



Институт за земљиште
Београд

ИНОВАТИВНЕ МЕТОДЕ ОРГАНСКЕ ПРОИЗВОДЊЕ ЗА ВЕЋУ КЛИМАТСКУ НЕУТРАЛНОСТ ПОЉОПРИВРЕДЕ

МОНОГРАФИЈА

Владан Угреновић, уредник



Београд 2022.

ИНСТИТУТ ЗА ЗЕМЉИШТЕ, БЕОГРАД

ИНОВАТИВНЕ МЕТОДЕ ОРГАНСКЕ
ПРОИЗВОДЊЕ ЗА ВЕЋУ КЛИМАТСКУ
НЕУТРАЛНОСТ ПОЉОПРИВРЕДЕ

- Монографија -

Уредник
Др Владан Угреновић

Београд, 2022.

ИНОВАТИВНЕ МЕТОДЕ ОРГАНСКЕ ПРОИЗВОДЊЕ
ЗА ВЕЋУ КЛИМАТСКУ НЕУТРАЛНОСТ ПОЉОПРИВРЕДЕ

Издавач

Институт за земљиште
Теодора Драјзера 7, 11000 Београд, Република Србија

За издавача

Др Биљана Сикирић, вд директора

Уредник

Др Владан Угреновић

Рецензенти

Проф. др Гордана Дражић, ред. проф. Универзитет Сингидунум

Др Ана Марјановић Јеромела, научни саветник,
Институт за ратарство и повртарство, Нови сад

Др Јордана Нинков, научни саветник,
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

Лектор

Маја Угреновић

Технички уредник и дизајн

Вера Јараковић

Штампа

АРТИЈА

Тираж

300 примерака

ISBN-978-86-911273-7-4

ПРЕДГОВОР

Климатске промене услед човекових активности, првенствено повећавањем концентрације гасова са ефектом стаклене баште у атмосфери, данас се недвосмислено могу детектовати и квантификовати кроз измерене промене у многим елементима климатског система. Последице ових промена су потенцијално толико далекосежне и озбиљне да свака земља мора допринети напорима да се клима наше планете стабилизује.

Пољопривреда више од осталих привредних делатности трпи од климатских промена, али она исто тако и доприноси климатским променама, испуштањем гасова са ефектом стаклене баште. Данашња конвенционална пољопривреда обележена је као неодржив систем производње хране, неадаптиран на климатске промене. Са друге стране органска производња се као целовит систем управљања производњом хране, базира на еколошкој пракси, високом степену биодиверзитета и очувању природних ресурса. Нарочито се истиче рационално коришћење: земљишта, вода и органске материје, применом поступака који за њих нису штетни. Тако органска биљна производња треба да допринесе одржавању и повећању природне плодности земљишта, као и спречавању његове ерозије. У том смислу искуства и методе органске производње су драгоцене, јер могу да олакшају ублажавање штетног утицаја пољопривреде на климатске промене генерално, као и на њено адаптирање на нове климатске услове.

Публикација која је пред вама резултат је пројекта „Развој иновативних метода органске ратарске производње у циљу веће климатске неутралности пољопривреде“, финансираног од стране Министарства пољопривреде шумарства и водопривреде Републике Србије. Настала је заједничким радом аутора, сарадника Института за земљиште из Београда, Националне асоцијације за развој органске производње „Србија органика“ и Института за економику пољопривреде из Београда.

Монографију смо наменили вама, ширем кругу научне и стручне јавности: истраживачима, докторантима, студентима, пољопривредним саветодавцима, произвођачима, еколозима, као и заинтерсованом грађанству. У том смислу захваљујемо се свима вама, који ћете у овој публикацији можда пронаћи неке одговоре на питања о климатским променама и одрживој пољопривредној производњи хране.

У Београду,
Јуна 2022. године

УРЕДНИК
Др Владан Угреновић

*Штампање ове монографије у целости је финансирано
од стране Министарства пољопривреде, шумарства
и водопривреде Републике Србије*

САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР	3
КЛИМА И ПОЉОПРИВРЕДА Снежана Ољача, Ивана Симић	7
ПОЉОПРИВРЕДА У ПРОМЕНЉИВОЈ КЛИМИ И ЊЕНА УЛОГА У СЕКВЕСТРАЦИЈИ УГЉЕНИКА Елмира Саљников, Владан Угреновић	31
АГРОШУМАРСТВО И ЊЕГОВА УЛОГА У ДОСТИЗАЊУ КЛИМАТСКЕ НЕУТРАЛНОСТИ ПОЉОПРИВРЕДЕ Тара Грујић, Радмила Пивић	53
МЕТОД БРЗОГ КОМПОСТИРАЊА Владимир Филиповић, Никола Коковић	75
КАРБОНСКИ КРЕДИТИ: <i>SAP AND TRADE</i> СИСТЕМ И КАРБОНСКИ КРЕДИТИ У ПОЉОПРИВРЕДИ Јонел Субић, Марко Јелочник	95

АГРОШУМАРСТВО И ЊЕГОВА УЛОГА У ДОСТИЗАЊУ КЛИМАТСКЕ НЕУТРАЛНОСТИ ПОЉОПРИВРЕДЕ

Тара Грујић¹, Радмила Пивић²

Сажетак

Агрошумарство је одржив начин управљања земљиштем који интегрише и пољопривредну и шумарску праксу. Ови системи могу се користити као алат за достизање циљева одрживог развоја јер пружају многобројне екосистемске услуге и доприносе митигацији и адаптацији на климатске промене, пре свега кроз своју дрвену компоненту. Значај агрошумарства у Европи је препознат и доказан кроз многобројна

истраживања, због чега су ови системи инкорпорирани у политике и стратегије Европске Уније. У Републици Србији постоји мали број истраживања из ове области.

Кључне речи:

Агрошумарство, агросилвикултурални системи, климатска неутралност, секвестрација угљеника, чување угљеника

¹ MSc Тара Грујић, истраживач приправник, Институт за земљиште, Теодора Драјзера 7, 11000, Београд, email: soils.grujic@gmail.com

² Др Радмила Пивић, научни саветник, Институт за земљиште, Теодора Драјзера 7, 11000, Београд, email: drradmila@pivic.com

Увод

Развој савременог друштва усмерен је на одрживост коју је Брутландова комисија дефинисала као „задовољавање тренутних људских потреба без угрожавања потреба будућих генерација“ (WCED, 1987). Имајући у виду да је од Брутландове комисије глобална популација увећана за скоро три милијарде људи и да тај број континуирано расте, јасно је да поштовање овог принципа данас представља много већи изазов. Са друге стране, велики број истраживања, глобална размена знања, технолошки напредак, међународна сарадња, као и многе друге предности савременог света створили су услове да се овом проблему приступи стратешки, системски, плански и економски исплативо на свим нивоима, од локалног до глобалног (Grujić et al., 2021). Међународна научна заједница дефинисала је принципе и циљеве одрживог развоја који су усвојени од стране свих држава чланица Уједињених нација (SDG, 2015) из којих су проистекле многобројне стратегије, политике и препоруке.

Дефинисано је 17 циљева одрживог развоја. Циљ 15 „Живот на земљи“ недвосмислено позиционира очување земљишта као ресурса међу водеће глобалне приоритете када је у питању одрживост. Животна средина и земљиште, који је њен базични елемент, представљају основ животана земљица као такви препознати су и у оквиру осталих циљева одрживог развоја. У децембру

2012. године формирано је Глобално партнерство за земљиште (Global Soil Partnership) под покровитељством FAO. Основна улога партнерства је промоција и имплементација одрживог управљања земљиштем на свим нивоима.

Земљиште представља сложен и специфичан површински слој Земље који је настао као резултат заједничког и узајамног деловања литосфере, атмосфере, хидросфере и биосфере. Састав земљишта је у директној зависности од геохемијског и минералношког састава стена на којем је оно настало. То је условно необновљиви ресурс, имајући у виду да нема адекватну замену и да је за формирање слоја земљишта, дебљине од 2-3 cm, потребан период од 200 - 1000 година (Манојловић, Пивић, 2020). Оно игра важну улогу у глобалном циклусу угљеника, азота и других елемената у природи и извор је три најчешћа гаса стаклене баште (GHG): азот субоксида (H_2O), метана (CH_4) и угљен-диоксида (CO_2) (Pivić et al., 2022).

Истраживања Dželetović et al. (2011), показала су да се земљишта под листопадним шумским састојинама (Чернозем, Еутрични Камбисол, Камбисол и Флувисол) одликују високим интензитетом минерализације и високим индексима доступности азота. Резултати указују на снажну зависност расположивих залиха N у површинском минералном слоју шумског земљишта од укупног садржаја органског C, као и од укупног садржаја N, али не и од односа C/N.

Климатске промене које се дешавају као последица екстремних суша или поплава све су израженије и као такве имају велики утицај на деградацију земљишта. Ослобађање угљен диоксида као последица између осталог претварања шумског земљишта и пашњака у оранице свакако доприноси климатским променама. Стога, обнављање деградираниг земљишта и усвајање праксе одрживог управљања земљиштем може бити део решења када је у питању смањење емисија гасова са ефектом стаклене баште у атмосферу и адаптација на измењене климатске услове.

Климатске промене довеле су до повећаних потреба за водом у пољопривредној производњи, чинећи развој различитих модела за очување влаге у земљишту и смањење потрошње воде у пољопривреди веома значајним (Ђуровић et al., 2012).

Основна особина земљишта је плодност која је у највећој мери одређена садржајем органске материје, по чему се земљиште и разликује од геолошког супстрата.

Поред садржаја органске материје и механички састав земљишта као процентуални однос фракција песка, праха и глине је веома важна карактеристика земљишта.

Истраживањем доприноса утицаја садржаја органске материје и глине у испитиваним узорцима појединих типова земљишта, на вредност максимално дозвољених концентрација (МДК) елемена-

та у траговима које су проучавали Pivić et al. (2020), утврђена је њихова корелациона зависност. Обрада података спроведена је на основу постојеће регулативе која је преузета из холандских извора који су унети у Правилник (Службени гласник РС, 88/2018).

Плодност је неопходна за производњу здравствено безбедне хране за све бројније становништво, што је један од највећих изазова данашњице (FAO, 2015). Осим ове основне, данас су познате и друге многобројне улоге, функције и екосистемске услуге које земљиште обезбеђује, као што су складиштење и филтрација воде, очување биодиверзитета, секвестрација и складиштење угљеника, адаптација и митигација климатских промена итд. У циљу потпуног откључавања потенцијала земљишта неопходно је окренути се одрживим системима управљања земљиштем.

Многе публикације доступне су као алати у достизању постављених циљева и које су доступне и слободне за коришћење. (Извор: FAO 2015). Добровољне смернице за одрживо управљање земљиштем (FAO, 2017), Ревидирана повеља о земљишту (FAO, 2015) и многе друге које се баве специфичним темама конзервације земљишта. Промовисани принципи и алати такође су укључени и у политике и стратегије као што су *Common Agricultural Policy: 2023-2027* (CAP, 2021), *EU Soil strategy for 2030*, *European Green Deal* и *Farm to Fork Strategy* које је дефинисала Европска комисија. Имплементација

предложених мера одрживог управљања земљиштем спроводи се у највећој мери кроз пољопривреду и кроз шумарство.

Конвенционална пољопривредна производња окарактерисана је као неодржива и неадекватна. Специјализација пољопривреде (монокултуре) довела је до поједностављавања агроекосистема, што има изразито негативан ефекат на биодиверзитет, чиме су овакви системи постали зависни од екстерних улаза (Rosati et al., 2021). Органска пољопривредна производња која подразумева управљање импутима доводи до позитивних промена које кроз одређени временски период могу довести до пораста биодиверзитета и побољшања квалитета земљишта (Hole et al., 2005; Mondelaers et al., 2009). Међутим, у развијеним државама највећи број пољопривредних система су високо специјализовани, укључујући и оне у органској производњи (USDA, 2015). У циљу повећања степена одрживости пољопривреде кроз побољшање агробiodиверзитета пожељно је спровести агробилошке мере којима ће се спровести измена читавих система и његових компоненти, нпр. пројектовање и успостављање агрошумарских система (Rosati et al, 2021).

Дефиниције агрошумарства

Агрошумарство је традиционална пракса заједничког гајења дрвећа и усева која је вековима уназад различито примењивана и заступљена у зависности од дела света на коме се примењује

(Wiersum et al., 2004). Аутори немају истоветан став када је у питању трајање агрошумарске праксе, па се у литератури могу пронаћи подаци да је у употреби од најмање 1300 година (Brookfield et al., 1994), до 4500 година (Nair et al., 2008). У тропима и суптропима је ова пракса широко рапрострањена (Nair et al., 2012), док је у Европи у великој мери замењена дугим пољопривредним системима. Агрошумарски системи у Европи данас су најзаступљенији на Медитерану (Rigueiro-Rodriguez et al., 2009), док у зони континенталне климе постоје само остаци традиционалних система коришћења земљишта. У умереним регионима, „модерно“ агрошумарство је имало спорију еволуцију него у тропима. Почело је са повећаном перцепцијом шире јавности о еколошким последицама монокултура и интензивне пољопривреде и шумарства на биолошку и генетску разноврсност. (Nair et al., 2010). Промене намене земљишта, уклањање и фрагментација прородне вегетације одговорни су за смањење биодиверзитета и промене у протоку хранљивих материја, енергије и воде што резултира ерозијом земљишта, погоршавањем квалитета воде и загађењем животне средине (Brown et al., 2004). Потреба за еколошком одговорношћу и применом еколошки компатибилних пракси управљања земљиштем порасла је када су ови проблеми схваћени на адекватан начин. Научна заједница, Светска банка и FAO препознали су значај агрошумарства седамдесетих година двадесетог века као интегрисане примењене науке која

има потенцијал за решавање многих проблема управљања земљиштем и животне средине (Nair et al., 1993), од тада су спроведена многобројна истраживања и дате су различите дефиниције.

Дефиниција којој ICRAF (World Agroforestry), као најрелевантнија институција у овој области, даје предност, описује агрошумарство као „збирни назив за све праксе и системе коришћења земљишта у којима су дрвенасте вишегодишње биљке намерно интегрисане са пољопривредним усевама и/или животињама на истој земљишној површини. Интеграција се може односити на просторни распоред или временски низ. Обично постоје и еколошке и економске интеракције дрвенастих и недрвенастих компоненти у агрошумарству“ (Leakey, 1996). FAO такође употребљава ову дефиницију уз допуну да се агрошумарски системи такође могу описати као „динамичан, еколошки заснован систем управљања природним ресурсима који, кроз интеграцију дрвећа на фармама и у пољопривредном пејзажу, диверзификује и одржава производњу ради повећања друштвених, економских и еколошких користи за кориснике земљишта на свим нивоима. Конкретно, агрошумарство је кључно за мале фармере и друге становнике села јер може побољшати њихово снабдевање храном, приходе и здравље. Системи агрошумарства су мултифункционални системи који могу пружити широк спектар економских, социокултурних и еколошких користи“ (FAO, 2015).

Једноставнија дефиниција агрошумарства га описује као одржив начин управљања земљиштем који интегрише и пољопривредну и шумарску праксу на истој основи управљања земљиштем (Mosquera-Losada et al., 2009).

Основни концепт агрошумарства

Агрошумарство произилази из улоге производње дрвећа на фарми и ван фарме у подршци одрживом коришћењу земљишта и управљању природним ресурсима. Овај концепт се заснива на премиси да системи коришћења земљишта који су структурно и функционалносложенији од монокултура усева или дрвећа резултирају већом ефикасношћу коришћења ресурса (хранљивих материја, светлости и воде), као и већом структурном разноврсношћу која подржава кружење хранљивих материја. Док надземна и подземна разноликост обезбеђује већу стабилност и отпорност система на нивоу локације, системи обезбеђују повезаност са шумама и другим карактеристикама пејзажа на нивоу предела и слива (Nair et al., 2008). Интеграција дрвећа у пољопривредне системе подразумева интеракцију, посебно конкуренцију за водом, хранљивим материјама, светлошћу и CO₂, стварајући тако сложенији агроекосистем (Rao et al., 1998). Ефекти могу бити позитивни (нпр. повећана продуктивност, кружење хранљивих материја, плодност земљишта и микроклима) и негативни (нпр. штетни вектори и вектори болести) (Gordon et al., 2009; Jose et al., 2009).

Дакле, основне одлике које агрошумарство издвајају од пољопривредних и шумских система су конкуренција и сложеност. Међутим, надомешћују их продуктивност и одрживост као главни бенефити ових система. Како би се искористили потпуни потенцијали у том смислу неопходно је познавање свих његових компоненти. Савремене агрошумарске праксе заснивају се на смањењу конкуренције између компоненти у смислу задовољавања потреба за светлошћу, нутријентима и водом (Dupraz et al, 2005) што подразумева планирање, газдовање и познавање биљних врста („хипотеза комплементарности нише“; Harper, 1977).

Дрвеће са густим крошњама није погодно за овакве системе јер негативно утиче на продукцију у нижим спратовима зато што онемогућава да светлост продре до њих, из истог разлога треба водити рачуна о густини садње и дистрибуцији стабала. Листопадне врсте су погодније од зимзелених због већег обогаћења земљишта нутријентима и јер омогућавају светлости да доспе у систем током јесени и зиме када је енергија зрачења ниска. Препоручљиве су и врсте са дубоким укорјењивањем како би се избегла конкуренција са пољопривредним усевима кроз земљишни профил (Mosquera-Losada et al., 2009).



Слика 1. Производна парцела оивичена храстовом шумом (фото: Угреновић, 2022)

Класификације агрошумарства

У употреби су и различите класификације агрошумарства које су базиране на различитим критеријума. Основна подела која као критеријум користи компоненте агрошумарских система је:

1. *Агросилвикултурални системи* - комбинација усева и дрвећа
2. *Силвопасторални системи* - комбинују шумарство и испашу домаћих животиња
3. *Системи са три елемента (агросилвопасторални)* – комбинују дрвеће, усева и животиње.
Извор: FAO (2015)

Битна је и подела која је проистекла из пројекта AGROFORWARD која препознаје пет најзаступљенијих агрошумарских система у Европи:

1. Силвопасторални системи – комбинација дрвећа и жбуња са сточарском производњом
2. Силвоарабни системи – комбинација дрвећа и жбуња са једногодишњим или вишегодишњим засадама
3. Шумско гајење – шумске површине које се користе за производњу или жетву специјалних природних усева за медицинске, декоративне или кулинарске сврхе

4. Живице, ветрозаштитни појасеви и приобалне буферне зоне – редови природне или засађене вишегодишње вегетације (дрвеће/жбуње) које се граниче са обрадивим површинама/пашњацима и изворима воде ради заштите стоке, усева и/или квалитета земљишта и воде
5. Кућне или кухињске баште – комбинавање дрвећа/жбуња са производњом поврћа.
Извор: Burgess et al. (2018)

Пројекат је током четворогодишњих истраживања широм Европске Уније имао за циљ промоцију агрошумарства, као и испитивање доприноса у борби против климатских промена и његову улогу у оквиру Заједничке европске пољопривредне политике (Common agricultural policy, CAP).

Дакле, да би се систем категорисао као агрошумарски неопходно је да постоји биолошка интеракција између најмање две компоненте и да једна од компоненти буде дрвенаста (Sommariba et al., 1992). Подела се може извршити и према другим критеријума, међутим прва фаза класификације треба да буде заснована на компонентама (Nair et al., 1990) након чега се системи могу груписати према било ком критеријуму. Најчешће су то његова функција, просторни и временски распоред, социо-економски обим и ниво управљања и еколошка распрострањеност (Nair et al., 1985), које је објединио Мек Адам et al. (2005) као што је приказано у Табели 1.

Табела 1. Класификација агрошумарских система на основу његових компоненти, просторног и временског распореда, функције, агро-еколошке зоне и социо-економског аспекта (Nair et al., 1990, 1993; Young et al., 1997; McAdam et al., 2005)

Критеријум класификације	Категорије	Област примене
Компоненте	Агросилвикултурални Силвопасторални Агросилвопасторални Други	
Доминантна употреба земљишта	Примарно пољопривреда Примарно шумарство	Администрација
Просторни и временски распоред	Просторни (мешовите густине, просторно мешовити, тракасти, гранични)	Посебно корисно истраживањима на тему управљања биљкама и оптимизацији интеракција
Агроеколошки	Временски (истовремени, засебни) Хумидни, аридни, планински	Планирање употребе земљишта
Социо-економски	Комерцијални, средњи, постојећи	Социо-економске анализе потенцијала агрошумарства
Функција	Продуктивна функција (храна, сточна храна, биогориво, дрво, други продукти) Станишна функција (биодиверзитет) Регулаторна функција (заштитни појасеви, конзервација земљишта и вода, сенка) Културна функција (рекреација и пејзаж)	Развој пројеката за експлоатацију потенцијала агрошумарства

Утицај дрвене компоненте у оквиру агрошумарства на климатске промене

Угљен-диоксид и други гасови стаклене баште су главни узрочници глобалног загревања, односно климатских промена. Улога вегетације, пре свега шуме, у везивању атмосферског угљен-диоксида кроз процес фотосинтезе одавно је позната и као таква је у фокусу међународне заједнице као јефтин начин ублажавања климатских промена деценијама уназад. Неке мере пољопривредне производње утичу на смањење концентрације CO_2 не само везивањем, већ и акумулацијом органских угљеникових једињења у земљишту након одумирања биљака (Pivić et al., 2022).

Међутим фотосинтеза није једини биолошки процес који се одвија у екосистему у склопу кружења угљеника. Разлагање органске материје, као и биљно, животињско и микробно дисање којим се поново ослобађа угљендиоксид (или метан у анаеробним условима) такође су елементи овог циклуса. Секвестрирани угљеник је разлика између угљеника „добијеног“ фотосинтезом и угљеника „изгубљеног“ или „ослобођеног“ дисањем свих компоненти екосистема, а овај укупни добитак или губитак угљеника обично је представљен нето продуктивношћу екосистема (Montagini et al., 2004). Овај однос је често неповољан у системима интензивне пољопривредне производње, нарочито у условима у којима се земљишним ресурсима управља на начине који се категоришу

као неодрживи. Агрошумарство има потенцијал да повећа нето продуктивност кроз складиштење угљеника у биомаси и у земљишту, нарочито када се примењује у комбинацији са праксама које враћају већи део биљног материјала у земљиште и које се промовишу у органској производњи. Инкорпорирање дрвећа у пољопривредне системе, ако је изведено на прави начин, повећава количину секвестрираног угљеника док истовремено дозвољава производњу хране на истом земљишном простору (Kursten et al., 2000).

Индиректан утицај агрошумарства на секвестрацију угљеника је кроз смањење притиска на природне шуме. Већина угљеника улази у екосистем фотосинтезом након чега се део асимилваног угљеника транспортује у земљиште које је његов највећи резервоар. С тим у вези разликујемо надземну и подземну секвестрацију (Montagini et al., 2004). Надземно складиштење угљеника је уграђивање истог у биљну материју. Количина складиштеног угљеника директно је пропорционална величини биомасе и зависи од природе саме биљке и старости састојине, као и од својстава земљишта на коме расте, односно од садржаја органске материје, нутријената, структуре, карактеристика локације, начина управљања, итд (Nair et al., 2010). Надземна биомаса која остаје на локацији поново се инкорпорира у земљиште кроз биљне остатке. Процене надземног потенцијала секвестрације угљеника засноване су на претпоставци да 45–50% суве масе грана и 30% суве

месе лишћа чини угљеник (Schroth et al., 2002; Shepherd et al., 2001). Процене овог потенцијала у агрошумарским системима су веома варијабилне и крећу се у распону од 0.29-15.21 Mg/ha/god (Nair et al., 2009).

У смислу ублажавања климатских промена већи значај има подземна секвестрација угљеника. Земљишта имају виталну улогу у глобалном циклусу угљеника. Процењене земљишне резерве органског угљеника су 1550 Pg и неорганског око 750 Pg оба до дубине од једног метра (Batjes et al., 1996). Када је у питању садржај органског земљишног угљеника системи коришћења земљишта се рангирају редом: шуме > агрошуме > плантаже дрвећа > ратарске гајене врсте (Nair et al., 2009).

Врста и количина органске материје која се уноси у земљиште зависи од биљне врсте. Дрвенасте биљке са већом густином и дубином корена доприносе повећању органског угљеника земљишта, подстичу агрегацију и повољно утичу на активност микроорганизама унутар профила у поређењу са врстама са плитким кореном (Haunes et al., 1997; Jobbagy et al., 2000; Liao et al., 2006; Haile et al., 2008). Фиксација азота и микоризне асоцијације могу повећати доступност нутријената чиме подстичу микробиолошку активност која резултира вишим нивоима органског угљеника и стабилности агрегата што има пресудан утицај на задржавање угљеника у земљишту (Haines et al., 1997).

Осим кроз секвестрацију, управљање шумама - односно дрвеном компонентом у агрошумарским системима, утиче на смањење атмосферског угљеника кроз очување угљеника. Сматра се да очување угљеника има највећи потенцијал за ублажавање климатских промена. (Bass et al., 2000). Очување органске материје земљишта заснива се на три процеса: биохемијској инертности разлагања, хемијској стабилизацији и физичкој заштити (Christensen et al., 1996; von Lutetsov et al., 2008).

Биохемијска инертност разлагања се јавља када органска материја земљишта укључује структуре које је тешко разбити микробиолошком активношћу (Christensen et al., 1996). Чест пример је лигнин, једна од главних компоненти дрвенастих биљака. Органска материја са високим садржајем лигнина и других великих молекула састављених од сложених ароматичних аморфних угљеничних структура теже је доступна микроорганизмима због чега дуже опстаје у земљишту (Six et al., 2000; Mikutta et al., 2006). Биохемијска инертност разлагања сама по себи није довољна, хемијска стабилизација и физичка заштита такође су неопходни за формирање органоминералних комплекса (Flessa et al., 2008; Marchner et al., 2008).

Физичка заштита је везивање органске материје у земљишне агрегате, одвајајући га од микробних популација и спречавајући његову деградацију (Six et al., 2000). Коренски ексудати подстичу везивање микроагрегата у

макроагрегате. Утврђено је да биљке са већом густином корена позитивно утичу на стабилност агрегата, садржај органског угљеника и микробну биомасу (Heines et al., 1997).

Органоминерална стабилизација је конверзија и везивање органске материје земљишта са минералима да би се формирали стабилни органоминерални комплекси. Она не би била могућа без физичке заштите и биохемијске инертности разлагања које омогућавају органској материји да дуже опстане у земљишту, обезбеђујући време које је неопходно да се формирају органоминерални комплекси који представљају највећи део стабилне фракције органске материје земљишта (Six et al., 2000). У шумским земљиштима чак до 86% органске материје земљишта инкорпорирана је у ове стабилне структуре (Mikkuta et al., 2006).

Агрошумарство у Европи

Транзиција са традиционалне на модерну пољопривреду у Европи десила се шездесетих година двадесетог века и довела је до поједностављења и стандардизације пољопривредних система и до значајног губитка хетерогености пејзажа (Durgaz et al., 2005). На основу паневропске LUCAS (2012), базе података процењено је да се агрошумарство практикује на 15.4 милиона хектара у ЕУ и Швајцарској, што је 3.6% њихове укупне површине (den Harder et al., 2017). Истраживања у Европи последњих година указују да агрошумарски системи имају

велики потенцијал у погледу пружања екосистемских услуга. Процењено је да би увођење ових система на пољопривредним површинама високог ризика од ерозије водом могло смањити губитке земљишта на истим за 65% (Palma et al., 2007; Reisner et al., 2007). Позитиван ефекат шумских алеја у пољопривредној производњи доказан је и када је у питању баланс нутријената, истраживања су показала да је у овим системима управљања губитак хранљивих материја мањи за 40-70% (Nair et al., 2007; Jose et al., 2009). Такође, већа густина садње у дрворедима могла би смањити испирање азота до 28% (Palma et al., 2007). Дрвена компонента обезбеђује станиште за флору и фауну чиме подстиче биодиверзитет и има позитиван утицај на контролу штеточина (Sutter et al., 2017).

Соња Кај и сарадници (2019) су у свом истраживању проценили потенцијал за секвестрацију угљеника на најугроженијим површинама на којима се спроводи пољопривредна производња укључујући и пашњаке на територији ЕУ (осим Кипра и Хрватске) и Швајцарске. Како би одредили величину и распрострањеност најугроженијих локалитета прво су дефинисали девет најзначајнијих притисака животне средине и њихове граничне вредности и квантификовали њихов утицај у оквиру подручја истраживања које је обухватало око 92% укупног европског пољопривредног земљишта и 88% укупне површине под пашњацима у Европи. На пољопривредним површинама процењен

је утицај осам екосистемских притисака: ерозија водом, ерозија ветром, садржај органског угљеника у земљишту, наводњавање, загађење нитратима, осетљивост на климатске промене, биодиверзитет земљишта, опрашивање и контролу штеточина. На пашњацима су утврђени притисци били исти као и на пољопривредном земљишту, осим ерозије ветром. Као најугроженије, или приоритетне области, дефинисане су оне обрадиве површине код којих је пет или више типова притисака прелазило граничне вредности, односно четири или више код пашњака. На овај начин издвојено је приоритетних 10%, или 136 758 km², што одговара око 8.9% укупног европског пољопривредног земљишта, након чега су аутори и локални експерти препоручили 64 различите агрошумарске праксе погодне за подручје проучавања. Идентификован је годишњи потенцијал складиштења угљеника дрвених елемената (укључујући корен) за сваки од предложених система и у оквиру сваког географског региона и он је износио 0,09–7,29 tC/ha/god. Процењено је да би кроз предложене агрошумарске праксе могло да се секвестрира 2,1 – 63,9 милиона тона угљеника годишње у зависности од изабраних система, што је еквивалентно 7,7 – 234,8 милиона тона CO₂ годишње шта представља 1,4 – 43,4% укупних годишњих емисија гасова стаклене баште од пољопривреде на територији ЕУ (осим Кипра и Хрватске) и Швајцарске. Највише истраживања и знања из области агрошумарства на простору Европе проистекло је из пројекта AGROFORWARD (AGroFOR-

estry that Will Advance Rural Development – Агрошумарство које ће унапредити рурални развој) који је финансиран кроз програм ЕУ за истраживање и технолошки развој и трајао је од јануара 2014. године до децембра 2017. године и укључивао је 40 група заинтересованих страна (са око 820 учесника у 13 земаља Европе (<http://www.agforward.eu>).

Пројекат је идентификовао четири категорије агрошумарства у смислу главног фокуса производње и управљања:

1. агрошумарство високе природне и културне вредности – традиционални системи или други облици управљања од значаја за биодиверзитет и културно наслеђе
 2. агрошумарство са фокусом на дрвеће високе вредности
 3. агрошумарство са фокусом на ратарски усев
 4. агрошумарство са фокусом на сточарство
- Извор: Burgess et al. (2015)

Испитиване су различите ситуације, шеме, утицаји, комбинације и односи између компоненти у оквиру категорије агрошумарства са фокусом на ратарски усев. У Француској су испитивани системи производње дурум пшенице у комбинацији са орахом, тополом и оскорушом и њихов утицај на селекцију сорти дурум пшенице и контролу корова; у Шпанији је анализирана производња

житарица испод ораха и гајење кукуруза или лековитих биљака између ораха и дивље трешње; у Грчкој су системи укључивали пасуљ и ароматичне биљке између ораха и трешње; у Италији су се топола и храст гајили дуж јаркова на ораницама; у Мађарској је комбинован узгој пауловније са луцерком и кукурузом; у Немачкој шећерна репа са тополом и црним багремом; у Швајцарској је фокус био на воћкама; у Великој Британији комбиновани широколисни дрвореди са органским поврћем, као и селекције сорти пшенице између лешника и врбе. Извор: Burgess et al. (2018).

На основу ових опсежних истраживања изведено је неколико значајних закључака:

- Ширина леја кретала се од 6 m – 96 m. На основу интеракције компоненти дефинисана су два типа алеја (а) уске алеје са фокусом на дрвеној компоненти где утицај сенке умањује вредност ратарског усева); (б) широке алеје са фокусом на компоненти усева где је механизована сетва могућа и када су стабла потпуно сазрела.
- Могућност континуиране употребе стандардних пољопривредних машина за сетву, третман и жетву ратарских усева је од великог значаја, са тим у вези неопходно је пројектовати праве и довољно широке дрвореде како би се омогућио несметан механизовани рад.
- Нису све комбинације једнако комплементарне, такође исте комбинације могу и не морају да имају исте ефекте када су примењене у различитим регионима и локацијским условима.
- Позитиван утицај заклона и сенке на усев је незахвалан за тумачење јер је тешко дизајнирати експерименте који би били упоредиви и валидни. Улога шумских појасева у заштити од еолске ерозије је позната, међутим постоје индиције да утицај сенке на микроклиму потенцијално повећава противерозиони ефекат ових појасева на основу истраживања у Немачкој и Мађарској. Са друге стране, умањени ратарски приноси у зони сенке измерени су у шест од десет експеримената.
- Нека од истраживања показала су да малч може имати позитиван утицај на сузбијање корова у дрворедима.
- Екосистемске услуге су многобројне и различите у зависности од комбинације компоненти и услова на локацији: позитиван ефекат на контролу штеточина, опрашивање и станиште забележен је у Француској, Великој Британији и Швајцарској; побољшање естетике пејзажа у Шпанији, Грчкој и Великој Британији; смањена ерозија земљишта и/или побољшана структура земљишта у Француској, Грчкој и Швајцарској; смањено испирање азота и побољшано кружење хран-

љивих материја у Шпанији; повећана секвестрација угљеника у Шпанији, Италији, Грчкој и Великој Британији; заклон за усеве и земљиште од екстремних временских појава изазваних климатским променама у Шпанији, Италији, Великој Британији и Немачкој. Извор: Burgess et al. (2018)

AGROFORWARD пројекат кроз своју класификацију, о којој је већ било речи, препознаје многе праксе заступљене на територији Републике Србије као агрошумарске, на пример приобалне буферне зоне које су већином природног порекла и претежно се могу видети на мањим нерегулисаним водотоцима, затим испаша домаћих животиња у воћњацима (силвопасторални системи) што је честа појава у мањим сеоским домаћинствима у руралним брдско-планинским пределима, заснивање ратарских усева на мањим парцелама оивиченим шумом, итд. Међутим најчешћи, ако не и једини, планирани и пројектовани агрошумарски системи у Републици Србији су ветрозаштитни појасеви претежно у Војводини. Очекује се да ће се услед климатских промена појачати интензитет еолске ерозије у овој покрајини, нарочито у ванвегетационом периоду када пољопривредно земљиште остаје голо и подложно разорним утицајима ветра, што истиче потребу за овом врстом појасева. Извор: Baumgertel et al. (2022).

Извршена су многобројна истраживања која испитују значај и погодност раз-

личитих дрвенастих врста у ветрозаштитним појасевима на територији Војводине. Доказан је позитиван ефекат ветрозаштитних појасева тополе, нарочито при већим долазним брзинама ветра (Lukić et al., 2006). Изведена је и компаративна анализа утицаја 20 година старих појасева сибирског бреста, тополе и црног багрема на складиштење угљеника на подручју Бачке Паланке. На основу резултата истраживања аутори закључују да је између три врсте најпогоднија топола, како због потенцијала за складиштење угљеника (који је исти као и код сибирског бреста, а већи него код црног багрема), тако и због прилагодљивости на услове животне средине, дуговечности и утицаја на усеве кроз квалитет биомасе и доприносу складиштењу угљеника у земљишту. Извор: Lukić et al. (2018)

Однос произвођача према агрошумарству и имплементација у политике и стратегије

Иако су доказане многобројне предности агрошумарства, одлука о имплементацији ових система на крају је на произвођачима код којих је, на жалост, неоспоран општи недостатак прихватања (Rois-Diaz et al., 2018).

Студија у оквиру AGROFORWARD пројекта (Garcia de Jalon et al., 2017) проценила је како заинтересоване стране и кључни актери гледају на примену и ширење агрошумарства у Европи. Истраживање је обухватало 30 група заинтересованих страна и различите

системе агрошумства у 11 земаља Европске Уније (Данска, Француска, Немачка, Грчка, Мађарска, Италија, Холандија, Португал, Шпанија, Шведска и Уједињено Краљевство). Заинтересоване стране су рангирале позитивне и негативне аспекте имплементације ових система у свом региону. Препозната су четири бенефита који имају највећу улогу у прихватању агрошумарства од стране произвођача, то су: биодиверзитет и пејзажна естетика; очување земљишта; добробит и здравље животиња; разноликост производа и различитост прихода. Највећи мотив су они бенефити који су очигледни на нивоу фарме, пре свега разноликост производа и различитост прихода којима су произвођачи дали највећи значај. Када је очување земљишта у питању то су побољшана продуктивност и смањени трошкови управљања. Позитиван утицај очувања земљишта у агрошумарским системима на нивоу слива такође има велики еколошки и економски значај, на пример смањени ризик од поплава и побољшање квалитета воде.

Кроз студију су дефинисана и најизраженија ограничења за имплементацију агрошумарства. Закључак је да се ова ограничења углавном односе на питања управљања и администрације и то су: високи захтеви за радном снагом; сложеност посла; трошкови управљања; административна оптерећења. Управљање овим системима је само по себи компликованије него што је то случај у конвенционалној пољопривредној производњи зато што подразумева додатну

компоненту која захтева пројектовање, планирање и управљање. Сложеност последично повећава трошкове и потребу за радном снагом, што не мора бити негативно имајући у виду да је повећање броја радних места у руралним подручјима један од важних циљева политике Европске Уније. Неки од испитаника идентификовали су Заједничку пољопривредну политику (САР) као један од проблема, тврдећи да поставља агрошумарске системе у неповољан положај у односу на конвенционалне.

Закључак студије је да, иако је у оквиру САР-а осмишљено 25 мера са циљем унапређења агрошумарства, постоји висок ниво неусклађености између првог стуба (Pillar I – директна плаћања) и другог стуба (Pillar II – подршка руралном развоју), што у великој мери представља препреку прихватању ових система од стране произвођача. Аутори такође истичу потребу за едукацијом кроз школско и факултетско образовање, као и за добро обученим и независним пружаоцима саветодавних услуга.

Агрошумарство је први пут препознато на нивоу Европске Уније 2005. године кроз Уредбу Европског Савета бр. 1698/2005 о подршци руралном развоју, чиме је обезбеђена прва бесповратна финансијска подршка за успостављање агрошумарских система из Европског пољопривредног фонда за рурални развој.

У програмском периоду 2003-2007 агрошумарство је укључено у политику у склопу подржаних шумарских мера, али не у свом пуном обиму. У периоду 2014-2020 оно је препознато у оквиру CAP-а као одржива пракса која пружа многобројне еколошке услуге и може допринети достизању постављених циљева, пре свега: одрживој производњи хране, одрживом управљању ресурсима, достизању климатске неутралности и уравнотеженом територијалном развоју. Међутим, како је показала студија AGROFORWARD пројекта (Garcia de Jalón, 2017) због неусаглашености и административних потешкоћа није дошло до шире примене ових система. Са тим у вези Европски парламент донео је Уредбу 2017/2393 (Омнибус уредба) која је допринела побољшању подобности агрошумарства у оквиру CAP-а и дала нове дефиниције трајних травњака које су у складу са агрошумарством, чиме се омогућује већа подршка овим системима управљања путем директних плаћања у оквиру првог суба CAP-а (Pillar I). Упркос томе, Европска Комисија је у Извештају о напретку у спровођењу стратегије Европске Уније за шуме (2018) указала да није дошло до очекиваних резултата, посебно када је у питању имплементација агрошумарских пракси.

CAP 2023-2027 формално је прихваћен у децембру 2021 и у потпуности ће бити примењен 2023. Нови CAP поред девет специфичних циљева истиче додатна три циља: унапређење доприноса пољопривреде еколошким и климатским циљевима; пружање циљаније подршке

малим газдинствима; флексибилност у прилагођавању мера локалним условима државама чланицама. Агрошумарство се помиње осам пута у предложеној уредби и њеном анексу и као такво ће бити квалификовано за подршку у оквиру оба стуба са фокусом на еколошке и климатске бенефите које пружа. Пошто је нови модел испоруке CAP-а оријентисан на флексибилност на локалном нивоу, суштински се државама чланицама оставља да одлуче како и у којој мери желе да подрже агрошумарство кроз своје стратешке планове (www.consilium.europa.eu).

Агрошумарство је подржано кроз *Зелени договор (European Green Deal)* који наглашава да стратешки планови држава чланица треба да се базирају на одрживим праксама какво је, између осталог, и агрошумарство. Један од базичних елемената Зеленог договора је стратегија Од поља до стола (Farm to Fork, 2020a) која истиче да ће нове „еко-шеме“ подстицати одрживе праксе, као што су прецизна пољопривреда, агроекологија (укључујући органску пољопривреду), угљеничне фарме и агрошумарство. Још једна кључна стратегија у оквиру Зеленог договора је Стратегија Европске Уније о биодиверзитету до 2030. године (2020a) која наводи да је неопходно применити мере подршке агрошумарству у оквиру руралног развоја јер оно има велики потенцијал за побољшање биодиверзитета и митигацију и адаптацију на климатске промене.

Европски Парламент подржава агрошумарство кроз многа документа и резолуције, на пример резолуција Парламента од 27. октобра 2016. 2015/2226 (INI) истиче да „САР треба да обезбеди већу подршку обезбеђивању нових радних места у руралним подручјима и да треба да пружи ефикаснију подршку органској и биодинамичкој пољопривреди и свим осталим методама одрживе производње, укључујући интегрисану пољопривреду и агрошумарство у контексту агро-екологије, што ће подразумевати поједностављење постојећих прописа и доношење прописа који се могу спровести на једноставан и разумљив начин, без проблема”. Наведено би требало да се регулише кроз нови САР 2023-2027 када у потпуности ступи на снагу.

Закључци

Агрошумарство је препознато као један од алата за достизање циљева одрживог развоја које пружа многобројне екосистемске услуге. Истраживања су доказала значајну улогу ових система, пре свега дрвене компоненте, у секве-

страцији и чувању угљеника чиме доприносе климатској неутралности пољопривреде.

Агрошумарство у Европи је у развоју и неопходна је даља промоција, едукација и подршка, пре свега финансијска, како би ова пракса била широко прихваћена и применљивана од стране произвођача.

У Србији се ови системи могу видети у малим руралним домаћинствима али, осим у случају појединих ветро-заштитних појасева у Војводини, они нису планирани, пројектовани ни одржавани на оптималан начин. Како би до тога дошло неопходан је већи број истраживања утицаја и применљивости агрошумарства на територији Републике Србије, затим промоција, едукација и подршка овим системима. Искуства произвођача, саветодаваца, законодаваца, истраживача и других заинтересованих страна у Европи могу послужити као позитиван / негативан пример или као модел приликом израде стратегија, планова и политика које ће подстаћи агрошумарство у Републици Србији.

Литература

AGROFORWARD Project. <http://www.agforward.eu> Приступљено 23.06.2022.

Bass, S., Dubois, O., Mouracosta, P., Pinard, M., Tipper, R., Wilson, C. (2000). *Rural Livelihoods and Carbon Management*. IIED Natural Resource Issues Paper No. 1. International Institute for Environment and Development, London.

Baumgertel, A., Lukić, S., Caković, M., Miljković, P. (2022). Spatiotemporal analysis of the future sensitivity to wind erosion using ensemble of the regional climate models: a case study. *Int. J. Global Warming*, 27, 3.

Brookfield, H., Padoch, C. (1994) Agrodiversity. *Environment*, 36(5): 7-11, 37-45.

Burgess, P., Rosati, A. (2018). Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project. *Agroforest Syst.*, 92, 801-810.

Burgess, P., Crous-Duran, J., den Herder, M., Dupraz, C., Fagerholm, N., Freese, D., Garnett, K., Graves, A., Hermansen, J., Liagre, F., Mirck, J., Moreno, G., Mosquera-Losada, M., Palma, J., Pantera, A., Plieninger, T., Upton, M. (2015). AGFORWARD project periodic report: January to December 2014. Cranfield University: AGFORWARD.

Burgess, P., den Herder, M., Dupraz, C., Garnett, K., Giannitsopoulos, M., Graves, A., Hermansen, J., Kanzler, M., Liagre, F., Mirck, J., Moreno, G., Mosquera-Losada, M., Palma, J., Pantera, A., Plieninger, T. (2018). AGFORWARD PROJECT Final Report. Cranfield University: AGFORWARD, U.K.

den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, M., Palma, J., Sidiropoulou, A., Santiago Freijanes, J., Crous-Duran, J., Paulo, J., Tome, M., Pantera, A., Papanastasis, V., Kostas Mantzanas, K., Pachana, P., Papadopoulos, A., Plieninger, T., Burgess, P. (2017) Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agric Ecosyst Environ.*, 241, 121-132

Bass, S., Dubois, O., Mouracosta, P., Pinard, M., Tipper, R., Wilson, C. (2000). *Rural Livelihoods and Carbon Management*. IIED Natural Resource Issues Paper No. 1. International Institute for Environment and Development, London.

Batjes, N. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *Eur. J. Soil Sci.*, 47, 151-163.

Brown, L. (2004). *Outgrowing the Earth: The Food Security Challenge in an Age of Falling Water Tables and Rising Temperatures*. W.W. Norton, New York.

von Luetzow, M., Kogel-Knabner, I., Ludwig, B., Matzner, E., Flessa, H., Ekschmitt, K., Guggenberger, G., Marschner, B., and Kalbitz, K. (2008). Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: Development and application of a conceptual model. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 171, 111-124.

Garcia de Jalon, S., Burgess, P., Graves, A., Moreno, G., McAdam, J., Pottier, E., Novak, S., Bondesan, V., Mosquera-Losada, R., Crous-Duran, J., Palma, J., Paulo, J., et al. (2017). *How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders*. *Agroforest Syst.* Springer.

Gordon, A., Thevathasan, N., Nair, P. (2009). *An agroecological foundation for temperate agroforestry*. In "Temperate Agroforestry: Science and Practice". American Society of Agronomy, Madison, WI, 25-44.

Grujić, T., Maksimović, J., Dinić, Z., Pivić, R., Stanojković-Sebić, A., Jovković, M. (2021). *Recognized values of the content of hazardous and harmful substances in the soil from the angle of science and legislation. Proceedings. XXV International Eco-Conference 2021. XIV Environmental Protection of Urban and Suburban Settlements. 22th–24th September, Novi Sad, Serbia, 105-113.*

Dupraz, C., Burgess, P., Gavaland, A., Graves, A., Herzog, F., Incoll, L., Jackson, N., Keesman, K., Lawson, G., Lecomte, I., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Palma, J., Papanastasis, V., Paris, P., Pilbeam, D., Reisner, Y., Van Noordwijk, M., Vincent, G., Van der Werf, W. (2005). *Synthesis of the silvoarable agroforestry for Europe (SAFE) project. INRA-UMR System Editions, Montpellier, 254.*

Đurović, N., Pivić, R., Počuča, V. (2012). Effect of the application of a hydrogel in different soils. *Agriculture & Forestry*, 53(07)(1-4): 25-34.

EC, European Commission (2020a). *A farm to fork strategy - for a fair, healthy and environmentally friendly food system: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2020), 381 final.*

EC, European Commission (2020b). *EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2020), 380 final.*

EC, European Commission. (2019). *Study on progress in implementing the EU Forest Strategy: final report. Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Publications Office.*

EP, European Parliament. (2016). *How can the CAP improve job creation in rural areas? 2015/2226(INI)*

Jobbagy, E., Jackson, R. (2000). *The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecol. Appl.*, 10, 423-436.

Jose, S. (2009). *Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. Agrofor Syst*, 76:1.

Kay, S., Rega, C., Moreno, G., den Herder, M., Palma, J., Borek, R., Crous-Duran, J., Freese, D., Giannitsopoulos, M., Graves, A. Mareike Jäger, Lamersdorf, N., et al. (2019). *Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. Land Use Policy*, 83, 581-593.

Kursten, E. (2000). *Fuelwood production in agroforestry systems for sustainable land use and CO₂ mitigation. Ecol Eng.*, 16, S69-S72.

Leakey, R. (1996). *Definition of agroforestry revisited. <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/JA21534.pdf>*

Liao, J., Boutton, T., Jastrow, J. (2006). Storage and dynamics of carbon and nitrogen in soil physical fractions following woody plant invasion of grassland. *Soil Biol. Biogeochem.*, 38, 3184-3196.

Лукић, С., Дожић, С. (2006). Ефикасност тополе у ветрозаштити на неким локалитетима у Војводини. Гласник Шумарског факултета, Београд, 93, 121-128.

Lukić, S., Belanović-Simić, S., Pantić, D., Beloica, J. Baumgertel, A., Miljković, P., Borota, D., Kadović, R. (2018). Carbon storage in shelterbelts in the agroforestry systems of the Bačka Palanka area (Serbia). *AGROFOR International Journal*, 3, 2.

Манојловић, М., Пивић, Р. (2020). Улога земљишта у кружењу угљеника и ублажавању климатских промена. Студија, Иницијатива за шумарство и животну средину-ФЕА.

Marschner, B., Brodowski, S., Dreves, A., Gleixner, G., Gude, A., Grootes, P., Hamer, U., Heim, A., Jandl, G., Ji, R., Kaiser, K., Kalbitz, K. (2008). How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils? *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 171, 91-110.

Mikutta, R., Kleber, M., Torn, M., Jahn, R. (2006). Stabilization of soil organic matter: Association with minerals or chemical recalcitrance? *Biogeochemistry*, 77, 25-56.

Mondelaers, K., Aertsens, J., van Huylenbroeck, G. (2009). A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal*, 111, 1098-1119.

Montagnini, F., Nair, P. (2004). Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforest. Syst.*, 61-62, 281-295.

Mosquera-Losada, M., McAdam, J., Romero-Franco, R., Santiago-Freijanes, J., Rigueiro-Rodriguez, A. (2009). *Definitions and components of agroforestry practices in Europe*. In: *Agroforestry in Europe*. Springer, Dordrecht, 3-19.

McAdam, J. (2005). *Silvopastoral systems in North-west Europe*. In: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*. CAB, Wallingford, UK.

Nair, P. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3, 97-128.

Nair, P. (1990). *Classification of agroforestry systems*. In *Agroforestry: Classification and Management*, Wiley, New York, 31-57.

Nair, P. (1993). *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Nair, V., Nair, P., Kalmbacher, R., Ezenwa, I. (2007). Reducing nutrient loss from farms through silvopastoral practices in coarse-textured soils of Florida (USA). *Ecol. Eng.*, 29, 192-199.

Nair, P., Gordon, A., and Mosquera-Losada, M. (2008). *Agroforestry*. In "Encyclopedia of Ecology" (S. E. Jorgensen and B. D. Faith, Eds.), Elsevier, Oxford, UK, 1, 101-110.

Nair, P., Kumar, B., Nair, V. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J Plant Nutr Soil Sci*, 172:10-23.

Nair, P., Nair, V., Kumar, B., Showalter, J. (2010). *Carbon Sequestration in Agroforestry Systems*. In "Advances in Agronomy", Elsevier, Oxford, UK, 108, 237-307.

Nair, P., Garrity, D. (2012). *Agroforestry: The Future of Global Land-Use*. Berlin: Springer.

- Palma, J., Graves, A., Bunce, R., Burgess, P., de Filippi, R., Keesman, K., van Keulen, H., Liagre, F., Mayus, M., Moreno, G., Reisner, Y., Herzog, F. (2007). Modelling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 119, 320-334.
- Pivić, R., Dinić, Z., Maksimović, J., Poštić, D., Štrbanović, R., Stanojković – Sebić, A. (2020). Evaluation of trace elements MPC in agricultural soil using organic matter and clay content. *Зборник Матице српске за природне науке / Matica Srpska J. Net. Sci. Novi Sad*, 138, 97-108.
- Pivić, R., Dinić, Z., Maksimović, J., Grujić, T., Ugrenović, V., Stanojković-Sebić, A. (2022). Adaptation to climate change in agricultural sector - a proposal for rational management measures. *Zemljiste i biljka*, 71(1): 67-75.
- Regulation EU (2017) 2393 of the European Parliament and of the Council of 13 December 2017.
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J. (2007). Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecol. Eng.*, 29, 401-418.
- Rao, M., Nair, P., Ong, C. (1998). Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforest. Syst.*, 38, 3-50.
- Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquera-Losada, M. (2009). *Agroforestry in Europe. Current Status and Future Prospects*. New York: Springer.
- Rois-Díaz, M., Lovric, N., Lovric, M., Ferreira-Domínguez, N., Mosquera-Losada, M., Den Herder, M., Graves, A., Palma, J., Paulo, J., Pisanelli, A., Smith, J., Moreno, G., García, S., Varga, A., Pantera, A., Mirck, J., Burgess, P. (2018). Farmers' reasoning behind the uptake of agroforestry practices: evidence from multiple case-studies across Europe. *Agrofor. Syst.*, 92, 811-828.
- Rosati, A., Borek, R., Canali, S. (2021). Agroforestry and organic agriculture. *Agroforest Syst.*, 95, 805–821.
- Six, J., Elliott, E., Paustian, K. (2000). Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol. Biochem.*, 32, 2099-2103.
- Службени гласник Републике Србије (2018). Уредба о програму систематско праћење квалитета земљишта, индикатори за процену ризика од деградације земљишта и методологија израде програма санације, 88/2018.
- Sommariba, E. (1992). Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems*, 19, 233-240
- Shepherd, D., Montagnini, F. (2001). Above ground carbon sequestration potential in mixed and pure tree plantations in the humid tropics. *J. Trop. For. Sci.*, 13, 450-459.
- Schroth, G., D'Angelo, S., Teixeira, W., Haag, D., Lieberei, R. (2002). Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: Consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. *For. Ecol. Manage.*, 163, 131-150.
- USDA (2015). Introduction to organic practices. <https://www.ams.usda.gov/publications/content/introduction-organic-practices>. Приступљено 12.05.2022.
- FAO. (2015). Agroforestry definition.. <https://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/>

Приступљено 24.05.2022.

FAO. (2015). Revised World Soil Charter. <https://www.fao.org/3/I4965E/i4965e.pdf> Приступљено 04.05.2022.

Flessa, H., Amelung, W., Helfrich, M., Wiesenberg, G., Gleixner, G., Brodowski, S., Rethemeyer, J., Kramer, C., and Grootes, P. (2008). Storage and stability of organic matter and fossil carbon in a Luvisol and Phaeozem with continuous maize cropping: A synthesis. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 171, 36-51.

Harper, J. (1977). *Population Biology of Plants*. Academic Press, New York.

Haile, S., Nair, P., Nair, V. (2008). Carbon storage of different soil-size fractions in Florida silvopastoral systems. *J. Environ. Qual.*, 37, 1789-1797.

Haynes, R., Beare, M. (1997). Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. *Soil Biol. Biochem.*, 29, 1647-1653.

Hole, D., Perkins, J., Wilson, J., Alexander, I., Grice, P., Evans, A. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biol Conserv*, 122, 113-130.

CAP (2023-2027). <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/cap-introduction/cap-future-2020-common-agricultural-policy-2023-2027/> Приступљено 07.07.2022.

Council Regulation (EC) No 1698/2005 of 20 September 2005 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD)

Christensen, B. (1996). *Carbon in primary and secondary organomineral complexes*. In "Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils", CRC Press, Boca Raton, 97-165.

Dželetović, Ž., Pivić, R., Đurović, N. (2011). Available nitrogen in the surface mineral layer of Serbian forest soils. *Journal of Forest Science*, 57(4): 131-140.

Wiersum, K. (2004). Forest gardens as 'intermediate' land-use system in the nature - Culture continuum: Characteristics and future potential. *Agroforest. Syst.*, 61, 123-134.

WCED (1987). Our Common Future. Brundtland Report, United Nations.

Young, A. (1997). *Agroforestry for Soil Management*. CABI, Wallingford, UK