредити помоћу односа “корен-стабло” подземне према надземној биомаси. Процене односа корен-стабло препоручене су од стране IPCC (2006) и дате су по еко-регионима.

За категорије коришћења земљишта као што су природни травњаци, пашњаци, степе и подручја под жбунастом вегетацијом не може се применити претходно поменути однос корен-стабло. Подземну биомасу за ове категорије начина коришћења најбоље је одредити локално. У случајевима када локални подаци нису на располагању, IPCC (2006) пружа глобалне процене у листи укупне биомасе (надземне и подземне) и надземне биомасе за сваку климатску зону. На проучаваним локалитетима за високопланинску заједницу росуље, *Agrostidetum capillaris* Z. Pavlović 1955., одређен је однос “корен-стабло” тј. однос подземне према надземној биомаси.

Травни екосистеми се одликују вегетацијом у којој доминирају вишегодишње траве. Основни деопи у којима се акумулира C су жива биомаса која обухвата надземну и подземну биомасу и земљиште у коме се акумулира највећи удео атмосферског C.

Укупна биомаса у травним екосистемима одређена је у складу са IPCC GPG Guidance 2003, (Tier 2), у циљу добијања података специфичних за дате услове високопланинских пашњака Србије:

$$B_{Total} = B_{AG} + B_{BG} \quad \text{и} \quad B_{BG} = B_{AG} \cdot R$$

где је:

$B_{Total}$  – укупна биомаса, укључујући надземну и подземну; t суве материје

$B_{AG}$  – надземна биомаса; t s. m.

$B_{BG}$  – подземна биомаса; t s. m.

$R$  – однос „корен-стабло“; бездимензионалан

### 2.3. Проучавања земљишта

Проучавања земљишта обухватила су основна проучавања и то: морфолошка, проучавања стандардних физичких и хемијских особина земљишта и одређивање класификационе припадности. Такође, анализиран је квалитета органске материје проучаваних земљишта. Узорковање земљишта је вршено према Протоколу узорковања земљишта за утврђивање промена у депонованом органском угљенику минералних земљишта EU (Stolbovoy, et al., 2005, 2007).

На сваком локалитету на четири поља отворени су педолошки профили, а узорци су узети као композитни од по 5 појединачних из слојева по фиксним дубинама (0 -10 cm, 10 - 20 cm и 20 - 40 cm).

Проучавање стандардних физичких и хемијских особина земљишта извршено је према следећим методама:

1. Одређивање садржаја хигроскопске воде сушењем у сушници на температури од 105°C у трајању 6 до 8 часова;

2. Гранулометријски састав одређен је третирањем узорака са натријум-пирофосфатом. Фракционисање земљишта извршено је комбиновањем пипет методе и методе елутрације помоћу сита по *Attebergu*, уз одређивање процентуалног садржаја фракција од: 2-0,2mm, 0,2-0,06mm, 0,06-0,02mm, 0,02-0,006mm, 0,006-0,002mm и мањих од 0,002mm;
3. Одређивање текстурних класа земљишта (SRPS ISO 11259:2005);
4. Густина сувог земљишта одређена је методом SRPS ISO 11272:2007
5. Густина чврсте фазе проучаваних земљишта одређена је методом SRPS ISO 11508:2002
6. Активна киселост (pH у H<sub>2</sub>O) је одређена електрометријски помоћу апарата pH-метра (SRPS ISO 10390:2007 у складу са ISO 3696:1987);
7. Супституциона киселост (pH у 0,01M CaCl<sub>2</sub>) је одређена електрометријским путем помоћу апарата pH-метра (SRPS ISO 10390:2007);
8. Хидролитичка киселост је одређена по методу *Karpen-a*;
9. Сума адсорбованих базних катјона (S у смол·kg<sup>-1</sup>) је одређена по методу *Karpen -a*;
10. Тотални капацитет адсорпције за катјоне (T у смол·kg<sup>-1</sup>) је одређен рачунским путем;
11. Сума киселих катјона (T-S смол·kg<sup>-1</sup>) је одређена рачунским путем преко хидролитичке киселости;
12. Степен засићености земљишта базама је израчунат по *Hissinku (%)*;
13. Укупан азот у земљишту је одређен по методу *Kjeldahl-a (%)*, (SRPS ISO 11261:2005);
14. Одређивање органског угљеника оксидацијом помоћу смеше калијум-дихромат/сумпорна киселина (SRPS ISO 14235:2005)
15. Однос угљеника према азоту (C:N) је одређен рачунским путем;
16. Лакоприступачни P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O (mg/100 грама земљишта) је одређени по *Al-*методи.
17. **Респирација земљишта** је мерена фиксацијом 1M NaOH у контролисаним условима. Ослобођени угљен-диоксид се везује са 1M NaOH, а количина преосталог слободног NaOH одређује се титрацијом са 1M HCl. Из разлике количине NaOH узетог за везивање угљен-диоксида и преосталог слободног, утврђеног титрацијом са 1M HCl, обрачунава се количина ослобођеног угљен-диоксида за инкубациони период;
18. **Минерализација органске материје** земљишта одређена је секвенцијалним мерењем респирације. Моделирање минерализујућег потенцијала земљишта, коришћењем кинетичког модела првог реда, омогућило је процену интензитета процеса минерализације органске материје у проучаваном земљишту. Количина минерализованог угљеника је одређена у контролисаним условима (температура 28° C и влажност земљишта 50% WHC), мерењем респирације земљишта (Nelson и Sommers, 1996). Потенцијално минерализовани угљеник је утврђен из података о количини збирно утврђеног минерализованог CO<sub>2</sub>- C током 52 дана инкубације, сагласно једначини кинетичког модела првог реда:  $C_{min} = C_0(1 - e^{-kt})$ , где је  $C_{min}$  експериментално добијена вредност минерализованог C (mg kg<sup>-1</sup>) за време  $t$  (дани),  $C_0$  је потенцијално минерализујући угљеник (PMC) (mg kg<sup>-1</sup>), израчунат након постављања криве, и  $k$  је нелинеарна константа минерализације тј., стопа (брзина) минерализације (количина која је минерализована за дан) (d<sup>-1</sup>) (SPSS Inc., Sigma Plot 2007).

### 2.3.1. Прорачун садржаја угљеника у земљишту

Прорачун количине органског угљеника (SOCD) за сваки профил земљишта извршен је према формули (Stolbovoy, et. al., 2005, 2007).

$$SOCD = \sum_{i=1}^n \left( SOC_i \cdot BD_i \cdot T_i \cdot \left( 1 - \frac{C_i}{100} \right) \right), \quad (1)$$

где су: SOCD - количина земљишног органског угљеника ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ),

$T_i$  - дебљина слоја земљишта (cm),

$BD_i$  - густина сувог земљишта ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ),

$SOC_i$  - садржај земљишног органског угљеника ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),

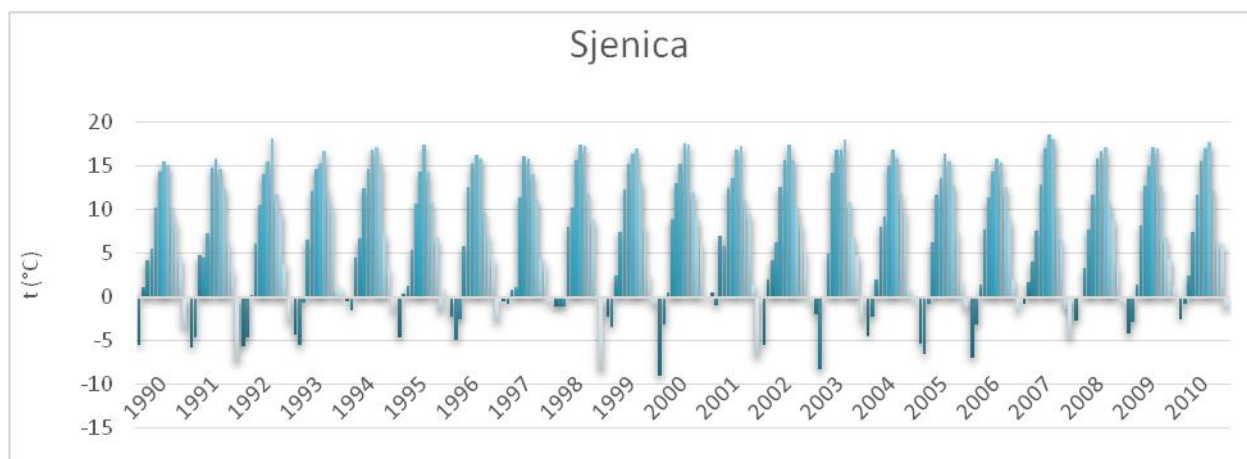
$C_i$  - процентуално учешће фракције  $>2$  mm у слоју  $i$ , респективно.

## 3. Резултати проучавања

### 3.1. Анализа метеоролошких података

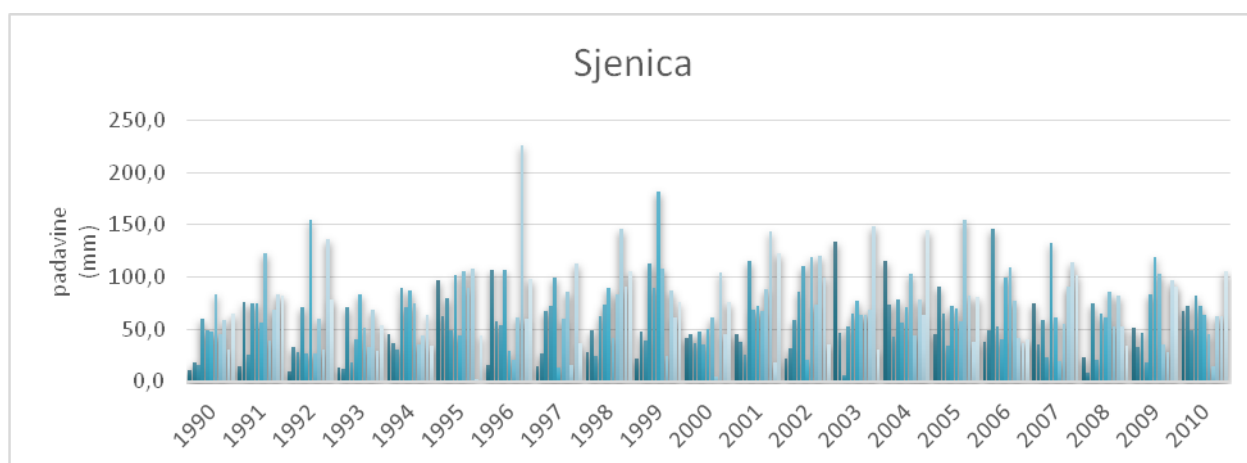
#### Температура

Средња годишња температура ваздуха за период 1990-2010. износи  $7,11^\circ\text{C}$ . Најнижа средња месечна вредност измерена је у јануару 2000. и износи  $-9^\circ\text{C}$ , а највиша средња месечна је измерена у јулу 2012. године и износи  $20,4^\circ\text{C}$ . Најтоплија година је 2014. са просечном годишњом температуром  $8,3^\circ\text{C}$ , а најхладнија је 2005. са просечном годишњом температуром  $6,0^\circ\text{C}$ .



## Падавине

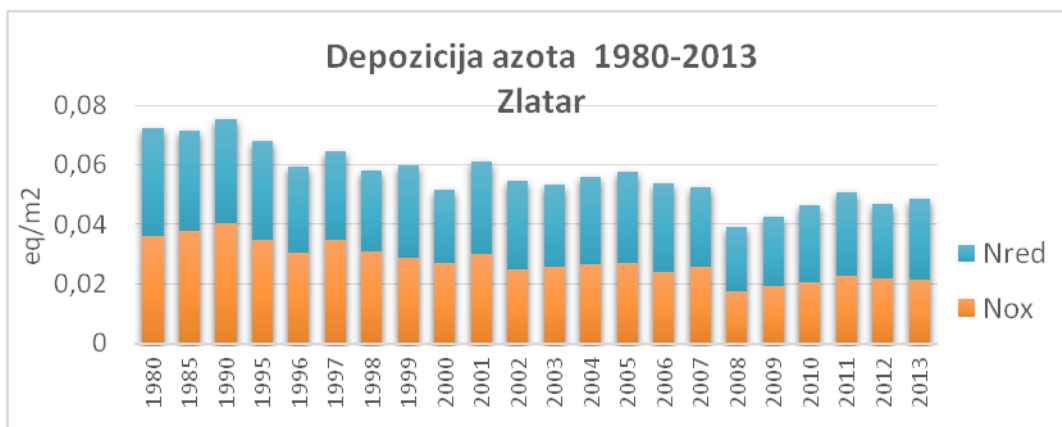
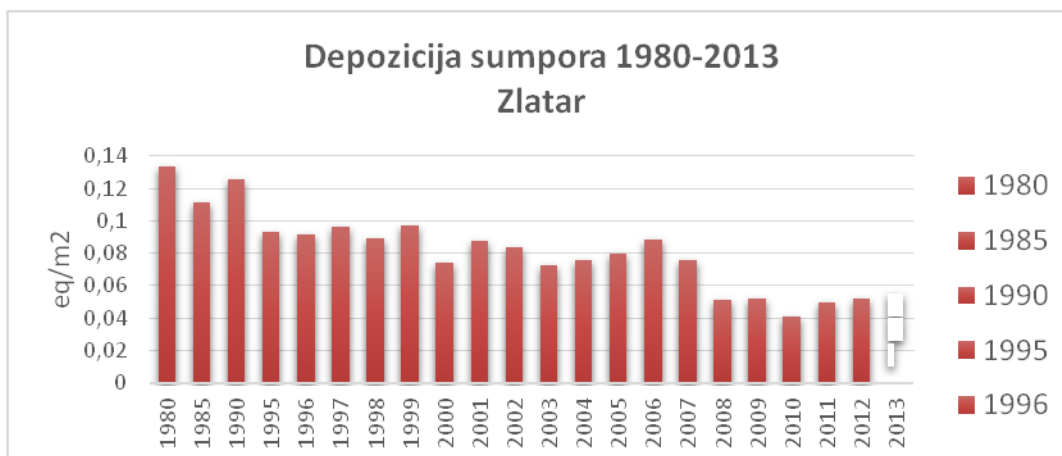
Просечна месечна вредност падавина за период од 1990-2010.године износи 67,34 mm, а просечна годишња сума падавина је 751,5 mm. Најмања месечна висина падавина је била у августу 2012. године са само 1,4 mm, док је највише падавина забележено у септембру 1996.године са 226,4mm. Година са најмањом количином падавина је 1993. (555,7 mm), а година са највећом количином падавина је 2014. (1011,10 mm).



Подаци о киселим депозицијама ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ) и депозицијама базних катјона (Ca, Mg, K, Na и Cl) коришћени су из ЕМЕП (European Monitoring and Evaluation Programme for Transboundary Long-Range Transported Air Pollutants) базе података. Депозиције сумпора и азота за период 1980-2013. карактерише тренд смањења.

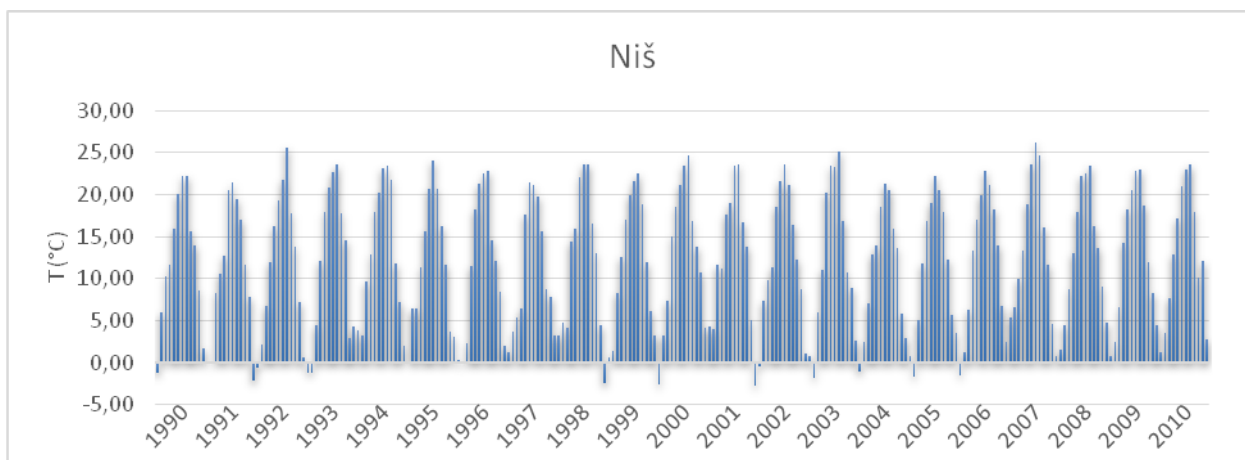
На подручју Златара маскималне депозиције сумпора забележене су 1980. године и износиле су  $21,28 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , а до 2013. године имају тренд смањења и износе  $8,16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Максималне количине депозиције азота на Златару измерене су 1990. године када су износиле  $4,76 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , док 2013. године износе  $3,78 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .





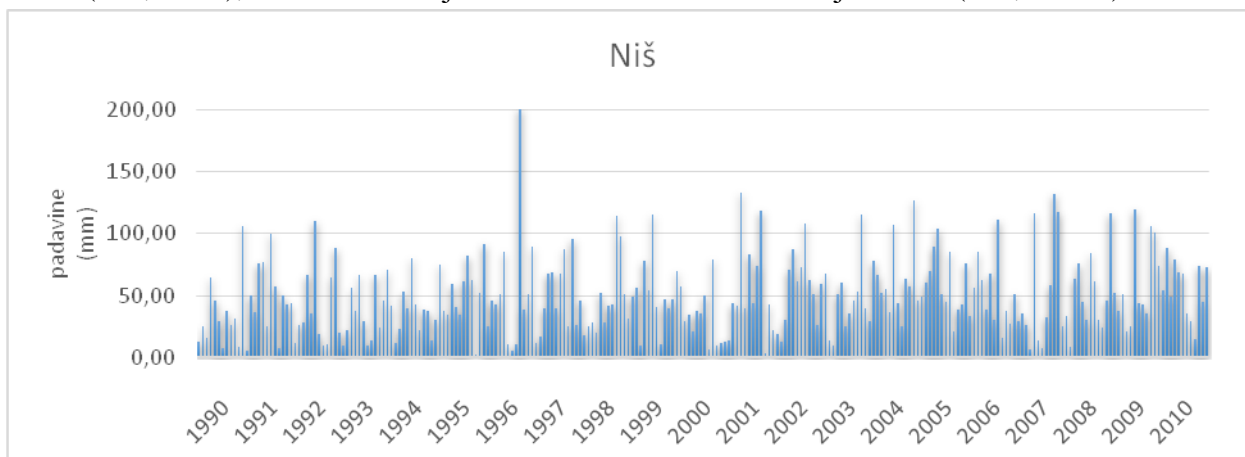
## Температура

Средња годишња температура ваздуха за период 1990-2010. износи 12,07°C. Најнижа средња месечна вредност измерена је у децембру 2001. године и износи -2,8°C, а највиша средња месечна је измерена у јулу 2007. године и износи 26,2°C. Најтоплија година је 2007. са просечном годишњом температуром 13,47°C а најхладнија је 1991. са просечном годишњом температуром 10,58°C.

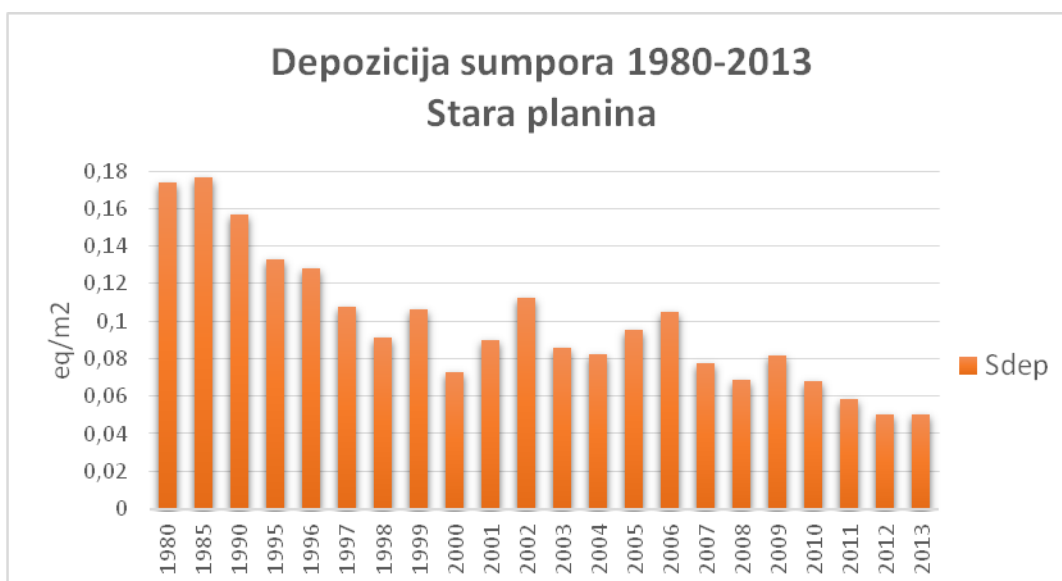


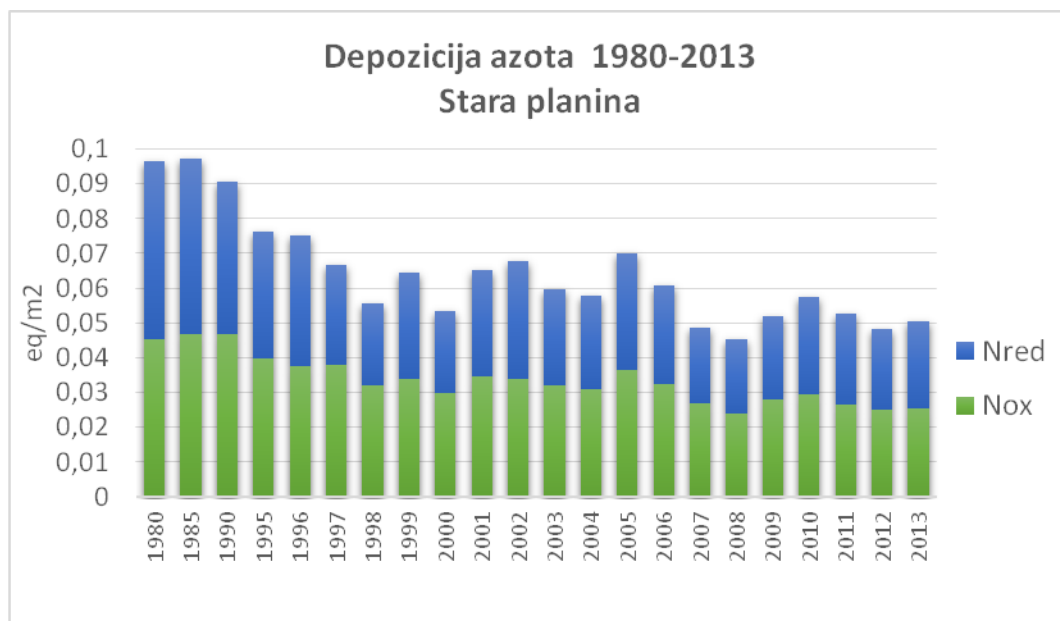
## Падавине

Просечна месечна вредност падавина за период од 1990-2010. године износи 49,9 mm, а просечна годишња сума падавина је 590,01 mm. Најмања месечна висина падавина је била у октобру 1995. године са 2,7 mm, док је највише падавина забележено у септембру 1996. године са 201,1 mm. Година са најмањом количином падавина је 2000. (385,6 mm), а година са највећом количином падавина је 2004. (756,30 mm).



На Старој планини максималне депозиције сумпора забележене су 1985. године и износиле су  $28,16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , а до 2013. године имају тренд смањења и износе  $8,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Максималне количине депозиције азота на Старој планини измерене су 1985. године када су износиле  $7,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , док 2013. године износе  $3,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .





## 3.2. Фитоценолошке анализе

### 3.2.1. Ливадска заједница на Златару

Високопланинске ливаде на Златару истраживане су на више локалитета, а карактеристична заједница росуље, *Agrostidetum capillaris* Z. Pavlović 1955, на локалитету Водена пољана. Исти тип ливадске заједнице налази се и на Копаонику, Руднику, Сувој планини, Старој планини, Озрену код Сјенице, Пештерској висоравни и др. У систематском смислу заједница припада класи *Festuco-Brometea* Br. Bl. et Tx., реду *Festucetalia vallesiacaе* и свези *Chrysopogoni-Danthonion*.

На Златару, заједница се смењује са другим типовима ливадских заједница у зони букових, буково-јелових и смрчевих шума. Њено присуство условљено је мезоклимом, рељефом, типом земљишта, а нарочито земљишном влагом. Заступљена је на југозападним, северозападним, североисточним, јужним, југоисточним, североисточним и источним експозицијама, на надморској висини од 1300-1410 m и на благо нагнутих теренима.

Флористички састав заједнице приказан је у Табели 2.

Флористички састав заједнице чине 62 врсте. У карактеристичан скуп долазе: *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra susp. fallax*, *Lotus corniculatus*, *Centaurea jacea*, *Alchemilla vulgaris*, *Dactylis glomerata*, *Carex caryophylla*, *Achillea millefolium*, *Leucanthemum vulgare*, *Stellaria graminea* и *Centaurea phrygia*.

Карактеристичне врсте свезе, реда и класе су: *Sanguisorba minor*, *Thymus serpyllum*, *Potentilla argentea*, *Trifolium montanum*, *Plantago media*, *Euphorbia cyparissias*, *Stachys officinalis* и *Medicago falcata*.

Анализа флористичког састава показује да заједницу чине хетерогене врсте из више шумских заједница, највише из зоне смрчевих шума, као и да се у оквиру ње саме разликује неколико спратова. Први спрат заузимају едификаторске врсте *Agrostis*

*capillaris*, *Festuca rubra* susp. *fallax* које овај спрат чине претежно једноличним. У нижим спратовима динамика је веома бурна, а одликује се брзим смењивањем аспеката. Настанак заједнице одређен је зооантропогеним факторима. Њено даље напредовање иде у регресивном правцу. *Agrostidetum* на Златару показује највише сличности са истим типом заједнице на Сувој планини.

Заједница росуље је, у односу на животне одлике, хемикриптофитска (*chamaecryptophyta* 86,58%). Оваква расподела животних форми карактеристична је за заједнице са одсуством фанерофитских врста. Хамефите, геофите и терофите (*chamaephyta* 4,88%, *geophyta* 4,88%, *therophyta* 4,16%) се јављају са подједнаком учесталашћу што значи да климатске, едафске и друге еколошке карактеристике станишта иду ка мање повољним. Надморска висина на којој се заједница јавља некада прелази 1400 m, што свакако терофитама не погодује, а геофите и хамефите због свог општег хабитуса и прилагођености могу да преживе.

Анализа флорних елемената показује доминацију евроазијских флорних елемената који су заступљени у дупло већем проценту него средњеевропски (евг. - 42,68%, се. - 21,95%). Карактеристична је веома мала заступљеност флорних елемената северних предела (1,22%). Понтско-централноазијски елементи су у овој заједници веома добро заступљени (*pont.ca* - 18,29%), што указује да су станишта са хладнијом мезо и микроклимом.

Табела 2: Флористички састав заједнице *Agrostidetum capillaris* Z. Pavlović 1955 на Златару

Локалитет	ВОДЕНА ПОЉАНА										Степен присутности
Надморска висина (m)	1300	1320	1340	1350	1360	1370	1380	1390	1400	1410	
Нагиб <sup>o</sup>	10	8	6	5	12	15	20	15	15	15	
Експозиција	SW	SW	WN	WN	NE	S	SE	SE	EN	E	
Површина (m <sup>2</sup> )	100 x 100 m										
Број снимка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Карактеристичан скуп асоцијације</b>											
<i>Agrostis capillaris</i>	3.4	4.4	3.3	4.4	4.4	4.4	5.5	3.3	4.4	4.4	V
<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>fallax</i>	+1	1.	+	1.1	2.2	2.2	+	1.1	+	+2	V
<i>Lotus corniculatus</i>	2.2	1.1	2.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		1.1	IV
<i>Centaurea jacea</i>	1.1	1.2		+	+1	+1	+		+	+	IV
<i>Alchemilla vulgaris</i>	+1	1.1	+2		+1		+1		+1	+1	IV
<i>Dactylis glomerata</i>	1.1	+1		+1		+1	+1	+	+1		IV
<i>Carex caryophylla</i>	+		+1	1.1	+1	+1		+1		+1	IV
<i>Achillea millefolium</i>	+	1.1	+1	+1	+1		+1		+1		IV

Локалитет	В О Д Е Н А П О Љ А Н А										Степен присутности
Надморска висина (m)	1300	1320	1340	1350	1360	1370	1380	1390	1400	1410	
Нагиб °	10	8	6	5	12	15	20	15	15	15	
Експозиција	SW	SW	WN	WN	NE	S	SE	SE	EN	E	
Површина (m <sup>2</sup> )	100 x 100 m										
Број снимка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Карактеристичан скуп асоцијације</b>											
<i>Leucanthemum vulgare</i>	1.1	+1	+1		+	+	+	+1			IV
<i>Stellaria graminea</i>	+1		+1	+	+1	+			+1		IV
<i>Centaurea phrygia</i>		+1	+1	+			+1	+1		+	IV
<b>Карактеристичне врсте свезе, реда и класе</b>											
<i>Sanguisorba minor</i>	1.1	1.1	2.1	+	1.1	+1		+1	1.1	+1	V
<i>Thymus serpyllum</i>		1.1	1.1	1.2	1.1			1.1			III
<i>Potentilla argentea</i>	1.1		1.1	1.1		1.1	1.1	1.1			III
<i>Trifolium montanum</i>		+1			1.1	1.1	1.1			1.1	III
<i>Plantago media</i>				1.1		1.1	1.1	+1	1.1		III
<i>Euphorbia cyparissias</i>			+1	+1		+1	1.1	+1			III
<b>Прагилице</b>											
<i>Rhinanthus rumelicus</i>			+	+		+1	+	+1		+1	IV
<i>Rumex acetosella</i>	1.1				1.1	1.1	1.2		1.1		III
<i>Trifolium alpestre</i>		1.1	1.1		1.2			1.1		1.1	III
<i>Plantago lanceolata</i>	1.1		1.1	1.1		1.1	1.1				III
<i>Viola tricolor</i>	1.1	1.1			1.1			1.1	1.1		III
<i>Veronica chamaedrys</i>		1.1			1.1		1.1	1.1	1.1		III
<i>Veratrum album</i>						1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	III
<i>Campanula patula</i>	1.1	1.1	1.1		1.1	1.1					III
<i>Helianthemum nummularium</i>	1.1	1.1					1.1	1.1		1.1	III
<i>Vicia cracca</i>			1.1	1.1		+1		1.1	1.1		III
<i>Dianthus carthusianorum</i>	1.1	1.1		1.1		1.1		+1			III
<i>Nardus stricta</i>		1.1	1.1	1.1	1.1		1.1				III
<i>Galium verum</i>	1.1	1.1		1.1	1.1			1.1			III

Локалитет	ВОДЕНА ПОЉАНА										Степен присутности
Надморска висина (m)	1300	1320	1340	1350	1360	1370	1380	1390	1400	1410	
Нагиб °	10	8	6	5	12	15	20	15	15	15	
Експозиција	SW	SW	WN	WN	NE	S	SE	SE	EN	E	
Површина (m <sup>2</sup> )	100 x 100 m										
Број снимка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Пратилице											
<i>Campanula persicifolia</i>	1.1				1.1	+1	1.1	1.1			III
<i>Anthylus vulneraria</i>	1.1				1.1	+1	1.1		1.1		III
<i>Briza media</i>	1.1				1.1		+1	+1		1.1	III
<i>Polygala major</i>			+1	1.1		+1	1.1			1.1	III
<i>Silene roemerii</i>		1.1		+1		+1	+1		1.1		III
<i>Anthoxanthum odordatum</i>				+1		+1		+1	1.1	1.1	III
<i>Astrantia major</i>				1.1	1.1		+		+1	+1	III
<i>Myosotis silvatica</i>		+1		+	+1.1				+1		III
<i>Scabiosa ochroleuca</i>				1.1	1.1	1.1				1.1	III
<i>Panicum serbicum</i>		1.1		1.1			1.1		1.1		III
<i>Agrimonia eupatoria</i>			+1		1.1		1.1		+1		II
<i>Bromus tectorum</i>			1.1	+1		+1		1.1			II
<i>Daucus carota</i>	1.1	+1			1.1					+1	II
<i>Anagalis arvensis</i>			1.1			+1		1.1	+1		II
<i>Sanguisorba minor</i>	1.1		+		+			+			II
<i>Stellaria graminea</i>		1.1		+		+		+			II
<i>Allium carinatum</i>			1.1		+		+		+		II
<i>Melica uniflora</i>	1.1			+		+		+			II
<i>Poa pratensis</i>							1.1	1.1			I
<i>Orchis morio</i>			1.1		1.1						I
<i>Alopecurus pratensis</i>		1.1				1.1					I
<i>Polygala comosa</i>			+				+				I
<i>Lolium perenne</i>			+						+		I
<i>Euphrasia rostkoviana</i>		+				+					I

У једном фитоценолошком снимку јављају се следеће врсте: *Galium erectum* (1) +.1; *Polygonatum verticillatum* (2) +; *Veronica officinalis* (5) +; *Thalictrum aquilegifolium* (6) +.1; *Deschampsia flexuosa* (8) +.1; *Hypericum maculatum* (9) +; *Trifolium campestre* (10) +.1; *Pimpinella saxifraga* (2) +.

### 3.2.1. Ливадска заједница на Старој планини

На Старој планини ливаде и пашњаци образовали су се секундарно на чистинама након сече и потискивања шума. Травна вегетација се развила у односу на висински градијент од брдских ливада и пашњака преко планинских и субалпијских до алпијских пашњака. На читавом подручју, а посебно у планинском појасу, услед, неадекватног искориштавања (испаше и косидбе), као и због многобројних других антропогених утицаја, многи пашњаци су у мањој или већој мери деградирани. Деградација иде у правцу опадања бројности врста високе вредности, а пораста бројности мање вредних врста.

Најраспрострањенији тип ливадске заједнице у брдском и планинском појасу Старе планине је асоцијација *Agrostietum capillaris* Павловић 1955. Флористички састав и степен присутности приказани су у табели 3.

Табела 3: Флористички састав заједнице *Agrostietum capillaris* Pavlović 1955. на локалитету Јавор (Стара планина)

Локалитет	Јавор	Степен присутности
Експозиција	N	
Надморска висина	1288 m	
Нагиб	30 <sup>0</sup>	
<b>Карактеристичне врсте заједнице</b>		
<i>Agrostis capillaris</i>	3.3	V
<i>Festuca vallesiaca</i>	3.3	V
<i>Centaurea phrygia</i>	2.3	IV
<i>Festuca arundinacea</i>	2.2	III
<i>Galium vernum</i>	2.2	III
<i>Helianthemum nummularium</i>	2.2	III
<b>Пратилице</b>		
<i>Hypericum perforatum</i>	<b>2.2</b>	III
<i>Tanacetum vulgare</i>	2.2	III
<i>Veronica jacquinii</i>	2.2	III
<i>Thymus vandasii</i>	1.2	III
<i>Stellaria graminea</i>	1.1	II
<i>Achillea millefolium</i>	1.1	II
<i>Luzula silvatica</i>	1.1	II
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1.1	II
<i>Trifolium pannonicum</i>	1.1	II
<i>Rumex acetosa</i>	1.1	II
<i>Centaurea stoebe</i>	1.1	II

Локалитет	Јавор	Степен присутности
Експозиција	N	
Надморска висина	1288 m	
Нагиб	30 <sup>0</sup>	
<b>Пратилице</b>		
<i>Brachypodium silvaticum</i>	1.1	II
<i>Trifolium alpestre</i>	1.1	II
<i>Tragopogon pratensis</i>	1.1	II
<i>Campanula glomerata</i>	1.1	II
<i>Leontodon hispidus</i>	1.1	II
<i>Hieracium hoppaeaeum</i>	1.1	II
<i>Chamaecytisus albus</i>	1.1	II
<i>Silene roemerii</i> subsp. <i>sendtnerii</i>	1.1	II
<i>Stachys officinalis</i>	1.1	II
<i>Trifolium pratense</i>	1.1	II
<i>Crepis conyzifolia</i>	1.1	II
<i>Plantago lanceolata</i>	1.1	II
<i>Chamaespartium sagittale</i>	1.1	II
<i>Lotus corniculatus</i>	1.1	II
<i>Calamagrostis epigeios</i>	1.1	I
<i>Leopoldia comosa</i>	+3	I
<i>Dactylis glomerata</i>	+2	I
<i>Briza media</i>	+2	I
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+2	I
<i>Poa pratensis</i>	+2	I
<i>Campanula patula</i>	+1	I
<i>Dianthus cruentus</i>	+1	I
<i>Verbascum longifolium</i>	+1	I
<i>Potentilla erecta</i>	+1	I
<i>Trifolium ochroleucum</i>	+1	I
<i>Deschampsia flexuosa</i>	+1	I
<i>Prunella grandiflora</i>	+1	I
<i>Cynanchum vincetoxicum</i>	+1	I
<i>Chaerophyllum aureum</i>	+1	I
<i>Hieracium bauhini</i>	+1	I
<i>Trifolium montanum</i>	+1	I
<i>Potentilla argentea</i>	+1	I
<i>Cirsium arvense</i>	+1	I
<i>Prunella laciniata</i>	+1	I
<i>Cynosurus cristatus</i>	+1	I
<i>Euphrasia stricta</i>	+1	I
<i>Scabiosa columbaria</i>	+1	I



Локалитет	Јавор	Степен присутности
Експозиција	N	
Надморска висина	1288 m	
Нагиб	30 <sup>0</sup>	
<b>Пратилице</b>		
<i>Vicia cracca</i>	+1	I
<i>Verbascum lychnitis</i>	+1	I
<i>Orobanche gracilis</i>	+1	I
<i>Agrostis alba</i>	+1	I
<i>Veronica chamaedrys</i>	+1	I
<i>Salvia verticillata</i>	+1	I
<i>Viscaria vulgaris</i>	+1	I
<i>Galium mollugo</i>	+1	I
<i>Cerastium moesiacum</i>	+	I
<i>Alopecurus pratensis</i>	+	I
<i>Allium carinatum</i>	+	I
<i>Polygala major</i>	+	I
<i>Rosa rubrifolia</i>	+	I
<i>Veratrum album</i>	+	I
<i>Seseli peucedanoides</i>	+	I
<i>Calamintha vulgaris</i>	+	I
<i>Silene vulgaris</i>	+	I
<i>Leucanthemum vulgare</i>	+	I
<i>Digitalis ambigua</i>	+	I
<i>Libanotis montana</i>	+	I
<i>Taraxacum officinale</i>	+	I
<i>Crataegus monogyna</i>	+	I
<i>Gymnadenia conopsea</i>	+	I
<i>Inula hirta</i>	+	I
<i>Carex caryophyllea</i>	+	I
<i>Asperula cynanchia</i>	+	I
<i>Lathyrus pratensis</i>	+	I
<i>Hypochoeris maculata</i>	+	I
<i>Ferulago silvatica</i>	+	I
<i>Anthyllis vulneraria</i>	+	I
<i>Cirsium ligulare</i> var. <i>armatum</i>	+	I
<i>Stachys germanica</i>	+	I
<i>Scleranthus annus</i>	+	I
<i>Rhinanthus minor</i>	+	I

Заједницу чини 88 врста. У карактеристичан скуп заједнице долазе: *Agrostis capillaries*, *Festuca vallesiaca*, *Centaurea phrygia*, *Festuca arundinacea* и *Galium verum*

*Helianthemum nummularium*. Заједница је хемикриптофитског карактера (chamaecryptophyta 89,97%), а карактерише је и потпуно одсуство фанерофитских врста.

### 3.3 Анализа надземне и подземне биомаса

#### 3.3.1. Анализа надземне биомасе ливадских заједница проучаваних локалитета

Надземна биомаса као једна од основних карактеристика екосистема истовремено представља један од депоа за везивање С у травним екосистемима. У оквиру овог истраживања надземна биомаса одређена је директним мерењем биомасе - узимањем узорак вегетације како би се добиле вредности потребне за будуће индиректне процене надземне биомасе у проучаваним ливадским заједницама високопланинских пашњака Србије.

Количина надземне биомасе на проучаваним локалитетима одређена је деструктивном методом “кошење-и мерење”, а добијене вредности дате су у Табели 4.

Надземна биомаса на локалитету Златар креће се од 3,09 (поље 3) до 4,11  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 1), а просечна надземна биомаса износи на 3,56  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (3562,85  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Табела 4. Надземна биомаса проучаваних локалитета

Локалитет	Поље	Надземна биомаса	
		$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$
Златар	1	0,4108	4,11
	2	0,3372	3,37
	3	0,3090	3,09
	4	0,3679	3,68
	ср. вредност $\pm$ s.d.		3,56 $\pm$ 0,436
Стара планина	1	0,5880	5,88
	2	0,4464	4,46
	3	0,4443	4,44
	4	0,3926	3,93
	ср. вредност $\pm$ s.d.		4,67 $\pm$ 0,839*

Надземна биомаса на локалитету Стара планина креће се од 3,93 (поље 4) до 5,88  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 1), а просечна надземна биомаса износи 4,67  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (4678,23  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Мање количине надземне биомасе измерене су на локалитету Златар где је врши испаша стоке.

У поређењу са „default“ вредностима за надземну биомасу пашњака Србије, а која према IPCC (2003) износи  $2,4 \pm 75\% \text{ t s.m.ha}^{-1}$ , на проучаваним локалитетима надземна биомаса је у горњем опсегу ових вредности на локалитету Златар, док на локалитету Стара планина прелази процењену вредност.

### 3.3.2. Анализа подземне биомасе ливадских заједница проучаваних локалитета

Највећи удео резерве С је депонован, углавном, у корену и органској материји земљишта. У поређењу са другим типовима вегетације, травни екосистеми у подземној биомаси и земљишту углавном имају већи удео резерве С у укупној резерви угљеника. Међутим, ови екосистеми изложени су поремећајима, међу којима су и начин коришћења, који могу значајно да утичу на стање и промену резерве везаног угљеника.

Одређивање подземне биомасе представља битну компоненту за процену резерве угљеника травних екосистема и захтева теренска мерења која су дуготрајна и захтевна. Према препоруци IPCC (2003), подземна биомаса се може проценити на основу надземне уз коришћење фактора експанзије, који су најчешће изражени односом „корен-стабло“ подземне према надземној биомаси. Међутим, за тачније процене је потребно за локалне станишне услове одредити однос “корен-стабло”.

Количина подземне биомасе одређена је методом цилиндра за не-дрвенасту вегетацију и приказана је у табели 5.

Табела 5. Подземна биомаса проучаваних локалитета

Локалитет	Поље	Густина корена	Подземна биомаса	
		kg·m <sup>-3</sup>	kg·m <sup>-2</sup>	Mg·ha <sup>-1</sup>
Златар	1	23,10	2,310	23,10
	2	21,47	4,294	42,94
	3	6,17	1,235	12,35
	4	16,89	3,377	33,77
	Sr. ± s.d.	16,91 ± 7,624*		28,04 ± 13,235
Стара планина	1	13,56	2,711	27,11
	2	8,52	1,704	17,04
	3	8,41	1,681	16,81
	4	3,09	0,618	6,18
	Sr. ± s.d.	8,39 ± 4,273		16,79 ± 8,547

Просечна подземна биомаса на локалитету Златар је 28,0415 Mg·ha<sup>-1</sup> (2804,15 kg·ha<sup>-1</sup>) и креће се од 12,35 Mg·ha<sup>-1</sup> (поље 3) до 42,94 Mg·ha<sup>-1</sup> (поље 2). Просечна подземна биомаса на локалитету Стара планина је нижа и износи 16,79 Mg·ha<sup>-1</sup> (1678,71 kg·ha<sup>-1</sup>), односно креће се од 6,18 Mg·ha<sup>-1</sup> (поље 4) до 27,11 Mg·ha<sup>-1</sup> (поље 1).

Иако уочљива, разлика у подземној биомаси на локалитетима Златар и Стара планина, није статистички значајна.

Густина корена проучаваних ливадских заједница одређена је на дубини до 20 cm (табела 5). Просечна густина корена на локалитету Златар износи 16,91 ± 7,624 kg·m<sup>-3</sup>, и креће се у распону од 6,17 kg·m<sup>-3</sup> (поље 3) до 23,10 kg·m<sup>-3</sup> (поље 1). На

локалитету Стара планина је статистички значајно мања густина корена и износи  $8,39 \pm 4,273 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ( $p < 0,05$ ), у распоно од  $3,09 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  (поље 4) до  $13,56 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  (поље 1).

### 3.3.3. Анализа однос „корен-стабло“ за проучаване ливадске заједнице

Фактор експанзије за одређивање подземне биомасе у травним екосистемима може се изразити односом “корен-стабло“. Однос “корен-стабло“ варира у зависности од чинилаца као што су начин коришћења, присуство поремећаја (пожари, испаша). У оквиру исте категорије коришћења земљишта где се сврставају природни травњаци, пашњаци, степе као и подручја под жбунастом вегетацијом са мало или нимало дрвенасте биомасе, значајне резерве угљеника акумулиране су у различитој запремини подземне биомасе. За ове категорије начина коришћења најбоље је однос „корен-стабло“ одредити локално. Према препорукама IPCC (2003) за однос „корен – стабло“ „default“ вредност фактора експанзије тј. односа “корен-стабло” за травне екосистеме умерено хладне, влажне климатске зоне у којој се налазе проучавана подручја износи  $4,0 \pm 150\%$  (IPCC, 2003).

Одређен је однос корена и надземног дела проучаваних ливадских заједница, приказан у табели 6.

Табела 6. Однос „корен-стабло“ за проучаване ливадске заједнице

Локалитет	Поље	Однос R:S
Златар	1	5,62
	2	12,74
	3	4,00
	4	9,18
	Sr. $\pm$ s.d.	$7,88 \pm 3,893$
Стара планина	1	4,61
	2	3,82
	3	3,78
	4	1,57
	Sr. $\pm$ s.d.	$3,45 \pm 1,307$

Просечан однос „корен-стабло“ на локалитету Златар износи 7,88, док на локалитету Стара планина овај однос је 3,45. На шири однос „корен-стабло“ на локалитету Златар као и развијенију подземну биомасу вероватно је, поред других утицаја, утицала и интензивна испаша стоке.

### **3.4. Анализе проучаваних земљишта**

#### **3.4.1. Морфолошки опис земљишта**

##### **3.4.1.1. Морфолошки опис земљишта на локалитету Златар**

###### **Профил 1/2015**

координате: 7404260, 4807621,

надм. висина: 1441 mm,

експозиција: E

нагиб: 10°

A (0-15cm) - мрке боје, мрвичасте структуре, проткано корењем трава, скелетно 10%

(B) (15-27) - смеђе боје, без корења, скелетно 25%

(B)C (<33 cm) - грус стена у распадању, смеђе боје

Хумусносиликатно земљиште, посмеђено, колувијално на рожнацу

###### **Профил 2/2015**

координате: 7404253, 4807481,

надм. висина: 1448 mm,

експозиција: NW

нагиб: 20°

A (0-23cm) - мрке боје, мрвичасте структуре, проткано корењем трава, скелетно 10%

(B) (23-80) - смеђе боје, без корења, скелетно 5%

(B)C (<80 cm) - грус у распадању, смеђе боје

Кисело смеђе земљиште на рожнацу

###### **Профил 3/2015**

координате: 7404135, 4807589,

надм. висина: 1479 mm,

експозиција: E

нагиб: 25°

A (0-25 (30)cm) - смеђе тамне боје, мрвичасте структуре, проткано корењем трава, јасан прелаз у хоризонт испод, скелетно крупни комади 10%

(B) (25 (30)-90 (110)) - смеђе црвенкасте боје, иловасто, скелетно крупни комади 20%

(B)C (<120 cm) - грус у распадању

Кисело смеђе земљиште на рожнацу

#### **Профил 4/2015**

координате: 7404151, 4807453,

надм. висина: 1455 mm,

експозиција: NE

нагиб: 10°

A (0-20cm) - смеђе боје, мрвичасте структуре, проткано корењем трава, скелетно 15% а у слоју 10-20 скелетно 30%

(B) (20-70) - смеђе боје, иловасто, скелетно 20 - 40%

(B)C (<80 cm) - грус у распадању

Кисело смеђе земљиште на рожнацу

### **3.4.1.2 Морфолошки опис земљишта на локалитету Стара планина**

#### **Профил 1/2015**

координате: 7651538, 4790115

надм. висина: 1296 mm,

експозиција: S

нагиб: 35°

A (0-45cm) - мрке боје, мрвичасте структуре, проткано корењем трава и ризома геранијума до 30 cm,

AC (45 - 50 cm) - скелетно крупни одломци до 30%

Хумуносиликатно на шкриљцима

#### **Профил 2/2015**

координате: 7651767, 4790221

надм. висина: 1358 mm,

експозиција: S

нагиб: 25°

A (0-23cm) - мрке боје, мрвичасте структуре, проткано корењем до 25 cm,

(B) (23-60 cm) - смеђе, иловасто, мало коренчића, скелетно око 30%, присутни комади пешчара пренетог

(B)C (>60 cm) - шкриљац у распадању

Смеђе земљиште на шкриљцима

### **Профил 3/2015**

координате: 7652007, 4790285

надм. висина: 1407 mm,

експозиција: SW

нагиб: 20°

A (0-30cm) - мрке боје, мрвичасте структуре, проткано корењем трава скелетно 35 - 40 %, скелетност расте са дубином

AC (>30 cm) - шкриљци

Хумуносиликатно на шкриљцима

### **Профил 4/2015**

координате: 7652129, 4790348

надм. висина: 1436 mm,

експозиција: S-SW

нагиб: 35°

A (0-35cm) - мрке боје, проткано корењем трава до 20cm, скелетно 60 -70 %, скелетност крупни одломци шкриљаца, у доњем делу профила присутни знаци аргилогенезе

AC (>40 cm) - шкриљци

Хумуносиликатно на шкриљцима

### 3.4.2. Физичка својства проучаваних земљишта

Резултати гранулометријског састава проучаваних земљишта приказани су у Табели 7. Проучавана земљишта на оба локалитета према текстурној класи углавном су у класи иловача. Резултати анализе густине сувог земљишта проучаваних локалитета приказани су Табели 8.

Табела 8. Густина сувог земљишта проучаваних локалитета

Локалитет	Поље	Дубине, cm	d (g·cm <sup>-3</sup> )	D (g·cm <sup>-3</sup> )
Златар	1	0-10	0,6	1,7
		10-20	0,9	2,5
	2	0-20	1,0	2,7
		20-40	1,1	2,6
	3	0-25	1,0	2,9
		25-40	1,1	2,2
	4	0-20	0,9	2,4
		20-40	1,0	2,5
Стара планина	1	0-10	0,9	2,4
		10-20	0,8	2,5
	2	0-23	0,9	2,1
		23-40	1,1	2,1
	3	0-10	0,5	2,1
		10-20	0,9	2,5
	4	0-10	0,6	2,0
		10-20	0,7	2,2

Просечна густина сувог земљишта на локалитету Златар износи 950 kg·m<sup>3</sup>, а на Старој планини 800 kg·m<sup>3</sup>. Просечна густина чврсте фазе проучаваних земљишта на локалитету Златар износи 2438 kg·m<sup>3</sup>, а на Старој планини 2238 kg·m<sup>3</sup>.

### 3.4.3 Хемијска својства проучаваних земљишта

Резултати хемијских својстава проучаваних земљишта приказани су у Табели 9.

Проучавана земљишта на оба локалитета су јако до умерено кисела са ниским степеном засићености базама. Земљишта су обезбеђена хумусом и азотом који се са дубином смањују. Садржај лакоприступачног фосфора је у проучаваним земљиштима углавном низак, док су земљишта са садржајем лакоприступачног калијума углавном средње обезбеђена.



Табела 7. Механички састав проучаваних земљишта

Р.б	Профил	Дубина (cm)	Хигроскопна влага %	Гранулометријски састав земљишта (%)							
				крупан песак 2,0-0,2mm	ситан песак		прах		глина <0,002mm	Укупни	
					0,2-0,06	0,06-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002		песак	глина
Златар											
1	1/015	0-10	3,38	25,10	13,60	12,00	24,00	12,60	12,70	50,70	49,30
2	1/015	10-20	2,31	27,60	10,80	7,00	25,00	13,80	15,80	45,40	54,60
3	1/015	20-40	1,74	32,40	12,90	7,40	16,80	18,40	12,10	52,70	47,30
4	2/015	0-10	3,60	19,10	11,00	7,80	30,60	13,90	17,60	37,90	62,10
5	2/015	10-20	3,14	18,40	9,90	9,10	27,10	16,40	19,10	37,40	62,60
6	2/015	20-40	2,69	17,50	10,20	7,80	24,20	17,00	23,30	35,50	64,50
7	3/015	0-10	2,43	21,70	15,10	10,20	22,10	12,50	18,40	47,00	53,00
8	3/015	10-20	2016	19,90	13,70	8,20	21,80	14,70	21,70	41,80	58,20
9	3/015	20-40	2,47	16,20	15,50	7,00	20,80	11,30	29,20	38,70	61,30
10	4/015	0-10	3,16	15,80	20,20	16,20	25,00	15,20	7,60	52,20	47,80
11	4/015	10-20	2,61	27,50	14,10	9,90	25,10	9,40	14,00	51,50	48,50
12	4/015	20-40	2,22	25,00	12,30	10,00	24,90	10,20	17,60	47,30	52,70
Стара планина											
13	1/015	0-10	3,27	29,80	10,90	12,80	20,40	11,00	15,10	53,50	46,50
14	1/015	10-20	3,10	31,30	11,10	8,80	21,20	11,50	16,10	51,20	48,80
15	1/015	20-40	2,89	29,70	9,80	9,30	20,00	12,40	18,80	48,80	51,20
16	2/015	0-10	4,20	14,70	28,30	17,00	21,10	8,40	10,50	60,00	40,00
17	2/015	10-20	3,30	1,50	39,00	15,80	21,70	8,70	13,30	56,30	43,70
18	2/015	20-40	3,05	25,40	9,90	17,10	21,20	11,10	15,30	52,40	47,60
19	3/015	0-10	4,70	13,10	20,50	22,20	23,70	8,40	12,10	55,80	44,20
20	3/015	10-20	3,66	22,20	12,90	16,00	23,20	10,80	14,90	51,10	48,90
21	3/015	20-40	3,36	24,60	8,70	13,70	23,10	13,10	16,80	47,00	53,00
22	4/015	0-10	4,34	8,30	17,90	19,80	28,20	9,40	16,40	46,00	54,00
23	4/015	10-20	4,78	7,40	18,20	25,60	26,90	7,10	14,80	51,20	48,80
24	4/015	20-40	3,93	10,30	13,30	13,40	28,30	11,50	23,20	37,00	63,00

Табела 9. Хемијска својства проучаваних земљишта

Редни број	Профил број	дубина (cm)	pH		Y1 mL NaOH/ 50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	Хумус (%)	C (%)	N (%)	C/N	лакоприступачни	
			H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>		(T-S)	S	T						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
						cmol·kg <sup>-1</sup>									
1	1/015	0-10	5,56	4,80	29,38	19,10	19,40	38,50	50,39	13,29	7,71	0,64	12,04	2,16	13,10
2	1/015	10-20	5,55	4,66	21,75	14,14	11,35	25,49	44,53	4,49	2,60	0,32	8,14	0,05	5,10
3	1/015	20-40	5,66	4,69	18,00	11,70	8,35	20,05	41,65	2,66	1,54	0,22	7,01	0,00	3,90
4	2/015	0-10	5,17	4,24	41,56	27,01	13,70	40,71	33,65	12,25	7,11	0,68	10,45	1,21	39,60
5	2/015	10-20	5,07	4,07	41,50	26,98	9,50	36,48	26,05	8,01	4,65	0,47	9,88	0,50	24,80
6	2/015	20-40	5,02	3,99	39,25	25,51	6,15	31,66	19,42	3,89	2,26	0,27	8,36	0,00	12,70
7	3/015	0-10	5,31	4,34	27,25	17,71	10,00	27,71	36,08	6,11	3,54	0,32	11,07	0,00	7,20
8	3/015	10-20	5,28	4,28	27,00	17,55	9,45	27,00	35,00	3,86	2,24	0,24	9,33	0,00	7,50
9	3/015	20-40	5,42	4,23	26,00	16,90	10,90	27,80	39,21	1,47	0,85	0,00		0,00	7,10
10	4/015	0-10	5,06	4,16	42,81	27,83	11,30	39,13	28,88	11,56	6,70	0,35	19,16	1,67	13,10
11	4/015	10-20	5,07	4,20	35,25	22,91	7,00	29,91	23,40	7,70	4,47	0,43	10,39	0,50	7,50
12	4/015	20-40	5,17	4,25	30,00	19,50	5,35	24,85	21,53	4,95	2,87	0,28	10,25	0,00	4,70
13	1/015	0-10	5,38	4,58	36,88	23,97	17,15	41,12	41,71	11,34	6,58	0,75	8,77	0,63	22,90
14	1/015	10-20	5,26	4,42	35,25	22,91	12,70	35,61	35,66	9,96	5,78	0,56	10,32	0,37	15,40
15	1/015	20-40	5,36	4,49	32,00	20,80	11,20	32,00	35,00	5,80	3,36	0,37	9,09	0,74	7,00
16	2/015	0-10	5,34	4,63	40,00	26,00	20,10	46,10	43,60	13,14	7,62	0,82	9,29	1,38	17,70
17	2/015	10-20	5,44	4,61	33,75	21,94	13,80	35,74	38,61	7,67	4,45	0,43	10,35	0,00	9,00
18	2/015	20-40	5,42	4,59	31,75	20,64	11,10	31,74	34,97	5,17	3,00	0,32	9,37	0,00	5,70
19	3/015	0-10	5,10	4,41	51,97	33,78	17,50	51,28	34,13	17,46	10,13	0,90	11,25	3,79	43,00
20	3/015	10-20	5,06	4,28	48,12	31,28	11,80	43,08	27,39	11,49	6,66	0,49	13,60	0,81	25,30
21	3/015	20-40	5,04	4,23	43,75	28,44	8,90	37,34	23,84	7,87	4,56	0,70	6,52	0,32	19,30
22	4/015	0-10	4,96	4,19	58,44	37,99	13,25	51,24	25,86	14,62	8,48	0,74	11,46	0,00	10,60
23	4/015	10-20	5,00	4,32	59,69	38,80	16,40	55,20	29,71	20,27	11,76	0,98	12,00	1,66	20,50
24	4/015	20-40	5,02	4,26	52,00	33,80	8,15	41,95	19,43	8,59	4,98	0,48	10,38	0,08	5,90

### 3.4.4. Резултати анализа респирације проучаваних земљишта

Органска материја земљишта (ОМ) представља збир свих природних, биолошких материјала, органског порекла, који се могу наћи у земљишту или на површини земљишта, без обзира на њен извор, било да је жива или нежива, у било ком степену разлагања, али искључујући надземне делове живих биљака. Органска материја земљишта обухвата стабилну (70-96%) и лабилну (30-4%) фракцију. Лабилна фракција се састоји од органске материје, која је у различитим фазама разлагања, микробне биомасе, продуката њиховог метаболизма и разградивих нехумификованих једињења. Лабилна фракција органске материје, као саставни део ОМ, коришћењем његовог квантитативног (РМС), и квалитативног показатеља (стопа- брзина минерализације, *k*) омогућује предикцију количине минерализујућег угљеника. РМС показује изразиту осетљивост на промене у начину коришћења земљишта, климатске промене и др.

Резултати респирације проучаваних земљишта приказани су Табели 10.

Табела 10. Респирација проучаваних земљишта на локалитетима Златар и Стара планина

Локалитет	Поље	Дубине, cm	CO <sub>2</sub> -Cmg.kg <sup>-1</sup> /дан <sup>-1</sup>
Златар	1	0-10	601,679
		10-20	435,219
	2	0-10	825,844
		10-20	587,082
	3	0-10	575,258
		10-20	575,410
	4	0-10	892,066
		10-20	947,749
Стара планина	1	0-10	726,336
		10-20	587,268
	2	0-10	906,276
		10-20	871,593
	3	0-10	1048,627
		10-20	969,119
	4	0-10	675,494
		10-20	546,230

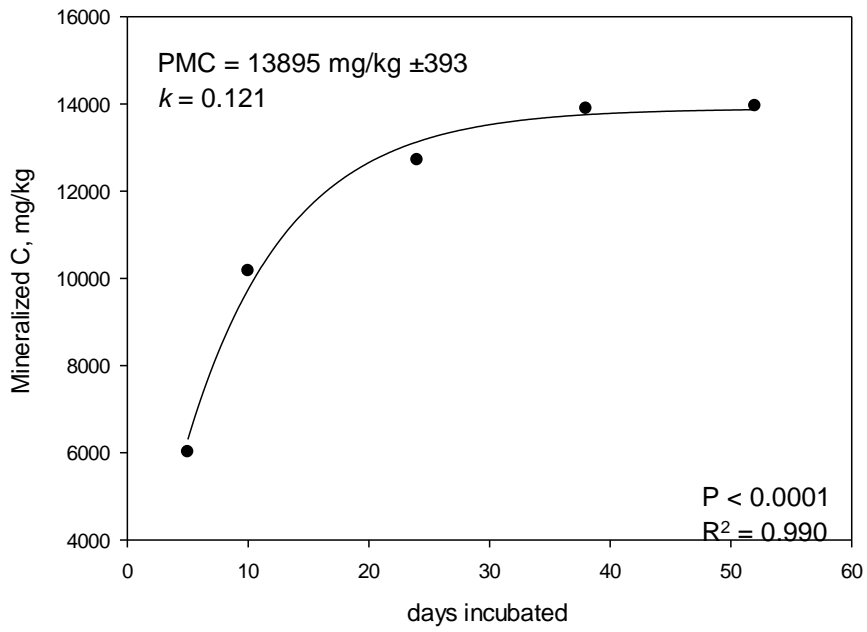
Анализа респирације је вршена у контролисаним лабораторијским условима са константном температуром и влажношћу. Резултати указују да је микробиолошка активност била већа у површинском 0-10 cm слоју земљишта. Највећа респирација је у површинском слоју на подручју Старе планине на пољима 3 и 2, док је на подручју Златара највећа респирација на пољима 2 и 4.

Моделирање минерализујућег потенцијала земљишта, коришћењем кинетичког модела првог реда, омогућило је процену интензитета процеса минерализације органске материје у проучаваном земљишту.

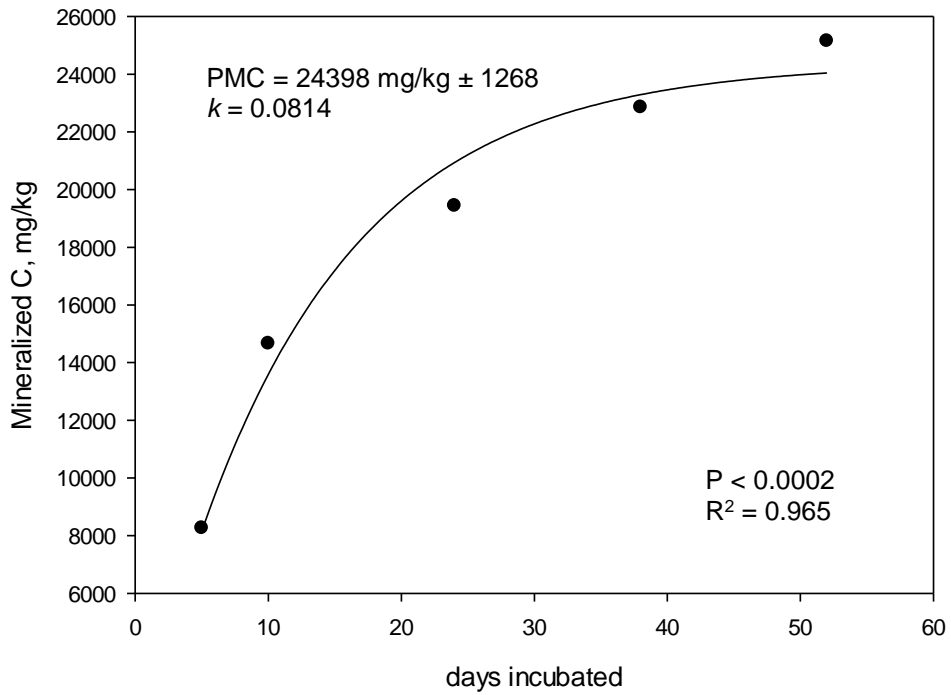
Криве са примењеног модела су приказане на Сликама 1 и 2. Приказани су подаци о количини лабилног угљеника из површинског слоја земљишта 0-10 cm.

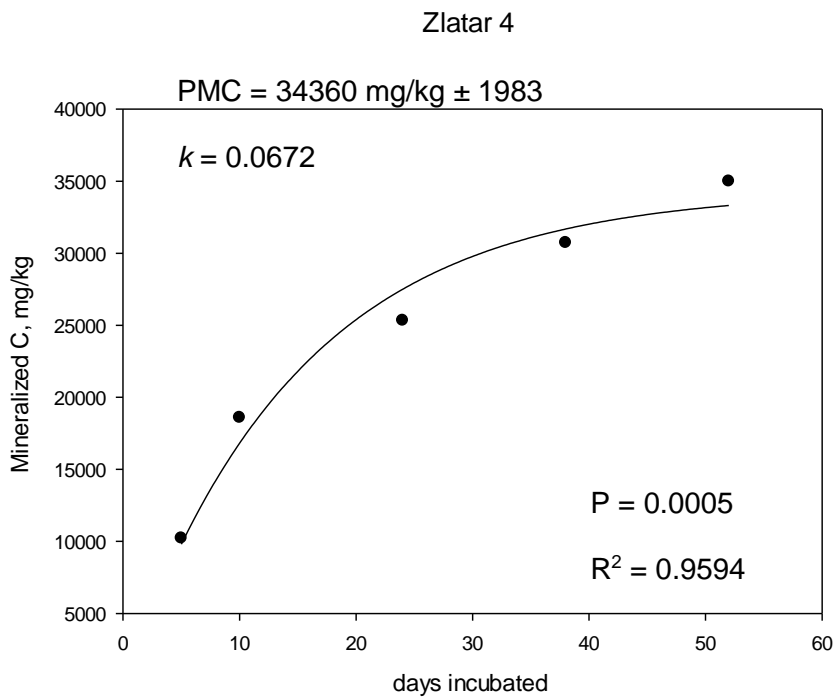
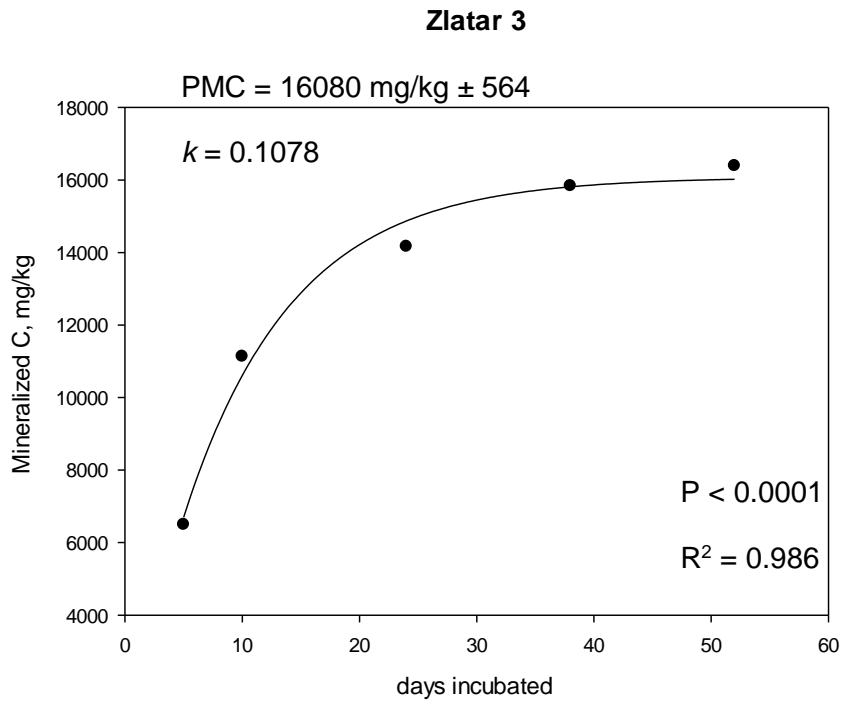
Највеће количине потенцијално минерализујућег угљеника су измерене у земљиштима на пољима Стара планина 3 и Златар 4, док највећа брзина минерализације је била у земљиштима на пољима Златар 1, Златар 3 и Стара планина 1. Под условом да нема органског инпута у земљиште (биљна биомаса се не враћа у земљиште) брза стопа минерализације доводи до брже потрошње OM (Слика 3, Табела 11).

### Zlatar 1



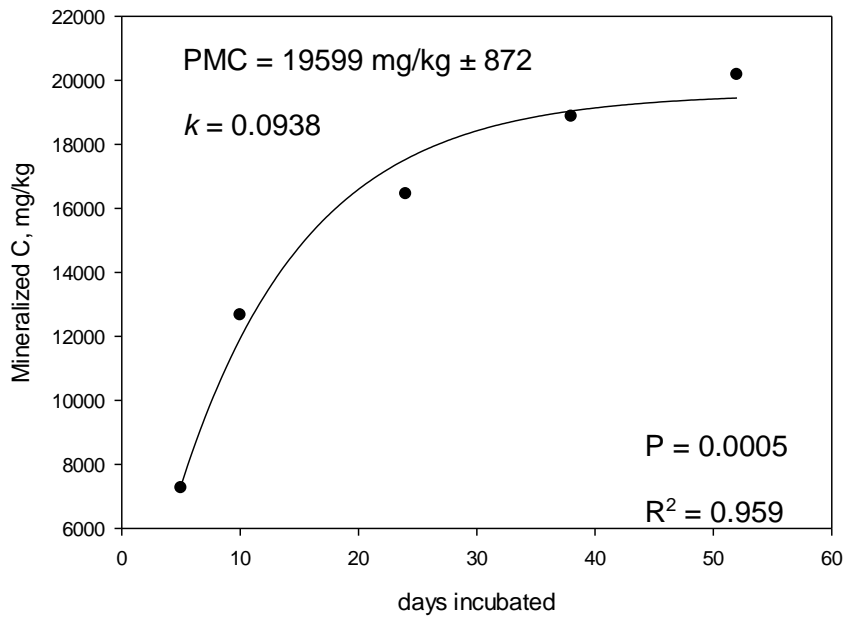
### Zlatar 2



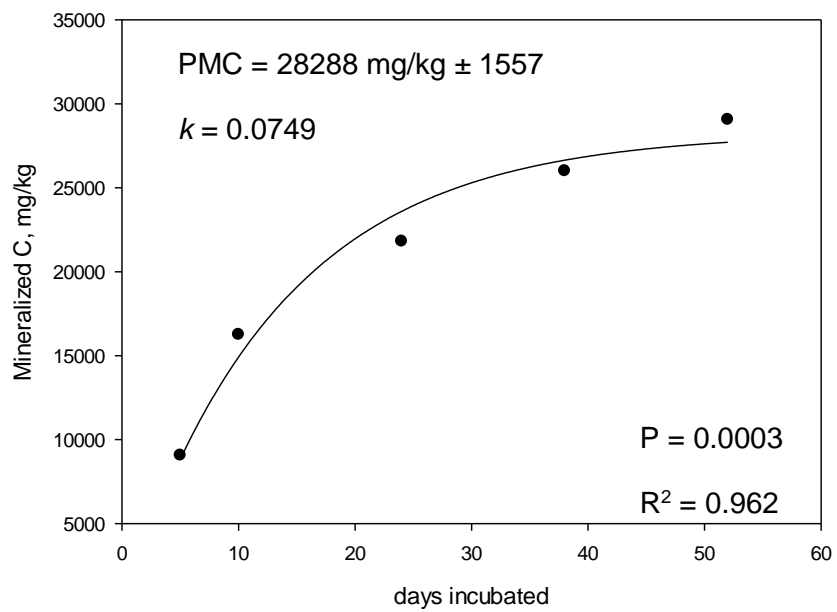


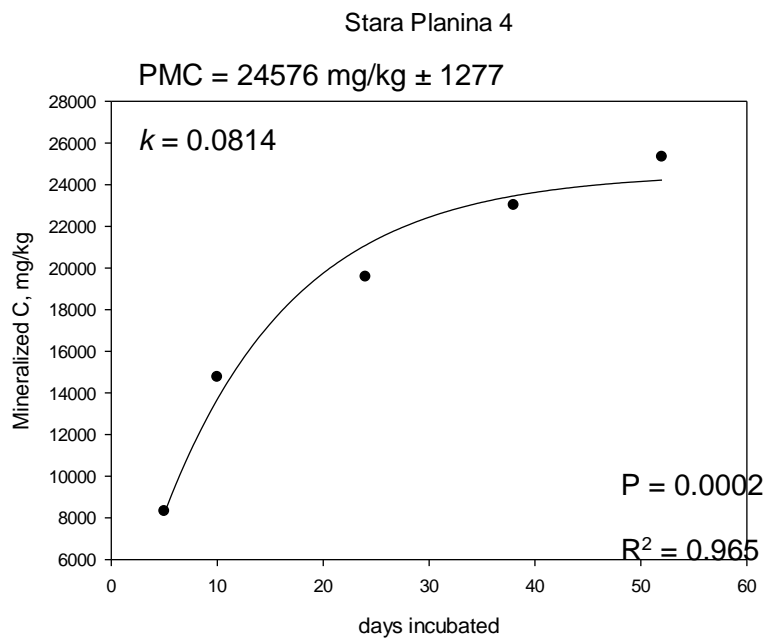
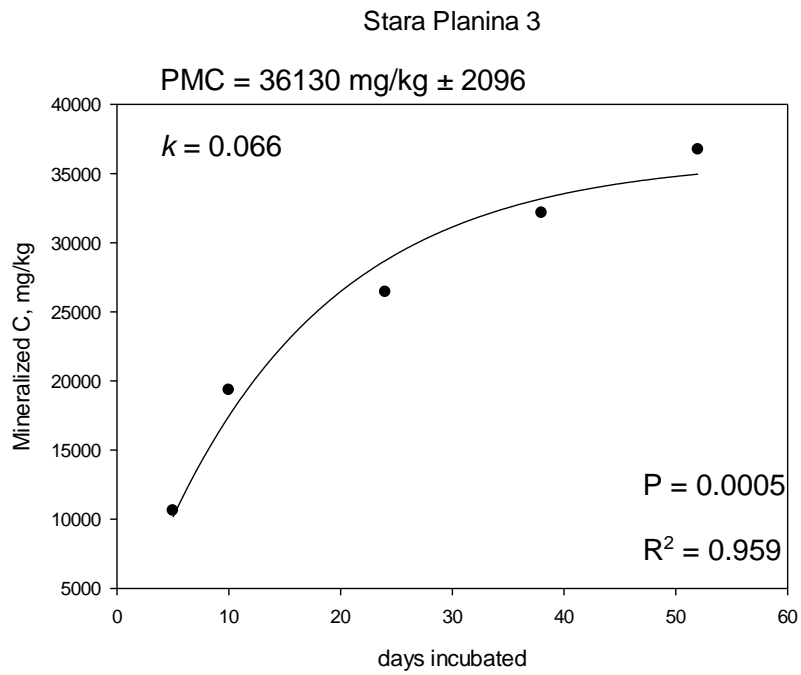
Слика 1. Минерализација органског угљеника у земљиштима проучаваних поља на подручју Златара

### Stara Planina 1



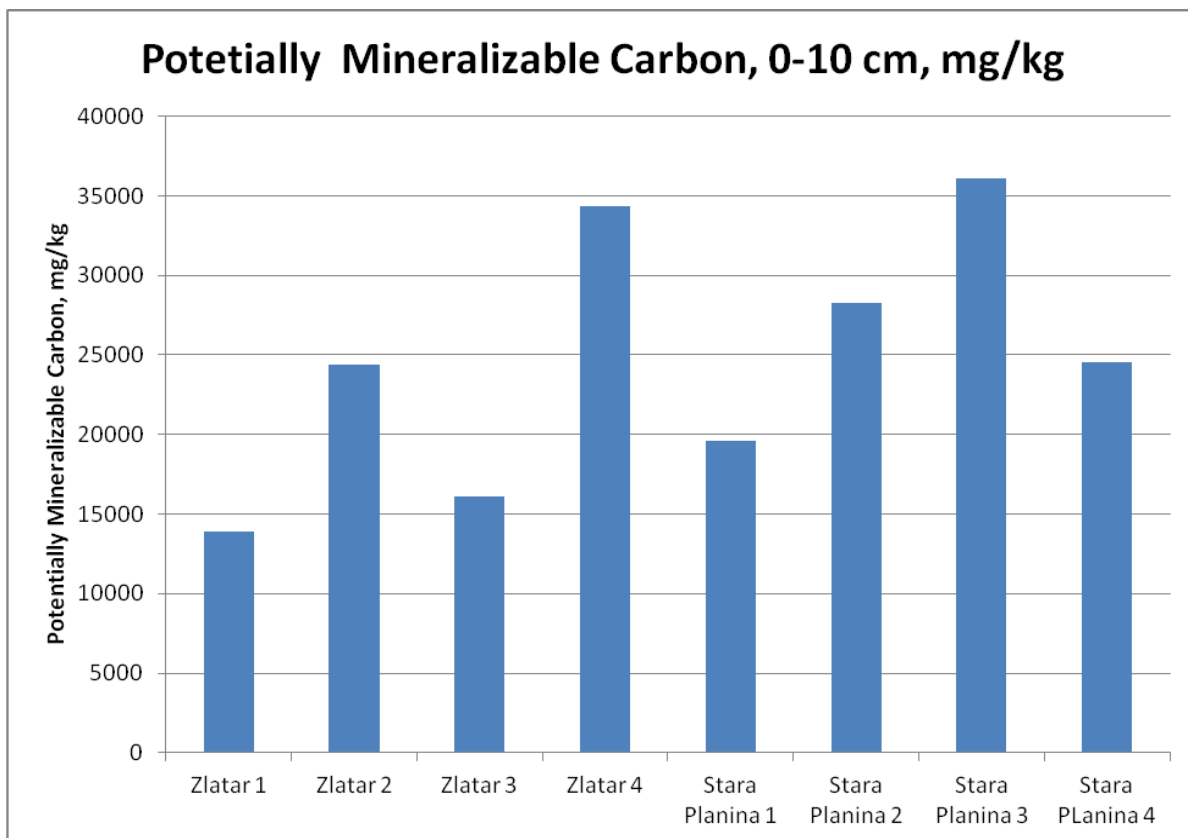
### Stara Planina 2





Слика 2. Минерализација органског угљеника у земљиштима проучаваних поља на подручју Старе планине





Слика 3. Количина лабилног (потенцијално минерализујућег угљеника (PMC)) у проучаваним земљиштима

Табела 11. Количина лабилног (потенцијално минерализујућег угљеника) и стопа минерализације (брзина минерализације,  $k$ ) органске материје проучаваних земљишта

Локалитет	Поље	PMC, mg·kg <sup>-1</sup>	$k$
Златар	1	13895 ± 393	0,121
	2	24398 ± 1268	0,081
	3	16080 ± 564	0,108
	4	34360 ± 1983	0,067
Стара планина	1	19599 ± 872	0,094
	2	28288 ± 1557	0,075
	3	36130 ± 2096	0,066
	4	24576 ± 1277	0,081

## 4. Дискусија

### 4.1. Основна физичка и хемијска својства проучаваних земљишта

На подручју Златара проучени су следећи типови земљишта: хумсуно силикатно земљиште-посмеђено, колувијално на рожнацу (Umbric Leptosol (Brunic, Dystric) и кисело смеђе земљиште на рожнацу Haplic Cambisol (Dystric). На подручју Старе планине проучени су следећи типови земљишта: хумсуно силикатно земљиште на шкриљцу (Umbric Leptosol (Dystric) и кисело смеђе земљиште на шкриљцу (Haplic Cambisol (Dystric, Siltic).

#### Физичка својства земљишта на подручју Златара

##### Хумусно силикатно земљиште-посмеђено, колувијално на рожнацу

Проучено земљиште (педолошки профил 1/2015) одликују се малом дубином, иловастим механичким саставом у којем високо учешће имају честице праха (42,60-48,60%). Садржај фракције глине креће се од 12,10-15,80%, док се садржај фракције песка креће од 38,40-45,30%.

##### Кисело смеђе земљиште на рожнацу

Овај тип земљишта, на подручју Златара, проучен је на три поља (педолошки профил: 2/2015, 3/2015, 4/2015). Према текстури проучена земљишта су прашкасто иловаста до иловаста. Код свих профила доминантно је учешће фракције праха (честице земљишта од 0,06-0,002 mm). Садржај фракције праха креће се од 39,10-56,40%. Садржај честица песка је, такође, доста висок и креће се од 27,70-41,60%, док се садржај фракције глине (честице земљишта мање од 0,002 mm) креће од 7,60-29,20%.

#### Физичка својства земљишта на подручју Старе планине

##### Хумусно силикатно на шкриљцу

Овај тип земљишта проучен је на три поља (педолошки профили: 1/2015, 3/2015 и 4/2015). Проучен земљишта су плитка до средње дубока. Према текстури земљишта су прашкасте иловаче до иловаче. У текстурном саставу доминирају честице праха (41,50-59,60%), садржај песка се налази на другом месту по заступљености (23,60-40,70%). Садржај честица глине је најнижи и креће се од 12,10-23,20%.

##### Кисело смеђе земљиште на шкриљцу

Овај тип земљишта, на подручју Старе планине, проучен је на једном пољу (педолошки профил: 2/2015). Према текстури проучено земљиште је иловача до прашкаста иловача. Доминантно је учешће фракције праха (честице земљишта од 0,06-0,002 mm). Садржај фракције праха креће се од 46,20-50,20%. Садржај честица песка је, такође, доста висок и креће се од 37,30-43,00%, док се садржај фракције глине (честице земљишта мање од 0,002 mm) креће од 10,50-13,30%.

## **Хемијска својства проучаваних земљишта на подручју Златара**

### **Хумусно силикатно земљиште-посмеђено, колувијално на рожнацу**

Земљиште (профил 1/2015) је јако до умерено киселе реакције, бескарбонатно, незасићено базним катјонима. Садржај хумуса креће се 2,66 – 13,29%, што указује на добру обезбеђеност органском материјом и повољан је, посебно у површинском слоју. У складу са садржајем хумуса је и садржај укупног азота, где се садржаји крећу у границама богатог до врло богатог. Земљиште је сиромашно лакоприступачним фосфором и калијумом, осим у површинском слоју 0-10 cm, где је утврђена средња обезбеђеност  $K_2O$ .

### **Кисело смеђе земљиште на рожнацу (профили 2/2015, 3/2015, 4/2015)**

Земљишта су јако киселе реакције (pH у  $H_2O$  5,10-5,50), бескарбонатна, незасићена базама (V% 19,42-39,21%). Хумусом су богатији површински слојеви. У слоју од 0-10 cm, утврђени садржаји хумуса крећу се од 6,11- 12,25%, и веома су богати укупним азотом. Код профила 4/2015 однос C/N указује на образовање полусировог до сировог хумуса. Обезбеђеност земљишта са лакоприступачним фосфором, код свих слојева проучених земљишта, је веома слаба. Лакоприступачним облицима калијума  $K_2O$  земљишта су боље снабдевена, а садржаји се крећу од 4,70-39,60 mg/100g.

## **Хемијска својства проучаваних земљишта на подручју Старе планине**

### **Хумусно силикатно на шкриљцу**

Овај тип земљишта проучен је на три локалитета (педолошки профили: 1/2015, 3/2015 и 4/2015). Према реакцији проучени ранкери су врло јако до јако киселе реакције. Земљишта су бескарбонатна, незасићена базама (V% креће се од 19,43-41,71%). Садржај хумуса је доста висок и креће се од 5,80-17,46%, са чиме су у складу високи садржаји укупног азота. У погледу садржаја лакоприступачног фосфора проучени ранкери су слабо обезбеђени, док је садржај лакоприступачног  $K_2O$  у границама средње до добре обезбеђености.

### **Кисело смеђе земљиште на шкриљцу**

Према реакцији проучени тип земљишта (педолошки профил 2/2015) је јако киселе реакције, са pH вредностима у води од 5,10-5,50. Земљиште је богато хумусно и веома богато укупним азотом. Садржај лакоприступачног  $P_2O_5$  је у границама слабе, док је  $K_2O$  у границама слабе до средње обезбеђености.

## 4.2. Анализа промене структуре вегетације травних екосистема

Процена присуства и бројности одређене биљне врсте, као и динамика ових особина у времену и простору, има фундаментални значај у екологији и конзервационој биологији. Познавање величине, и динамике популације, присуства и бројности одређене биљне врсте, као и њихових особина и законитости, карактеристике су које могу да помогну у процени степена угрожености и благовремено укажу на потенцијални ризик од смањивања ареала или ишчезавања популација значајних врста. Познавање ових интеракција пружа могућност праћења утицаја загађења и климатских промена на глобалном нивоу, дефинисање најосетљивијих и најугроженијих зона, са дугорочним циљевима очувања и заштите високе специјске разноврсности и биодиверзитета на глобалном нивоу. Динамички модели који се баве проценом промена структуре вегетације базирани су на концепту билошких индикатора. Најчешће примењиван је систем Еленбергових индикатора на коме је базиран и VSD+Veg модел који врши процену промене структуре вегетације у односу на услове станишта (рН земљишта, садржај базних катјона, азота и других хранљивих материја у земљишту, садржај воде у земљишту, температура...).

За проучавана подручја вршена је симулација промене диверзитета у односу на хемијске параметре хемизма земљишта и у односу на промене температуре ваздуха, количине падавина и садржаја воде у земљишту.

### 4.2.1 Анализа промене структуре вегетације травних екосистема Златара применом динамичког модела (VSDVeg model)

Високопланинске ливаде на Златару истраживане су за карактеристичну заједница росуље, *Agrostietum capillaris* Z. Pavlović 1955, на локалитету Водена пољана. Исти тип ливадске заједнице налази се и на Копаонику, Руднику, Сувој планини, Старој планини, Озрену код Сјенице, Пештерској висоравни и др. У систематском смислу заједница припада класи *Festuco-Brometea* Br. Bl. et Tx., реду *Festucetalia vallesiacaе* и свези *Chrysopogoni-Danthonion*. Флористички састав заједнице чине 62 врсте. У карактеристичан скуп долазе: *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra* susp. *fallax*, *Lotus corniculatus*, *Centaurea jacea*, *Alchemilla vulgaris*, *Dactylis glomerata*, *Carex caryophylla*, *Achillea millefolium*, *Leucanthemum vulgare*, *Stellaria graminea* и *Centaurea phrygia*. Карактеристичне врсте свезе, реда и класе су: *Sanguisorba minor*, *Thymus serpyllum*, *Potentilla argentea*, *Trifolium montanum*, *Plantago media*, *Euphorbia cyparissias*, *Stachys officinalis* и *Medicago falcata*.

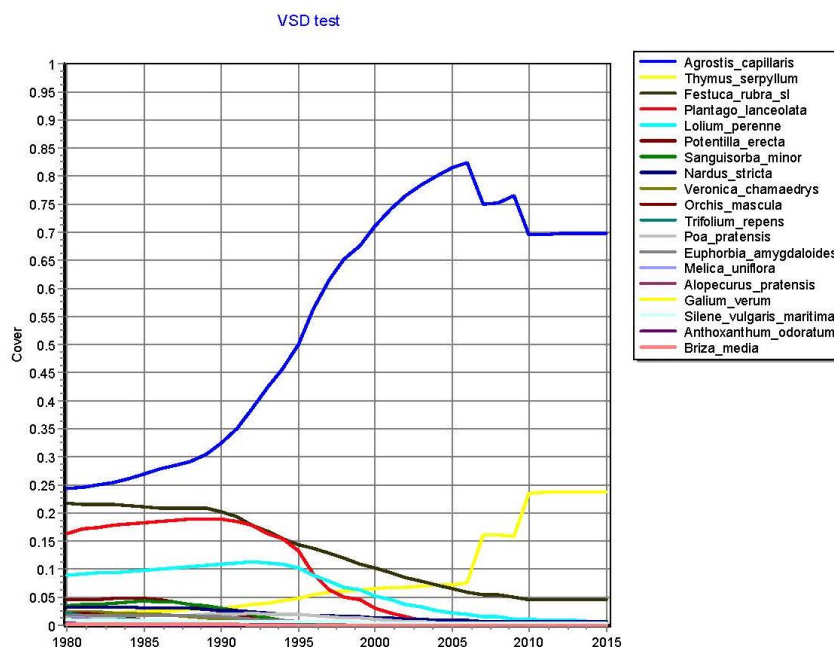
За заједницу *Agrostietum capillaris* Z. Pavlović 1955, на локалитету Водена пољана симулацијом примењеног модела издвајају се две групе биљних врста са различитим променама снаге конкуренције (покривности) за период 1980-2015.

У оквиру прве групе издвајају се врсте *Agrostis capillaris* и *Thymus serpyllum*. На основу модела за врсту *Agrostis capillaris* процењено је да се за период 1980-2005. повећала покривности за 60%, а од 2005. до 2015. године симулација показује смањење покривности за 12% (Слика 4). Врста *Thymus serpyllum* има тренд повећања

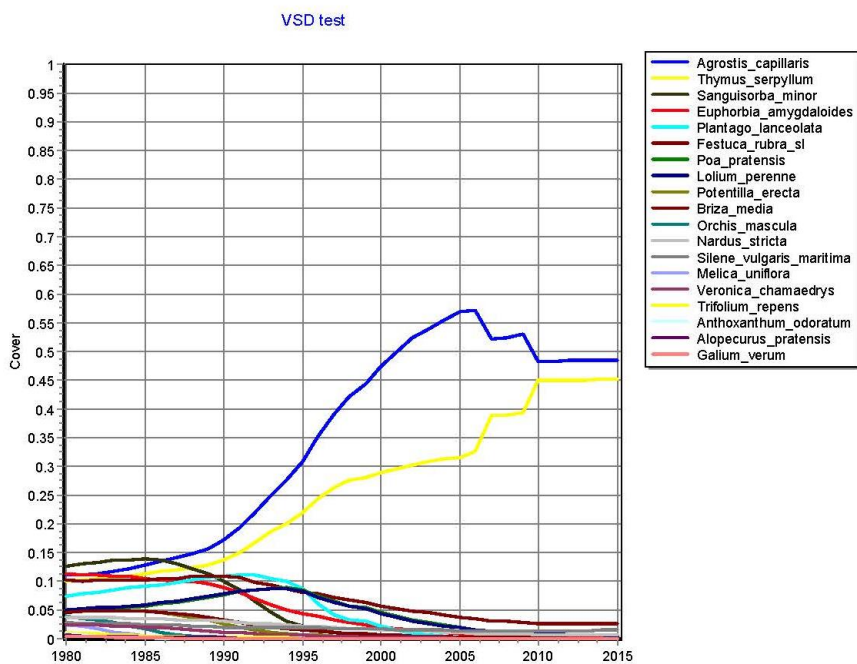
покривности од 1980-2006. године за 5%, а од 2006-2015. године тренд покривности се повећава за 17% (Слика 4).

У оквиру друге групе издвајају се врсте: *Festuca rubra*, *Plantago lanceolata* и *Lolium perenne*, које у периоду од 1980-1990. године имају повећање покривности до 2%, а од 1990-2015. године имају смањење покривности за 10-16%. Симулација моделом показује и за остале врсте смањење покривности за период 1990-2015. година.

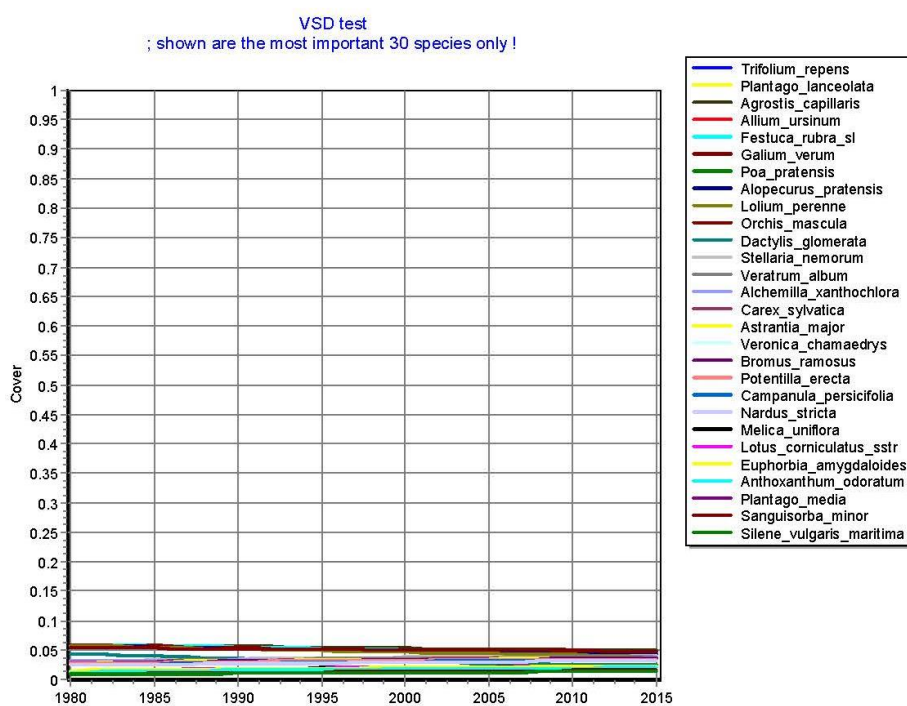
На основу добијених симулација уочено је да од анализираних својстава промена температуре ваздуха, количине падавина и садржај влаге у земљишту показују највећи утицај на снагу конкуренције наведених врста (Слике 5 и 6). Утицај регистрованих промена рН вредности земљишта, садржаја базних катјона и азота у земљишту не показује знатан утицај на промену покривности врста ове заједнице у периоду 1980-2015. година.



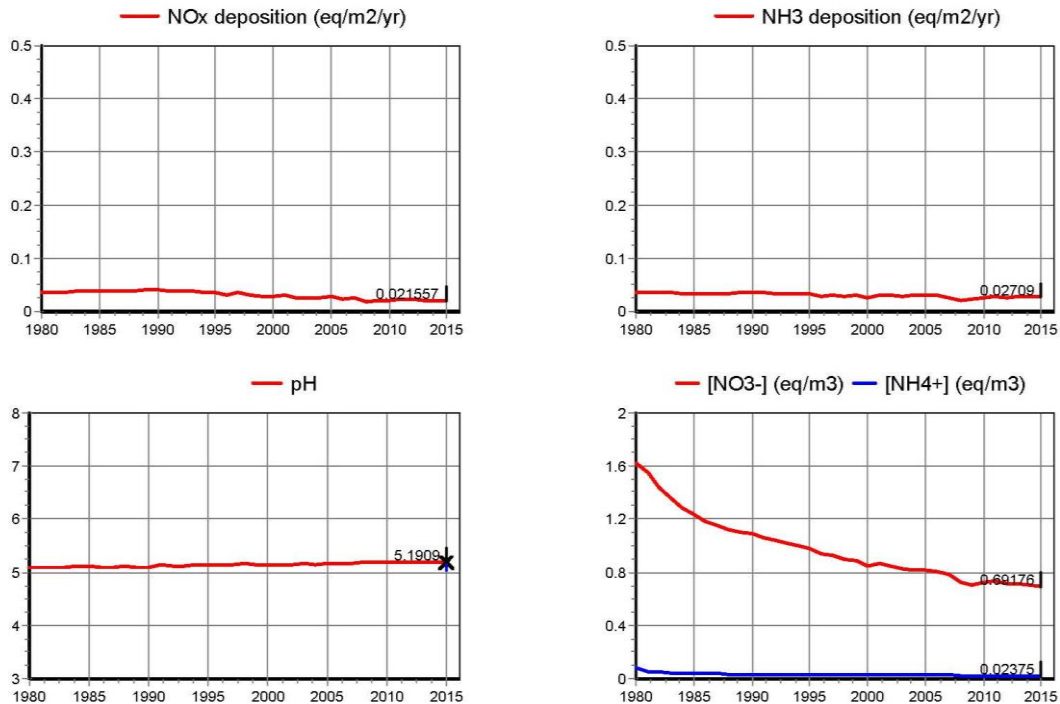
Слика 4. Промена структуре вегетације у односу на промене хемизма земљишта и промене метеоролошких параметара (температуре, количине падавина, садржај влаге у земљишту)



Слика 5. Промена структуре вегетације у односу на промену температуре и количине падавина



Слика 6. Промена структуре вегетације у односу на садржај азота у земљишту



Слика 7. Промена депозиција азота, рН вредности земљишта и садржаја азота у земљишту за период 1980-2015. година на локалитету Водена пољана-Златар

#### 4.2.2. Анализа промене структуре вегетације травних екосистема Старе планине применом динамичког модела (VSDVeg model)

Најраспрострањенији тип ливадске заједнице у брдском и планинском појасу Старе планине је асоцијација *Agrostietum capillaris* Pavlović 1955., заједница од 88 врста. У карактеристичан скуп заједнице долазе: *Agrostis capillaris*, *Festuca vallesiaca*, *Centaurea phrygia*, *Festuca arundinacea*, *Galium verum* и *Helianthemum nummularium*. Заједница је хемикриптофитског карактера (chamaecryptophyta 89,97%), а карактерише је и потпуно одсуство фанерофитских врста.

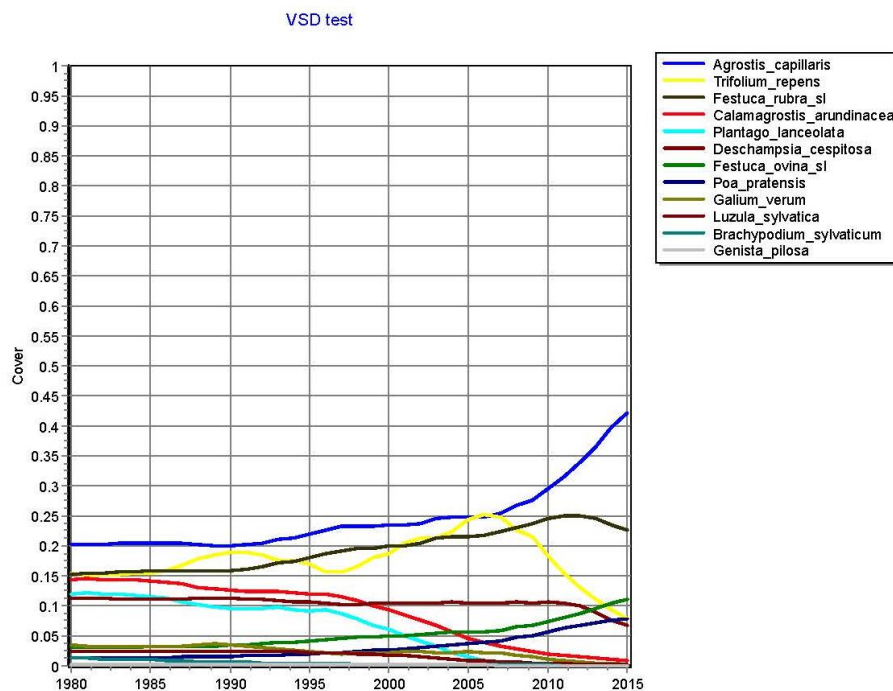
За заједницу *Agrostietum capillaries* Z. Pavlović 1955, на локалитету Јавор симулацијом примењеног модела издвајају се четири групе биљних врста са различитим променама покривности за период 1980-2015.

У оквиру прве групе издвајају се врсте *Agrostis capillaris*, *Festuca ovina* и *Poa pratensis* које карактерише повећање покривности за 2-5% у периоду од 1980-2005, а за 5-17% од 2005-2015. године, највеће промене регистроване су за врсту *Agrostis capillaris*. Врсте *Plantago lanceolata*, *Calamagrostis arundinacea* карактерише смањење покривности за 2-3% у периоду од 1980-1997, а за 8-9% у периоду од 1997-2015. године. Врсте *Dechampsia cespitosa* и *Festuca rubra* у периоду 1980-2010. година карактерише повећање покривности од 1-6%, а од 2010-2015. године смањење

покривности од 3%. Врсту *Trifolium repens* за период 1980-2010. карактерише повећање покривности од 5%, а од 2010-2015% смањење покривности од 10% (Слика 8).

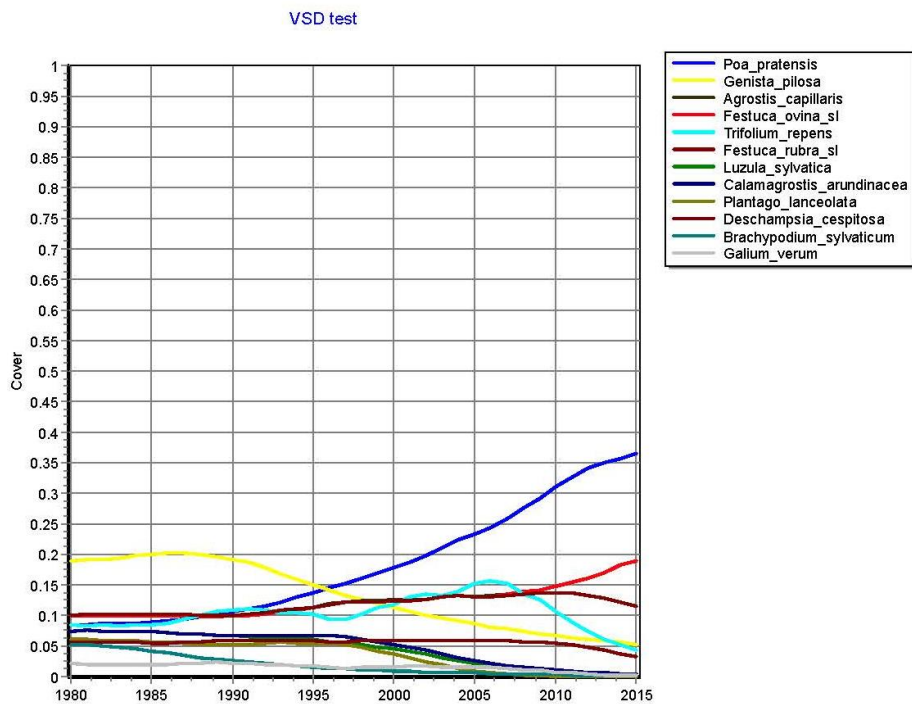
На основу добијених симулација уочено је да од анализираних својстава промена температуре ваздуха, падавине, садржај воде у земљишту показују највећи утицај на снагу конкуренције наведених врста (Слика 9,10).

Утицај регистрованих промена рН вредности земљишта, садржаја базних катјона и азота у земљишту не показује знатан утицај на промену покривности врста ове заједнице у периоду 1980-2015. година.

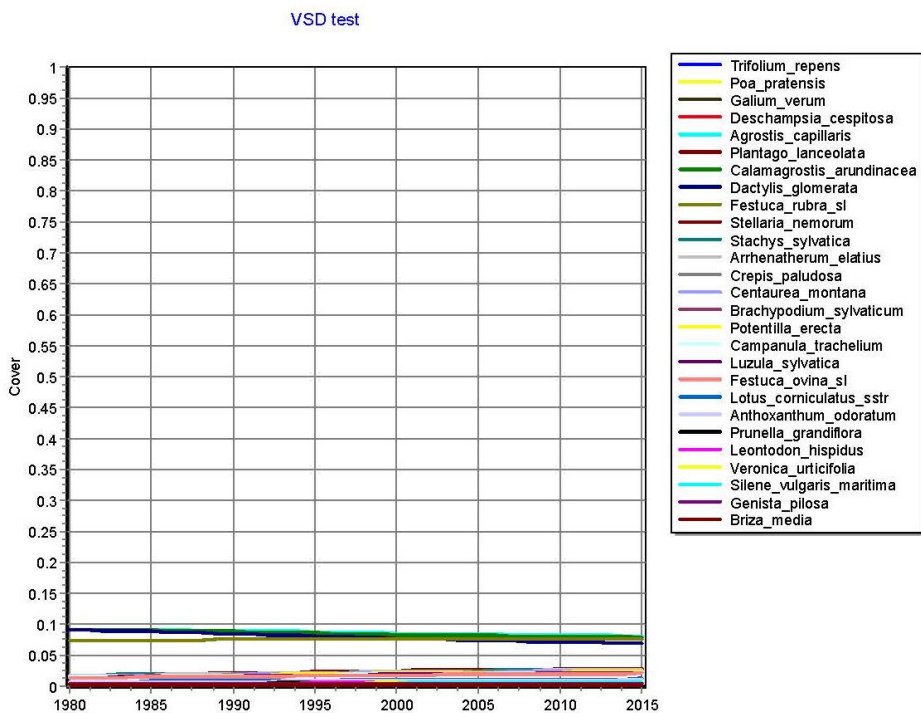


Слика 8. Промена структуре вегетације у односу на промене хемизма земљишта и промене метеоролошких параметара (температуре, количине падавина, садржај воде у земљишту)

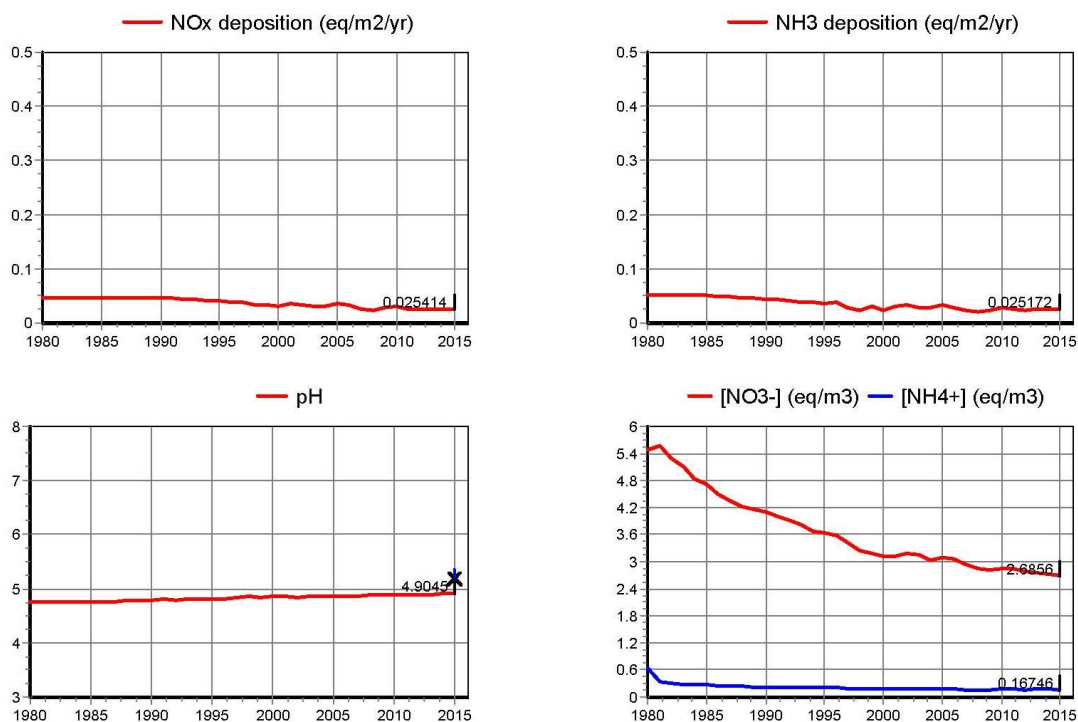




Слика 9. Промена структуре вегетације у односу на промену температуре и количине падавина



Слика 10. Промена структуре вегетације у односу на садржај азота у земљишту



Слика 11. Промена депозиција азота, рН вредности земљишта и садржаја азота у земљишту за период 1980-2015. година на локалитету Јавор-Стара планина

#### 4.3. Анализа присуства С<sub>3</sub> и С<sub>4</sub> биљака травних екосистема проучаваних локалитета

Процес фотосинтезе одвија се у биљним пигментима хлоропластима помоћу светлости и дифузије угљен диоксида у присуству воде. Угљен диоксид и светлост биљка добија из спољашње средине, тј. светлост пада на површину листа, а угљен диоксид се усваја путем стоминог апарата. Један од основних продуката фотосинтезе је скроб, који као макромолекул, не може да се транспортује кроз биљку већ се под дејством фермента диастазе, у току ноћи, разлаже на простије шећере (глукозу и фруктозу) и по принципу дифузионог пада преноси кроз биљку.

Подела на С<sub>3</sub> и С<sub>4</sub> биљке извршена је у односу на секундарне реакције фотосинтезе обухваћене Калвиновим циклусом. Секундарне реакције фотосинтезе нису зависне од светлости и врше се у строми хлоропласта. Биљке које везују и редукују СО<sub>2</sub> према реакцијском низу на основу примарних продуката које чине једињења са три угљеникова атома називају се С<sub>3</sub> биљкама. Овакав процес се обично одвија код биљака умерених зона.

Код С<sub>4</sub> биљака спречена је дифузија угљен диоксида услед повећане температуре и влаге у спољашњој средини. Због тога као и због повећане потрошње АТП долази до затварања стома. Концентрација кисеоника у ћелијама расте а процес фотосинтезе се успорава. С<sub>4</sub> биљке поседују посебне ћелије које везују угљен диоксид формирајући јабучну киселину тј. малат који садржи четири атома угљеника те се

повећава концентрација угљен диоксида. C<sub>4</sub> биљке се због тога означавају као оне које имају ефективнију и бржу фотосинтезу. Због прилагођености неповољнијим климатским условима C<sub>4</sub> биљке на добром осветљењу и вишим температурама расту боље од C<sub>3</sub> биљака.

C<sub>4</sub> биљке су еволуционо млађе од C<sub>3</sub> биљака. Учествују са 30% глобалне фиксације CO<sub>2</sub>. Пораст температуре ће значајно користити C<sub>4</sub> биљкама, а пораст нивоа CO<sub>2</sub> неће у толикој мери. Стога ће C<sub>3</sub> биљке имати значајно веће користи од пораста CO<sub>2</sub> у односу на C<sub>4</sub> биљке.

У категорији C<sub>3</sub> биљака налазе се многе дрвенасте врсте као што су *Pinus silvestris*, *Fagus sylvatica* и др. У C<sub>4</sub> биљке спадају углавном монокотиледоне биљке као и представници фамилија *Chenopodiaceae* и *Amaranthaceae*.

На испитиваним локалитетима, на основу теренских истраживања и анализе биљних врста, утврђени су односи заступљености C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub> биљака.

На Старој планини у оквиру класе заједнице монокотиледоних биљака, које углавном припадају C<sub>4</sub> биљкама, утврђено је присуство 11 биљних врста. Готово све едификаторске врсте и карактеристичне врсте заједнице припадају овој групацији. Од 11 биљних врста 7 имају повећане афинитете према светлости и температури. Такве биљне врсте су: *Agrostis capillaris*, *Festuca vallesiaca*, *Festuca arundinacea*, *Calamagrostis epigeios*, *Dactylis glomerata*, *Briza media*, *Arrhenatherum elatius* и др. Осим врста из класе монокотиледоних биљака, у C<sub>4</sub> групацију спадају и врсте из класе дикотиледоних биљака као што су *Helianthemum nummularium*, *Achillea millefolium*, *Trifolium pannonicum*, *Centaurea stoebe*, *Chamaecytisus albus*, *Leopoldia comosa*, *Verbascum longifolium* и др.

Анализом се може закључити да ће резерве угљеника у земљишту и дифузија преко стома на овом локалитету довести до појачане фотосинтезе и повољних услова за њихов развој и ширење. Према резултатима примене динамичких модела (VSDVeg модел) издвајају се врсте *Agrostis capillaris*, *Festuca ovina* и *Poa pratensis* које је карактерисало повећање покривности за 5-17% у периоду од 2005-2015.

Анализом типичних представника биљака из C<sub>3</sub> категорије утврђено је присуство мањег броја врста као што су *Luzula silvatica*, *Deschampsia flexuosa* и др.

Слична ситуација је на истом типу ливаде на Златару, на локалитету Водена пољана. Од укупног броја врста 9 припада класи монокотиледоних биљака. Едификаторске врсте и карактеристичне врсте заједнице припадају групацији C<sub>4</sub> биљака. Осим *Agrostis capillaris* и *Festuca vallesiaca* у ову групацију спадају и дикотиледоне биљке као што су: *Lotus corniculatus*, *Centaurea jacea*, *Carex caryophyllea*, *Sanguisorba minor*, *Thymus serpyllum*, *Potentilla argentea*, *Trifolium montanum*, *Rumex acetosella*, *Plantago media* и *Euphorbia cyparissias*.

C<sub>3</sub> категорији такође припада мањи број врста као што су *Alchemilla vulgaris*, *Astrantia major*, *Myosotis silvatica*, *Melica uniflora*, *Euphrasia rostkoviana* и др.

С обзиром да је ливадски екосистем на Златару стабилан и климаксни, могло би се очекивати да ће покривност биљних врста бити повећана и да ће C<sub>4</sub> група биљака имати оптималне могућности за развој, у одсуству зоо и антропопресије. Међутим, према резултатима примене динамичких модела (VSDVeg модел) предикција покривности није таква. По овом моделу издвајају се врсте *Agrostis capillaris* и *Thymus serpyllum*. За врсту *Agrostis capillaris* симулација показује смањења покривности за 12% у периоду 2006-2015, а врста *Thymus serpyllum* карактерише повећања покривности за 17% у истом периоду.

#### **4.4. Резерве акумулираног угљеника у травним екосистемима проучаваних локалитета**

Земљишне резерве угљеника укључују органски угљеник (OC) (живи организми и органска једињења) и неоргански угљеник (IC) (Prentice, 2001). Процењује се да је глобално у земљиштима до дубине од 1 m ускладиштено око 2400-3200 Gt од чега је 1500 Gt је у органском облику (Eswaran et al. 1993). Резерве угљеника у слоју од 1 m дубине су два пута веће од количине укупног угљеника у атмосфери (Lal, 2007).

Садржај органске материје у земљиштима је једно од најважнијих својстава земљишта које дефинише њихов квалитет, односно учествује у хемијским и биолошким процесима у земљишту. Органска материја у земљишту се састоји од остатака биљака, животиња и микроба, као и од органских продуката у различитом степену резложених који са неорганском компонентом стварају органоминерални комплекс (Huber, et. al., 2008).

Органска материја у земљишту има основну улогу у одржавању функција земљишта, јер утиче на структуру земљишта и стабилност, ретенционе карактеристике, капацитет катјонске измене, земљишни биодиверзитет и извор хранљивих материја за биљке. Органска материја у земљиштима представља извор енергије за микробиолошке активности, а које су најзначајнији показатељ здравственог стања земљишта (Reeves, 1997). Органски угљеник у земљишту има важну улогу у контроли понашања земљишта као акумулатора или извора за атмосферски CO<sub>2</sub> (Ghee et al., 2013), чиме значајно доприноси глобалном кружењу угљеника. У току разлагања органске материје део угљеника се врати у атмосферу као CO<sub>2</sub> док се други део трансформише у једноставније компоненте или угради у структуру микроба.

Садржај органске материје у земљишту зависи од климатских фактора као и од начина коришћења земљишног простора. Количина земљишне органске материје варира зависно од типа земљишта, дубине и земљишних хоризоната (Кадовић, et al., 2012). Угљеник се у травњацима акумулира у надземној биомаси, подземној биомаси (ледини) и у земљишној органској материји.

#### 4.4.1. Резерве акумулираног угљеника у биомаси травних екосистемима проучаваних локалитета

Травни екосистеми имају значајну улогу у везивању атмосферског  $\text{CO}_2$  и играју важну улогу у општим флуксевима циклуса кружења угљеника. За разлику од тропских шума, где се до 90 % угљеника акумулира у вегетацији, у травним екосистемима највећа акумулација угљеника налази се у земљишту. Травни екосистеми садрже велике количине органског угљеника, пре свега, због присуства вишегодишњих траве које распоређују велики удео угљеника у коренов систем. Надземна биомаса, где је акумулиран део органског угљеника (један од депоа), у трајним ливадским екосистемима и у највећој мери је изложена природним и антропогеним поремећајима, укључујући: деградацију пашњака, прекомерну испашу, пожаре, начине управљања пашњацима и др.

Процењене вредности акумулираног органског угљеника у надземној, подземној и укупној биомаси приказане су у Табели 12.

На локалитету Златар процењене резерве  $\text{C}$  у надземној биомаси крећу се од  $1,361 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  до  $1,751 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , а на локалитету Стара планина, од  $1,736 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  до  $2,659 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Резерве везаног угљеника у надземној биомаси на локалитету Златар ( $1,562 \pm 0,1723 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) се значајно статистички разликују ( $p < 0,05$ ) у односу на резерве везаног угљеника у надземној биомаси на подручју Старе планине. Ове разлике су последица утицаја начина коришћења (на Златару се врши испаша стоке), као и микроклиматских услова средине. Израчунате количине угљеника ( $\text{SCD}$ ) проучаваних локалитета (Златар -  $0,156 \pm 0,0172 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  и Стара планина -  $0,210 \pm 0,0391 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) разликују се и у односу на истраживања Fan et al. (2008) који су израчунали  $0,183 \pm 0,009 \text{ kgC}\cdot\text{m}^{-2}$  у надземној биомаси травних екосистема планинског региона Кине.

Подземна биомаса у травним екосистемима је носилац значајне резерве акумулираног угљеника. На локалитету Златар у подземној биомаси акумулирано је  $7,850 \pm 4,1930 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Највећа резерва везаног угљеника на локалитету Златар процењена је на пољу 2, где износи  $13,402 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , а најмање на пољу 3 где је везано  $4,409 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . На локалитету Стара планина резерва везаног угљеника у подземној биомаси процењена је на  $5,615 \pm 3,3565 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , и то највише на пољу 1 где је акумулирано  $10,077 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , а најмање на пољу 4 где износи  $1,943 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Резерва везаног угљеника у надземној биомаси статистички је значајно већа на локалитету Стара планина и било би очекивано да је подземна резерва везаног угљеника већа на овом локалитету. Међутим, процењена резерва угљеника у подземној биомаси је већа на локалитету Златар, а један од чинилаца који је утицао на овакав резултат може бити интензивна испаша на овом локалитету. У поређењу са истраживањима Fan et al. (2008) који су израчунали  $0,376 \pm 0,147 \text{ kgC}\cdot\text{m}^{-2}$  у подземној биомаси травних региона Кине, на проучаваним локалитетима процењена је већа количина угљеника. Исти аутори наводе да са повећањем аридности се прогресивно смањује количина угљеника, такође значајна је структура вегетације у екосистему.

Табела 12. Резерве акумулираног угљеника у биомаси проучаваних травних екосистема

Локалитет	Поље	Надземна биомаса			Подземна биомаса			Укупна биомаса		
		SCD	Резерве везаног С		SCD	Резерве везаног С		SCD	Резерве везаног С	
		kg·m <sup>-2</sup>	Mg·ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	kg·m <sup>-2</sup>	Mg·ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	kg·m <sup>-2</sup>	Mg·ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>
Златар	1	0,175	1,751	6,42	0,480	4,805	17,62	0,656	6,556	24,04
	2	0,149	1,486	5,45	1,340	13,402	49,14	1,489	14,889	54,59
	3	0,136	1,361	4,99	0,441	4,409	16,16	0,577	5,770	21,16
	4	0,165	1,649	6,04	0,878	8,777	32,18	1,043	10,426	38,23
	просек ± Sd	0,156 ± 0,0172	1,562 ± 0,1723	5,73 ± 0,632	0,785 ± 0,4200	7,850 ± 4,1930	28,78 ± 15,382	0,941 ± 0,4181	9,410 ± 4,1809	34,50 ± 15,330
Стара планина	1	0,266	2,659	9,75	1,008	10,077	36,95	1,274	12,736	46,70
	2	0,202	2,023	7,42	0,537	5,366	19,68	0,739	7,390	27,10
	3	0,200	2,001	7,34	0,507	5,074	18,61	0,708	7,076	25,94
	4	0,174	1,736	6,37	0,194	1,943	7,12	0,368	3,680	13,49
	просек ± Sd	0,210 ± 0,0391 *	2,105 ± 0,3917*	7,72 ± 1,436*	0,562 ± 0,3378	5,615 ± 3,3565	20,59 ± 12,298	0,772 ± 0,3742	7,720 ± 3,7422	28,31 ± 13,721

\*статистички значајна разлика између локалитета (p<0,05); Sd –стандардна девијација

Укупна резерва акумулираног угљеника у биомаси ливадских заједница на проучаваним локалитетима износи  $9,410 \pm 4,1809 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  на подручју Златара и  $7,720 \pm 3,7422 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  на подручју Старе планине. На локалитету Златар резерва везаног угљеника у укупној биомаси креће се од  $5,770 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 3) до  $14,889 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 2), а на локалитету Стара планина од  $3,680 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 4) до  $12,736 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 1).

Травни екосистеми се карактеришу ширим односом количине угљеника у надземној и подземној биомаси него, нпр. шумски, и других екосистеми у којима је присутна дрвенаста вегетација. Однос количине угљеника у надземној и подземној биомаси ( $R_C:S_C$ ) представља показатељ расподеле угљеника у надземној и подземној биомаси. Одређивање односа „корен – стабло“ за одређене локалне услове од великог је значаја, пре свега, због начина управљања овим екосистемима, где на пример, у условима испаше може доћи до поремећаја у овом односу. Према Jackson et al. (1996) у травним екосистемима однос корен-стабло налази се у опсегу 4-7. Траве развијају 44% корена у првих 10 cm, 75% у првих 30 cm земљишта, а према Jackson et al. (1996) травни екосистеми умереног појаса развијају 83% корена у првих 30 cm земљишта, а што је случај и са проучаваним травним екосистемима.

На проучаваним локалитетима однос резерве везаног угљеника у надземној и подземној биомаси ( $R_C:S_C$ ) на локалитету Златар износи  $5,08 \pm 2,051$ , а на локалитету Стара планина износи  $2,52 \pm 1,094$ . На локалитету Златар однос  $R_C:S_C$  креће се у распону од 2,74 (поље 1) до 9,02 (поље 2), на локалитету Стара планина креће се од 1,12 (поље 4) до 3,79 (поље 1). Према истраживањима Fan et al. (2008) однос резерве везаног угљеника у подземној и надземној биомаси износи  $2,41 \pm 1,15$ .

Табела 13. Однос резерви везаног угљеника у подземној и надземној биомаси ( $R_C:S_C$ ) за проучаване ливадске заједнице

Локалитет	Поље	Однос $R_C:S_C$
Златар	1	2,74
	2	9,02
	3	3,24
	4	5,32
	Sr. $\pm$ s.d.	$5,08 \pm 2,051$
Стара планина	1	3,79
	2	2,65
	3	2,53
	4	1,12
	Sr. $\pm$ s.d.	$2,52 \pm 1,094$

Иако је разлика у односу „корен-стабло“ на проучаваним локалитетима Златара и Старе планине статистички значајна, упоређени однос количине угљеника у

надземној и подземној биомаси се не разликује статистички значајно на проучаваним локалитетима. Ово указује да количина биомасе није једини фактор који одређује акумулацију угљеника у биомаси, већ и стопе разлагања као и способност биљака да се прилагоде условима станишта (Noy-Meir 1973; Chapin et al. 1987).

#### 4.4.2. Резерве акумулираног угљеника у земљишту травних екосистемима проучаваних локалитета

У терестричним екосистемима највеће резерве угљеника налазе се у земљиштима (Jobbágy и Jackson, 2000), чак око 75% угљеника се везује у земљиштима на глобалном нивоу према Henderson-у (1995). У земљиштима шумских екосистема везује се 40% од укупно акумулираног угљеника (Dixon et al., 1994), док се у травним екосистемима највећи део угљеника акумулира у земљишту.

У Табели 14, приказане су резерве везаног угљеника у проучаваним земљиштима према фиксним дубинама (0-10; 10-20 и 20-40 cm).

Табела 14. Резерве везаног угљеника у проучаваним земљиштима према фиксним дубинама

Локалитет	Поље	Слој cm	SCD kg m <sup>-2</sup>	Резерва C	
				Mg ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>
Златар	1	0-10	4,608	46,076	168,94
		10-20	2,330	23,297	85,42
		20-40	2,757	27,568	101,08
		Укупно	9,694	96,941	355,45
	2	0-10	7,085	70,849	259,78
		10-20	4,630	46,302	169,77
		20-40	4,956	49,556	181,70
		Укупно	16,671	166,706	611,26
	3	0-10	3,531	35,313	129,48
		10-20	2,234	22,345	81,93
		20-40	1,867	18,673	68,47
		Укупно	7,633	76,331	279,88
	4	0-10	6,011	60,111	220,41
		10-20	3,997	39,968	146,55
		20-40	5,716	57,158	209,58
		Укупно	15,724	157,237	576,54
		St.v.±s.d.	12,430 ± 4,4470	124,30 ± 44,470	455,78 ± 163,057



Локалитет	Поље	Слој cm	SCD kg m <sup>-2</sup>	Резерва C	
				Mg ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2e</sub> ha <sup>-1</sup>
Стара планина	1	0-10	5,894	58,942	216,12
		10-20	4,606	46,056	168,87
		20-40	5,356	53,558	196,38
		Укупно	15,856	158,556	581,37
	2	0-10	6,840	68,398	250,79
		10-20	3,988	39,881	146,23
		20-40	6,571	65,706	240,92
		Укупно	17,399	173,985	637,95
	3	0-10	5,051	50,511	185,21
		10-20	5,964	59,641	218,69
		20-40	8,176	81,762	299,79
		Укупно	19,191	191,915	703,69
	4	0-10	5,071	50,713	185,95
		10-20	8,196	81,958	300,51
		20-40	6,948	69,479	254,76
		Укупно	20,215	202,150	741,22
	St.v.±s.d.	18,165 ± 1,9302	181,65 ± 19,302	666,06 ± 70,774	

Просечна количина акумулираног угљеника у земљишту на локалитету Златар износи  $124,10 \pm 44,470 \text{ Mg ha}^{-1}$ , а на локалитету Стара планина  $181,65 \pm 19,302 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Резерве везаног угљеника у земљишту на Златару су мање, али разлика није статистички значајна. На локалитету Златар количина акумулираног угљеника у земљишту се креће од  $76,331 \text{ Mg ha}^{-1}$  до  $166,706 \text{ Mg ha}^{-1}$ , док су количине угљеника у земљишту на Старој планини у распону од  $158,556 \text{ Mg ha}^{-1}$  до  $202,150 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Анализирано по слојевима, највећа количина угљеника акумулирана је у површинском слоју земљишта 0-10 cm на оба локалитета. На локалитету Златар износи  $53,09 \pm 15,598 \text{ Mg ha}^{-1}$ , а на локалитету Стара планина износи  $57,141 \pm 8,47 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Табела 15). Према Lal-у (2004) највећа количина угљеника налази се у површинском слоју земљишта до 30 cm.

Табела 15. Количина везаног угљеника условејима земљиштима проучаваних локалитета

SCD	Sloj (cm)	Zlatar	Stara planina
kg m <sup>-2</sup>	0-10	$5,309 \pm 1,5598$	$5,714 \pm 0,8470$
	10-20	$3,298 \pm 1,2016$	$5,688 \pm 1,8643$
	20-40	$3,824 \pm 1,8099$	$6,763 \pm 1,1617^*$
Mg ha <sup>-1</sup>	0-10	$53,087 \pm 15,5979$	$57,141 \pm 8,4701$
	10-20	$32,980 \pm 12,0162$	$56,884 \pm 18,6427$
	20-40	$38,239 \pm 18,0990$	$67,626 \pm 11,6167^*$
t CO <sub>2e</sub> .ha <sup>-1</sup>	0-10	$194,65 \pm 57,192$	$209,52 \pm 31,057$
	10-20	$120,92 \pm 44,059$	$208,58 \pm 68,356$
	20-40	$140,21 \pm 66,363$	$247,96 \pm 43,594^*$

\*статистички значајна разлика између локалитета ( $p < 0,05$ )

Садржај акумулираног угљеника у земљишту опада са дужином на оба проучавана локалитета. Разлика у дистрибуцији количине угљеника по слојевима земљишта на проучаваним локалитетима, може се објаснити утицајем вертикалне дистрибуције корена на расподелу органског угљеника у земљишту по дубини, као и моделима расподеле у подземној и надземној биомаси код различитих врста биљака (Jobbagy и Jackson 2000). На локалитету Златар у слоју 0-20 cm акумулирано је 69% укупне количине угљеника, а на локалитету Стара планина у истом слоју акумулирано је 62%. У слоју 20-40 cm у земљиштима на Златару акумулирано 31%, а на Старој планини 37%. Опадање количине угљеника са дужином посебно је изражено на локалитету Златар где је у слоју 0-10 cm акумулирано 43% укупне количине угљеника, а у слоју 10-20 cm 26%, док је на локалитету Стара планина у слојевима 0-10 cm и 10-20 cm акумулиран приближно исти удео угљеника (31%) у укупној количини угљеника. Статистички значајна разлика између количине угљеника у земљишту Златара и Старе планине утврђена је једино у слоју 20 – 40 cm (Табела 15). Према Jobbagy и Jackson -у (2000) у травним екосистемима умерене зоне у слоју земљишта 0-20 cm налази се 41%, у слоју 20-40 cm - 23%, и у слоју 40-60 cm 15% укупног угљеника акумулираног у земљишту.

Табела 16. Просечна резерва угљеника у слоју до 40 cm за проучаване типове земљишта

SOC	Sloj (cm)	Златар		Стара планина	
		Umbric Leptosol	Haplic Cambisol	Umbric Leptosol	Haplic Cambisol
Mg ha <sup>-1</sup>	0-40	96,94	133,43	184,21	173,99

Према IPCC Tier I типови земљишта групишу се у седам класа, међу којима је и класа високо активних земљишта (НАС), којима припадају проучавана земљишта на Златару и Старој планини. Просечна резерва угљеника до 40 cm дубине у случају типа земљишта Umbric Leptosol креће се од 95 Mg ha<sup>-1</sup> на Златару до 184,2 Mg ha<sup>-1</sup> на Старој планини. У случају типа земљишта Haplic Cambisol мање су изражене разлике и крећу се од 133,4 Mg ha<sup>-1</sup> на Златару до 174 Mg ha<sup>-1</sup> на Старој планини (Табела 16). Резерве угљеника у НАС земљиштима у слоју до 30 cm износи 95 MgC ha<sup>-1</sup> према „default“ вредностима IPCC у климатској зони C<sub>1</sub> (Cool Temperate Moist - хладна и влажна) (Batjes, 2010).

#### 4.4.3. Респирација земљишта и садржај потенцијално минерализујућег угљеника

Респирација земљишта у случају оба локалитета нема статистички значајне разлике, као ни садржај потенцијално минерализујућег угљеника, тј. лабилни део органског угљеника. Што се тиче брзине минерализације, забележено је да на узорцима земљишта са локалитета Златар стопа минерализације је више него у земљишту Старе

планине. Овакви резултати могу се објаснити квалитетом органске материје земљишта, која се формирала и даље се формира под дуготрајним утицајем вегетација, климе, геолошког супстрата, надморске висине, и других фактора. Земљишта на локалитету Златара карактерише образовање полусировог до сировог хумуса.

Табела 17 . Надземна и подземна биомаса, респирација земљишта, лабилни угљеник и брзина минерализације органске материје у 0-10 cm.

Локалитет	Поље	Надземна биомаса kg·ha <sup>-1</sup>	Подземна биомаса Mg·ha <sup>-1</sup>	CO <sub>2</sub> -C from air dried soil mg·kg <sup>-1</sup> dan <sup>-1</sup>	Укупни угљеник, %	Хумус, %	РМС, mg·kg <sup>-1</sup>	k
Златар	1	4,11	23,10	601,679	7,71	13,29	13895	0,121
	2	3,37	42,94	825,844	7,11	12,25	24398	0,081
	3	3,09	12,35	575,258	3,54	6,11	16080	0,108
	4	3,68	33,77	892,066	6,70	11,56	34360	0,067
Просек		3,56	28,04	723,71	6,19	10,80	22183,25	0,094
Стара планина	1	5,88	27,11	726,336	6,58	11,34	19599	0,094
	2	4,46	17,04	906,276	7,62	13,14	28288	0,075
	3	4,44	16,81	1048,627	10,13	17,46	36130	0,066
	4	3,93	6,18	675,494	8,48	14,62	24576	0,081
Просек		4,54	16,78	839,18	8,20	14,14	27148,25	0,079

На основу корелација између биолошких параметара проучаваних земљишта између локалитета (Табела 18) јасно је да су различити фактори утицали на количину лабилног угљеника и респирацију.

Табела 18. Корелације између биолошких параметара на проучаваним локалитетима

	Над.биомаса/ респирација	Над. биомаса/ РМС	Под.биомаса/ Респирација	Под.биомаса/ РМС	Укупни C/ РМС	Респирација/ РМС	Респирација/ укупни C
Златар	0,01656	-0,053	<b>0,859**</b>	<b>0,649*</b>	0,2275	<b>0,947***</b>	<b>0,4366*</b>
Стара Планина	-0,18043	-0,54	0,135	-0,281	<b>0,898**</b>	<b>0,903**</b>	<b>0,6514*</b>

\*статистички значајна разлика (p<0,05); \*\* (p<0,001)

На Златару, где је подземна биомаса била значајно већа него на Старој планини, утврђена је значајна позитивна корелација између подземне биомасе и респирације земљишта, и између подземне биомасе и лабилног угљеника. Међутим, на Старој планини није утврђена корелација између подземне биомасе и респирације и лабилног

угљеника. У травном екосистему на Старој планини садржај лабилног угљеника има високу корелацију са садржајем укупног угљеника. Такође, на оба локалитета је утврђена висока корелација између респирације и садржаја лабилног угљеника и између респирације и садржаја укупног угљеника.

Ови резултати указују да се извори нутријената услед минерализације органске материје на Златару и Старој планини разликују. Подземна биомаса на Златару је створила и акумулирала већу количину такозване „лаке“ фракције органске материје, која већином састоји од биљних остатака у различитим степенима распаднутости, и која се прва разлаже од стране микроорганизмима као основни извор храњива како за микроорганлизме тако и за биљке. Такође, квалитет „лаке“ фракције ОМ је има своју улогу. На Златару травни екосистем је стабилан и климаксни, и као такав створио је одређен стабилизан систем минерализације и хумификације органске материје.

С обзиром, да се количина лабилног угљеника статистички не разликује између проучаваних локалитета, а извори за лабилни угљеник се разликују, може се закључити, да на Златару органска материја има више потенцијала да снабдева биљке и микроорганлизме храњивим елементима, тиме очува функције земљишта и његов квалитет.

#### **4.4.4. Укупна резерва везаног угљеника у проучаваним травним екосистемима**

Укупна резерва акумулираног угљеника у травним екосистемима представља количину везаног угљеника у биомаси (надземној и подземној) и у земљишту.

Процењене резерве везаног угљеника у високопланинским пашњацима на проучаваним локалитетима приказане су у табели 19. На локалитету Златар укупна резерва везаног угљеника износи  $133,714 \pm 48,3809 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  и креће се од  $82,101 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 3) до  $181,595 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 2). На локалитету Стара планина резерва везаног угљеника је већа и износи  $189,372 \pm 15,8556 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  у распону од  $171,292 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 1) до  $205,830 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (поље 4). Иако уочљива, разлика у резерви везаног угљеника није статистички значајна.

Резерва везаног угљеника у земљиштима проучаваних високопланинских травних екосистема доминира са 92(93)% у укупној резерви везаног угљеника у овим екосистемима (Табела 20).

Табела 20. Учешће резерви угљеника по депоима у укупној резерви везаног угљеника

Локалитет депо	Биомаса	Земљиште
	%	
Златар	7	93
Стара планина	8	92

Уочена разлика у резерви везаног угљеника на проучаваним локалитетима могла би се објаснити нижом средњом годишњом температуром и већом количином падавина на Старој планини, који представљају битне параметре који утичу на акумулацију и резерве угљеника у земљишту (Jobbagy и Jackson 2000).

Табела 19. Укупна резерва везаног угљеника у травним екосистемима проучаваних локалитета

Локалитет	Поље	Укупна биомаса			Земљиште			Укупна количина		
		SCD	Резерве везаног С		SCD	Резерве везаног С		SCD	Резерве везаног С	
		kg·m <sup>-2</sup>	Mg·ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2e</sub> ha <sup>-1</sup>	kg·m <sup>-2</sup>	Mg·ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2e</sub> ha <sup>-1</sup>	kg·m <sup>-2</sup>	Mg·ha <sup>-1</sup>	t CO <sub>2e</sub> ha <sup>-1</sup>
Златар	1	0,656	6,556	24,04	9,694	96,941	355,45	10,350	103,497	379,49
	2	1,489	14,889	54,59	16,671	166,706	611,26	18,159	181,595	665,85
	3	0,577	5,770	21,16	7,633	76,331	279,88	8,210	82,101	301,04
	4	1,043	10,426	38,23	15,724	157,237	576,54	16,766	167,664	614,77
	просек ± Sd	0,94 ± 0,418	9,41 ± 4,18	34,50 ± 15,33	12,43 ± 4,45	124,3 ± 44,47	455,78 ± 163,06	13,37 ± 4,84	133,71 ± 48,38	490,28 ± 177,40
Стара планина	1	1,274	12,736	46,70	15,856	158,556	581,37	17,129	171,292	628,07
	2	0,739	7,390	27,10	17,398	173,985	637,95	18,138	181,375	665,04
	3	0,708	7,076	25,94	19,191	191,915	703,69	19,899	198,990	729,63
	4	0,368	3,680	13,49	20,215	202,150	741,22	20,583	205,830	754,71
	просек ± Sd	0,77 ± 0,37	7,72 ± 3,74	28,31 ± 13,72	18,16 ± 1,93	181,65 ± 19,30	666,06 ± 70,77	18,94 ± 1,58	189,37 ± 15,85	694,36 ± 58,14

Sd – стандардна девијација

## 6. Закључак

У оквиру овог пројекта задатак је постављен да се процене резерве акумулираног (депонованог) угљеника у надземној биомаси, подземној биомаси и у земљишту травних екосистема високопланинског подручја Старе планине и Златара.

Проучавања су вршена у високопланинским заједницама росуље, *Agrostidetum capillaris* Z. Pavlović 1955, на локалитету Водена пољана на Златару и на локалитету Јавор на Старој планини. На подручју Златара проучени су следећи типови земљишта: хумсуно силикатно земљиште-посмеђено, колувијално на рожнацу (Umbric Leptosol (Brunic, Dystric) и кисело смеђе земљиште на рожнацу Naplic Cambisol (Dystric). На подручју Старе планине проучени су следећи типови земљишта: хумсуно силикатно земљиште на шкриљцу (Umbric Leptosol (Dystric) и кисело смеђе земљиште на шкриљцу (Naplic Cambisol (Dystric, Siltic).

На основу симулација промене диверзитета у односу на хемијске параметре хемизма земљишта и у односу на промене температуре ваздуха, количине падавина и садржаја воде у земљишту, утврђено је да од анализираних својстава промена температуре ваздуха, количине падавина и садржаја воде у земљишту показују највећи утицај на снагу конкуренције наведених врста. На испитиваним локалитетима, на основу теренских истраживања и анализе биљних врста, утврђени су односи заступљености C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub> биљака.

Количина надземне биомасе на проучаваним локалитетима одређена је деструктивном методом „кошење-и мерење”, а добијене вредности се крећу од 3,56 Mg·ha<sup>-1</sup> на Златару до 4,67 Mg·ha<sup>-1</sup> на Стариј планини. Просечна подземна биомаса на локалитету Златар је 28,0415 Mg·ha<sup>-1</sup>, а Стара планина је 16,79 Mg·ha<sup>-1</sup>. Просечна густина корена на локалитету Златар износи 16,91 kg·m<sup>-3</sup>, а на локалитету Стара планина је статистички значајно мања густина корена и износи 8,39 kg·m<sup>-3</sup>.

Просечан однос „корен-стабло“ на локалитету Златар износи 7,88, док на локалитету Стара планина овај однос је 3,45. На шири однос „корен-стабло“ на локалитету Златар као и развијенију подземну биомасу вероватно је, поред других утицаја, утицала и интензивна испаша стоке.

На локалитету Златар процењене резерве C у надземној биомаси крећу се од 1,361 Mg·ha<sup>-1</sup> до 1,751 Mg·ha<sup>-1</sup>, а на локалитету Стара планина, статистички значајно већа и износи од 1,736 Mg·ha<sup>-1</sup> до 2,659 Mg·ha<sup>-1</sup>. На локалитету Златар у подземној биомаси акумулирано је 7,85 ± 4,1930 MgC·ha<sup>-1</sup>, а на Старој планини 5,615 ± 3,3565 Mg·ha<sup>-1</sup>.

Укупна резерва акумулираног угљеника у биомаси ливадских заједница на проучаваним локалитетима износи 9,410 ± 4,1809 Mg·ha<sup>-1</sup> на подручју Златара и 7,720 ± 3,7422 Mg·ha<sup>-1</sup> на подручју Старе планине.

На проучаваним локалитетима однос резерве везаног угљеника у надземној и подземној биомаси ( $R_C:S_C$ ) на локалитету Златар износи  $5,08 \pm 2,051$ , а на локалитету Стара планина износи  $2,52 \pm 1,094$ .

Просечна количина акумулираног угљеника у земљишту на локалитету Златар износи  $124,10 \pm 44,470 \text{ Mg ha}^{-1}$ , а на локалитету Стара планина  $181,65 \pm 19,302 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Просечна резерва угљеника до 40 cm дубине у случају типа земљишта Umbric Leptosol креће се од  $95 \text{ Mg ha}^{-1}$  на Златару до  $184,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  на Старој планини. У случају типа земљишта Haplic Cambisol мање су изражене разлике и крећу се од  $133,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  на Златару до  $174 \text{ Mg ha}^{-1}$  на Старој планини.

Вредности респирација земљишта између проучаваних локалитета нема статистички значајне разлике, као ни садржај потенцијално минерализујућег угљеника, тј. лабилни део органског угљеника. Количина лабилног угљеника статистички се не разликује између проучаваних локалитета, а извори за лабилни угљеник се разликују, па се може закључити, да на Златару органска материја има више потенцијала да снабдева биљке и микроорганизме храњивим елементима, тиме очува функције земљишта и његов квалитет.

Укупна резерва акумулираног угљеника у травним екосистемима на Златару износи  $133,714 \pm 48,3809 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  а на Старој планини  $189,372 \pm 15,8556 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Резерва везаног угљеника у земљиштима проучаваних високопланинских травних екосистема доминира са  $92(93)\%$  у укупној резерви везаног угљеника.

Значајан сервис терестричних екосистема је да депонују угљеник, што је једна од бројних користи друштвене заједнице, па је важно и економски изразити вредности природних ресурса.

Билансирање садржаја угљеника у оквиру терестричних екосистема важни су за доношење одлука у вези стратегија ублажавања у односу на промене климе на националном, регионалном и глобалном нивоу. Прорачуни садржаја угљеника у земљишту и промена садржаја саставни су део инвентара емисија у оквиру сектора LULUCF. Међутим, од великог је интереса дефинисати одређене коефицијенте за наше климатско подручје и доминантне екосистеме ради тачнијих и бољих процена. У оквиру овог пројекта дефинисан је однос “корен-стабло” за високопланинску заједницу росуље, *Agrostidetum capillaris* Z. Pavlović 1955., али исто је потребно и за доминантне планинске травне екосистеме, као и за доминантне шумске екосистеме.

Услед утицаја загађења и климатских промена од изузетног значаја, пре свега за адаптације травних и других екосистема, је динамика популације. За даља истраживања потребно је анализирати величину, динамике популације, присуство и бројност одређених биљних врста, за различите сценарије промене климе.



## Захвалница

Овај пројекат је финансирао Министарство пољопривреде и заштите животне средине Републике Србије. У реализацији теренских радова на Старој планини велику подршку пружио нам је Ш.Г. „Пирот“ на чему им се срдечно захваљујемо.

## Литература

Batjes N H (2010): A global framework of soil organic carbon stocks under native vegetation for use with the simple assessment option of the Carbon Benefits Project system, Report 2010/10, ISRIC, World Soil Information

FAO (2010): Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems, A technical report on grassland management and climate change mitigation, Integrated Crop Management, Vol. 9-2010

Henderson G S (1995): Soil organic matter: a link between forest management and productivity. In: Bigham J M, Bartels J M (eds.): Carbon forms and functions in forest soils. Soil Science Society of America: 419-435

Jobbagy E G, Jackson R B (2000): The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10(2): 423-436

Noy-Meir I (1973): Desert Ecosystems: Environment and Producers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 25-51

Chapin F S III, Bloom A J, Field C B, Waring R H (1987): Plant response to multiple environmental factors. *Bioscience* 37: 49-57.

Jackson R B, Canadell J, Ehleringer J R, Mooney H A, Sala O E, Schulze E D (1996): A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: 389-411

Fan J, Zhong H, Harris W, Yu G, Wang S, Hu Z, Yue Y (2008): Carbon storage in the grasslands of China based on field measurements of above- and below-ground biomass. *Climate Change*

Ravindranath N H, Ostwald M (2008): Carbon Inventory methods. *Advances in global change research* 29: 149-156

Standard Operating Procedure 2034 (1994): Plant biomass determination. SERAS, pp. 5

IPCC (2003): Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), pp. 593. [online] URL: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_files/GPG\\_LULUCF\\_FULL.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf)

Stolbovoy V, Montanarella L, Filippi N, Selvaradjou S, Gallego J (2005): Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soils of European Union, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, EUR 21576 EN, (19)

Stolbovoy V, Montanarella L, Filippi N, Jones A, Gallego J, Grassi G (2007): Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the European union, Version 2, , EUR 21576 EN/2, 56 pp.

Nelson D W, Sommers L E (1996): Total carbon, organic carbon, and organic matter. In D.L Sparks et al. (eds.): Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. SSSA, SSSA and ASA, Madison, WI. Book Series No. 5: 961-1010

Lal R (2013): Soil Carbon Management and Climate Change, Carbon Management 4:439-62

Ghee C, Neilson R, Hallett P D, Robinson D, Paterson E (2013): Priming of Soil Organic Matter Mineralisation Is Intrinsically Insensitive to Temperature. Soil Biology & Biochemistry 66: 20-28

Lal R (2009): Challenges and opportunities in soil organic matter research. Eur. J. Soil Sci. 60: 158–169.

Lal R (2007): Anthropogenic influences on world soils and implications for global food security. Adv. Agron.93: 69–93

Lal R (2004): Soil Carbon Sequestration Impact on Global Climate Change and Food Security. Science 304: 1623

Lal R (2005): Forest soils and carbon sequestration. Forest Ecology and Management 220: 242-258.

Reeves D W (1997): The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil & tillage research 43: 131-167.

Reicosky D C (2004): Conservation agriculture: Environmental benefits of No Till and soil carbon management. WANTFA conference 2004, new frontiers proceedings. 9-16.

Eswaran H, Vandenberg E, Reich P (1993): Organic carbon in soils of the world. Soil Sci Soc Am J 57:192–194

IPCC (2001): Climate Change (2001): Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Watson R T and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA.

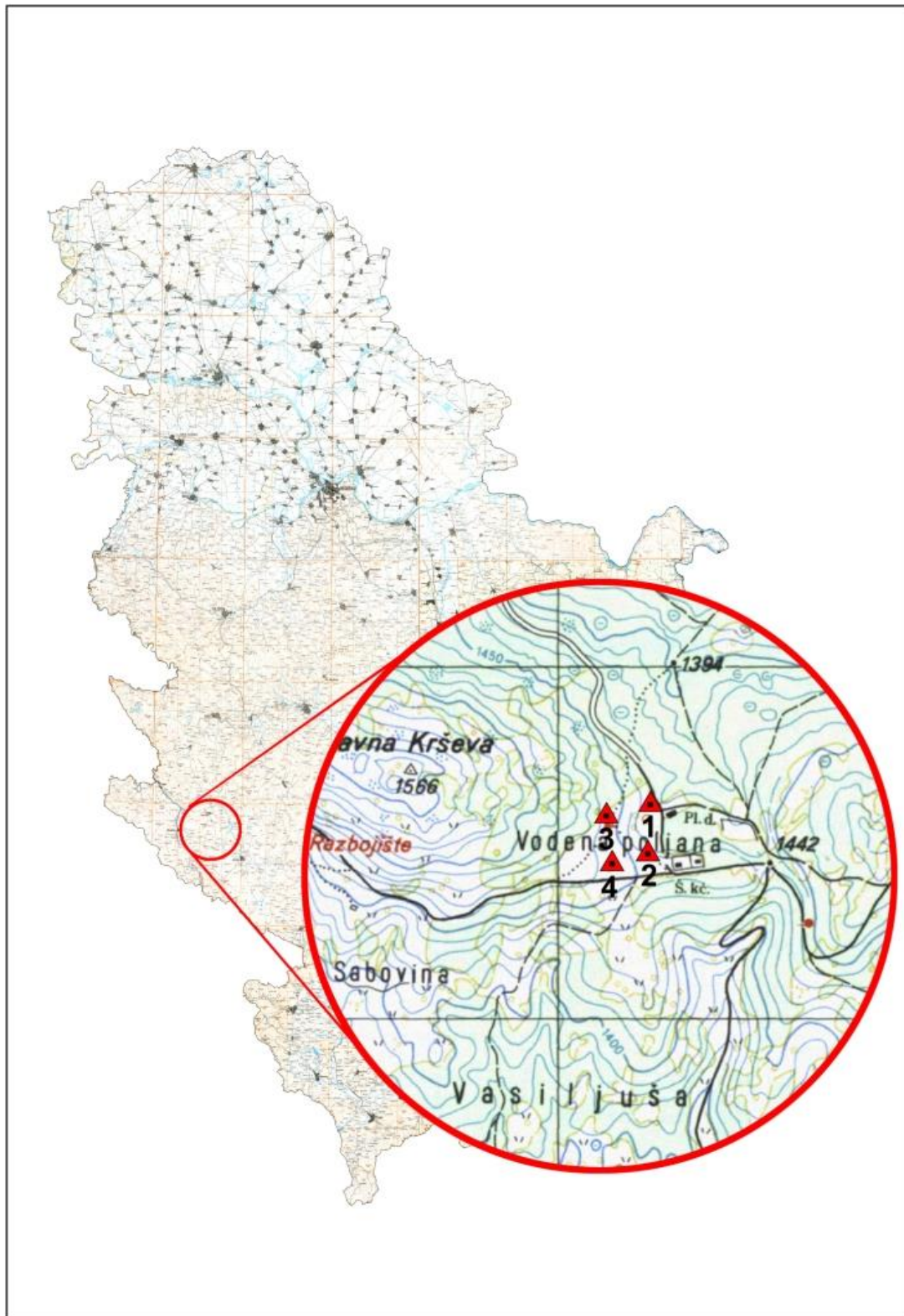
Huber S, Prokop G, Arrouays D, Banko G, Bispo A, Jones R J A, Kibblewhite M G, Lexer W, Möller A, Rickson R J, Shishkov T, Stephens M, Toth G, Van den Akker J J H, Varallyay G, Verheijen F G A, Jones A R (eds) (2008): Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume I Indicators & Criteria. EUR 23490 EN/1, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 339pp.

Prieur M (2002): Committee for the activities of Council of Europe in the field of biological and landscape diversity, Draft Revised Soil Charter, 6th Meeting, Budapest Hungary

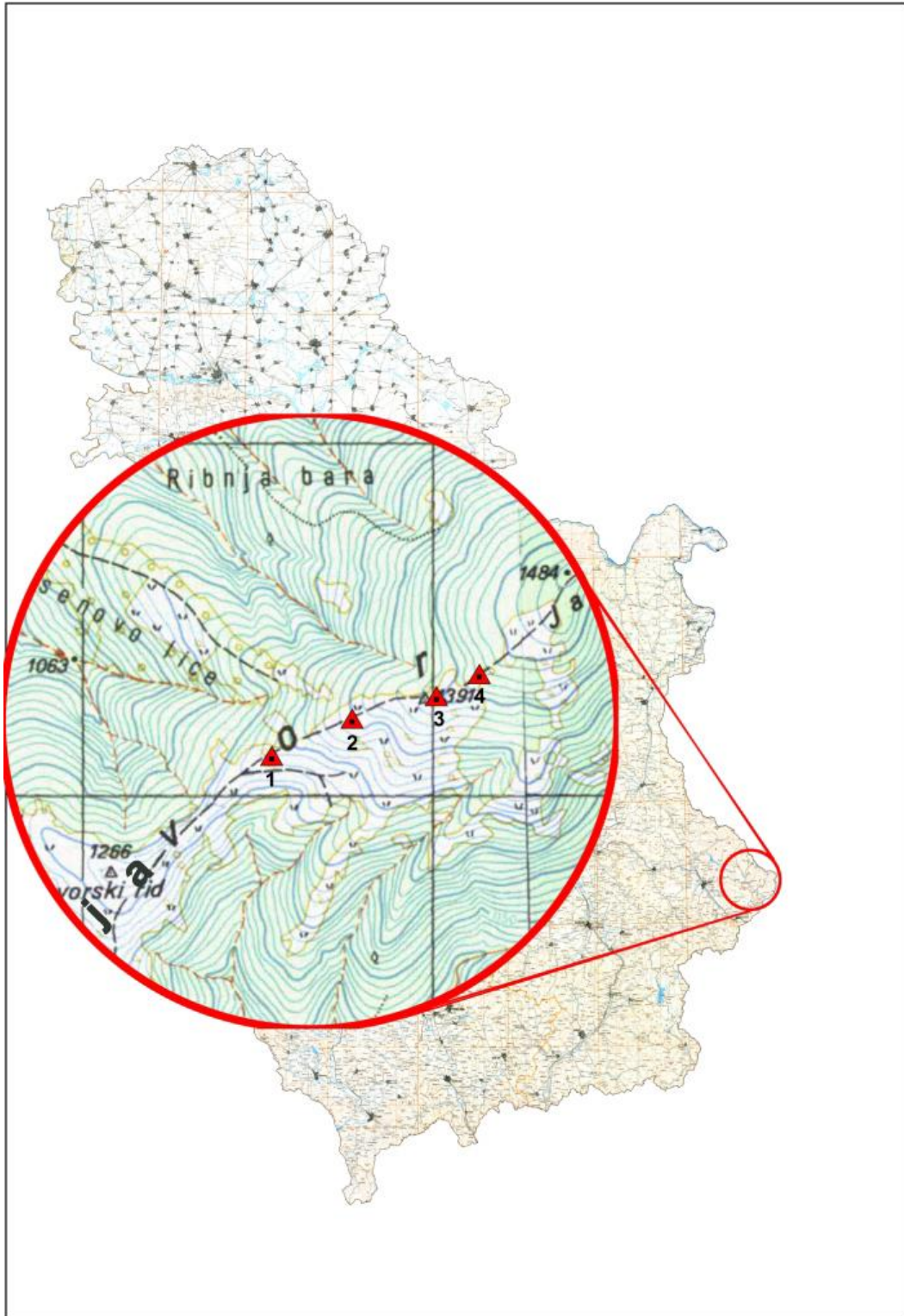
Kadović R, Medarević M, Knežević M, Bajić V, Glavonjić B, Belanović S, Petrović N (2007): Rezerve i dinamike ugljenika u šumskim ekosistemima Srbije, U Šume i promene klime – tematski zbornik. (Kadović R, Medarević M Urednici), Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije – Uprava za šume i Šumarski fakultet, Beograd, 206 str. 179 - 192

Kadović R, Belanović S, Knežević M, Danilović M, Košanin O, Beloica J (2012): Sadržaj organskog ugljenika u nekim šumskim zemljištima u Srbiji, Glasnik Šumarskog fakulteta 105, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (81-98), DOI:10.2298/GSF111230002K

## **ПРИЛОЗИ**



Прилог 1. Огледне површине на подручју Златара



Прилог 2. Огледне површине на подручју Стара планина





Прилог 3. Фототаблица - теренски радови на подручју Златара





Прилог 4. Фототаблица - теренски радови на подручју Стара планина