

РАЗВОЈ МЕТЕОДОЛОГИЈЕ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES

Мирјана Тодосијевић^{1*}, Гордана Крсмановић², Катарина Лазаревић¹, Нада Драговић¹,
Тијана Вулевић¹, Наталија Момировић³

¹ Универзитет у Београду, Шумарски факултет

² Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, Републичка дирекција за воде, Одсек водне инспекције

³ Институт за шумарство, Београд

*e-mail: mirjana.todosijevic@sfb.bg.ac.rs

Извод: Услуге екосистема су предности и добити које екосистеми пружају друштву. Сервиси екосистема или екосистемске услуге су сваки вид користи који човечанство има из устаљеног система процеса у екосистему. Обухватају услуге снабдевања, регулисања и подршке и културе. Производи екосистема су ресурси који потичу из екосистема, а човек их користи у природном или измењеном облику. Од виталног су значаја за живот људи. У Србији је овај природни капитал занемарен, а мониторинг је једва присутан. Услуге које екосистем пружа човеку је веома тешко валоризовати. Да би се сагледали ефекти који се адекватним управљањем могу добити од природе, неопходно их је и новчано представити. Развијени су модели који квантификују и картирају вредности еколошких услуга. Валоризација услуга екосистема кроз развој методологије уз примену модела, пружа управљање екосистемом и укључивање у процес планирања и одлучивања. Модели су просторно експлицитно интегрисане алатке за моделирање која квантификује промене у услугама екосистема, нпр. различите начине коришћења земљишта, количине угљеника у земљишту и сл. Углавном користи карте и табеларне податке о коришћењу ресурса, управљању природним ресурсима у функцији заштите животне средине што се комбинује са економским подацима.

Развојем методологије за валоризацију услуга екосистема, предлажу се механизми и предузимају одређене акције за могуће новчане накнаде појединих услуга екосистема, као и „казне“ услед деградације или неадекватног начина управљања природним ресурсима.

Одрживост природног ресурса и заштита животне средине је примарни задатак наше друштвене заједнице. Концепт одрживости је реалан, само уколико је друштво спремно да инвестира у очување и обнављање природног капитала за одржање екосистема и његових услуга.

Кључне речи: услуге екосистема, корист, модел, одрживост

Abstract: Services of ecosystem are the benefits that ecosystems provide to the society. Ecosystem services are all kinds of benefits that humanity has from an established process system in the ecosystem. It covers the supply, regulation and support services and culture. Ecosystem products are resources derived from ecosystems, and humans use them in a natural or altered form. They are vitally important for people's lives. In Serbia, this natural capital is neglected, and monitoring is barely present.

Services that the ecosystem provides to a human is very difficult to value. In order to understand the effects that can be obtained from an adequate management by nature, it is necessary to present them in a monetary way. Models have been developed that quantify and map the values of environmental services. Validating ecosystem services through the development of the methodology using the Invests model, provides ecosystem management and involvement in the planning and decision-making process. The models are a spatially explicitly integrated modeling tool that quantifies changes in ecosystem services, e.g. different ways of using soil, the amount of carbon in the soil, and so on. Usually uses maps and tables on the resources, natural resource management in the function of environmental protection, for example, which can be combined with the economic data.

By developing a methodology for valorization of ecosystem services, mechanisms would be proposed and actions undertaken for possible monetary compensation of individual ecosystem services, as well as “penalties” due to degradation or inadequate soil management.

Sustainability of natural resources and environmental protection is the primary task of our community. The concept of sustainability is real, only if the company is ready to invest in the preservation and restoration of natural capital to maintain the ecosystem and its services.

Keynote: ecosystem services, benefit, models, sustainability

УВОД

Екосистем је заједница живих (биотичких) организама - животиња, биљака и микроорганизми која је у интеракцији са физичким окружењем као међузависни систем (Odum, 1971). Током протеклих 50 година, човек је брже мењао екосистеме него у било ком упоредивом периоду људске историје, углавном да би се суочили са растућом потребом за храном, слатком водом, дрветом, влакнима и горивом. Ово је резултирало значајним и углавном неповратним губитком биодиверзитета.

Одрживи развој представља глобалну политику која се локалним акцијама брине о одрживости екосистема и ресурса што директно утиче на економију. На тај начин је природни капитал, који не подразумева само природне ресурсе већ у суштини основу нашег свакодневног живота, веома значајан.

Миленијумска процена екосистема (МЕА) из 2005. године представља нови концептуални оквир који у центар ставља услуге екосистема и повезује људско благостање са утицајима промена у природним ресурсима. Велику пажњу је привукла иницијатива о економској користи од очувања екосистема и биодиверзитета, подржавајући идеју да економски инструменти ако се на одговарајући начин примењују, развијају и тумаче, могу утицати на процесе доношења политика и одлука. Међутим, само неколико услуга екосистема, имају експлицитну тржишну вредност и њима се тргује на отвореним тржиштима. Многи остају невидљиви и ретко се узимају у обзир у традиционалним економским системима. Посебно онима категорисани као да имају вредност „пасивног коришћења“.

МЕА (2005) је дефинисала четири категорије услуга екосистема (Слика 1):

УСЛУГЕ СНАБДЕВАЊА	УСЛУГЕ РЕГУЛИСАЊА	КУЛТУРНЕ УСЛУГЕ	ПОМОЋНЕ УСЛУГЕ
Производи добијени од екосистема: - храна - вода за пиће - дрво за огрев - влакна - био хемикалије - генетски ресурси	Користи добијене регулацијом екосистемских процеса: - регулација климе - регулација болести - регулација воде - пречишћавање воде - опрашивање	Нематеријалне користи добијене од екосистема, које обогаћују живот: - духовне и религиозне - рекреација и екотуризам - инспирација - едукација - културно наслеђе	Помоћне услуге које пружају подршку осталим услугама, у циљу њиховог функционисања: - формирање земљишта - кружење хранљивих материја - примарна производња
			

Слика 1. Класификација услуге екосистема (УЕ) по МЕА из 2005. године
Figure 1. Classification of ecosystem services (ES) according to the 2005 MEA

Неуспех да се на одговарајући начин размотри потпуна економска вредност услуга екосистема у доношењу одлука омогућава наставак деградације и губитак екосистема и биодиверзитета. Већина услуга екосистема се сматра јавним добра и имају тенденцију да их друштво претерано искоришћава. Услуге које екосистем пружа човеку је веома тешко валоризовати. Да би се омогућило укључивање управљања екосистемом у процес планирање и доношења одлука, неопходно је еколошке параметре исказати у новчаним јединицама. На тај начин ће екосистеми имати ефикаснију употребу, односно монетарна вредност еколошке робе и услуга ће побољшати процес управљања и конзервације (Aznar-Bellver and Estruch-Guitart 2012), а концепт одрживости, очувања природних ресурса ће бити постигнут.

Негативан утицај људских активности је утицао на смањење биолошке разноврсности, промену у хидролошком циклусу, губитку плодног земљишта и промену климе. Екосистеми су се истрошили и више него што је њихов расположиви потенцијал и носиви капацитет, а услуге, које екосистеми пружају човечанству су се смањиле за више од 30%. Процеси ерозија земљишта су последица неадекватног начина коришћења земљишта (Cerde et al., 2010) и других поремећаја, попут пожара, рударства или интензивног коришћења у пољопривреди (Cerde, Doerr, 2005). Губитак земљишта може имати озбиљне утицаје на количину и квалитет услуга екосистема земљишта, са озбиљним економским, социјалним и политичким последицама (De Vente et al., 2013; Panagos et al., 2016). Основни постулат одрживости има смисао само ако екосистеми омогућавају живот одржавајући свеукупну равнотежу у природи.

Основни циљ је утврдити предлог методологије која би поједине параметре (услуге) екосистема валоризовала. Концепт одрживости је реалан, само уколико је друштво спремно да инвестира у очување и обнављање природног капитала за одржање екосистема и његових услуга (Blignaut et al. 2013, Greiner and Stanley 2013).

ЗЕМЉИШНИ РЕСУРС КАО ИЗВОР УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

У процени услуга екосистема, земљиште има велики простор и значај. Због тога је овде и посебно издвојен, иако је земљиште практично у проценама услуга свих екосистема. Представља спону између ваздуха, воде, стена и организама, и одговорно је за многе функције у природном свету које називамо услугама екосистема. Услуге екосистема које пружа земљиште укључују: регулацију атмосфере и климе (кроз секвестрацију угљеника у земљишту), пољопривредну производњу, прераду отпада, разградњу, очување и извор ослобађајућих хранљивих материја, пречишћавање воде, побољшање квалитета и складиштење воде, контролу ерозије, ублажавање утицаја екстремних временских прилика (поплаве), медицинске ресурсе, контролу штеточина и ублажавање болести (Wall et al., 2004; Bardgett, 2005; de Deyn & Van Der Putten, 2005; Wall et al., 2015).

Користи које човек добија од земљишта директно су или индиректно повезане са чистим ваздухом и водом и производњом хране, а кључне су за ублажавање сиромаштва и климатских промена (Todosijević et al., 2022). Сигуран проток екосистемских услуга има потенцијал за смањење друштвене осетљивости на климатске промене и варијабилност (Turner et al., 2009). Данас је то најважнији изазов за наше друштво. Тип, количина, или квалитет екосистемских услуга земљишта зависи од специфичних карактеристика животне средине, које ће одредити својства и функције земљишта. Вредновање услуга земљишта зависи од природних карактеристика и начина управљања (Pereira et al., 2018). Неодрживе праксе подстичу деградацију земљишта, док одрживе праксе, попут конзервационе пољопривреде и адекватног начина коришћења земљишта (контурна обрада земљишта, контурна садња култура, примена противерозионих плодореда...), у будућности могу да имају позитиван утицај на плодност земљишта, као и на принос засађених култура (Lazarević et al., 2016; Michler et al., 2019).

Дугогодишњим истраживањима, дошло се до закључка да се деградацијом земљишта, услед неадекватне пољопривреде и урбанизације, у океане годишње уноси око 46 милијарди тона наноса (Milliman & Farnsworth, 2011). Уклањање вегетације и физички поремећаји на земљишту интензивирају ове процесе. То је погубно за живи свет, а самим тим за услуге које ови екосистеми могу да пруже.

Битно је нагласити да се механизми који покрећу земљиште разликују од механизма у сливу (Sharpley et al., 2002; de Vente & Poesen, 2005), који у комбинацији са широко распрострањеним недостатком података о праћењу (Milliman & Farnsworth, 2011) стварају несигурност око ефеката управљања на процесе таложења наноса и отицаја (Baer & Birgé, 2018). Због тога је брзо успостављање вегетационог покривача веома пожељно (Bjedov et al., 2011).

Земљишне услуге су повезане са услугама које пружају и водни ресурси. Углавном су везане за регулисање поплава које могу имати функцију спречавања или ублажавања. Највећу улогу имају шумски екосистеми који преусмеравају или апсорбују делове надоласеће воде (од падавина), смањујући на тај начин површинско отицање и, услед тога и количину речног протицаја.

Процена услуга земљишних и водних екосистема базирана је на коришћењу многих модела и метода. Тако, у Бугарској се користи метод прорачунских табела за процену услуга екосистема који се заснива на приступу земљишног покривача/УЕ матрице (Burkhard et al., 2009, 2012, 2014). У Србији је за прорачун губитака земљишта коришћен InVEST SDR модел о чему ће касније бити речи.

КАРТИРАЊЕ УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

Иницијативу за картирање и процену екосистема и њихових услуга (MAES) покренула је ЕУ 2013. године када је основана посебна радна група са државама чланицама, научним

експертима и релевантним заинтересованим странама. Развој политике у Европи, али и у многим другим земљама и на глобалном нивоу, подстакао је научну заједницу да картира услуге екосистема, да развије нове методе и пружи практичне примене употребе карата у разним одлукама и процесима.

Стратегија ЕУ о биодиверзитету до 2020. имала је за циљ да одржава и унапређује услуге екосистема (УЕ) у Европи. Она захтева да све државе чланице картирају и процене стање екосистема и њихових услуга у свом националном окружењу. Пројекат *ESMERALDA* који је финансирала ЕУ (Побољшање картирање услуга екосистема за политике и доношење одлука), имала је за циљ да формира „флексибилну методологију која може истовремено да обезбеди иновативне градивне блокове за паневропско, национално и регионално картирање и процену УЕ“ (*ESMERALDA*, 2015). У процес картирања пожељно је укључити алате као што је вишекритеријумска анализа која препознаје приоритетне услуге екосистема, тј. услуге које на најбољи начин у датом тренутку и на датом месту, користе човеку. Такође, учешће локалне заједнице, кроз систем упитника, игра велику улогу у картирању услуга екосистема. Сам корисник услуга може пружити најрелевантније информације, које ће омогућити и најмеродавније картирање, а у крајњем случају и вредновање услуга екосистема.

Основна питања када се крене у процес картирања су: Шта картирати? Где картирати? Кад картирати? Зашто картирати?

Карте за услуге екосистема (УЕ) су урађене за широк спектар услуга. То укључује заступање (подизање свести, оправдање, одлука подршка), процена екосистема, постављање приоритета, дизајн инструмента, рачуноводство екосистема, економска одговорност и научну просторну анализу. Многе тренутне апликације за картирање су фокусиране на квантитативно вредновање и рачуноводство, што је многим неразумљиво. Али, обично ове карте нису ни замишљене да их разуме широк спектар заинтересованих страна.

ЕУ се суочава са проблемима дефинисања услуга екосистема и то кроз: конкретну, координирану, методолошки доследну социо-економску евалуацију УЕ и увођење добијених вредности у националне статистичке системе и планирање и системе управљања на свим геопросторним нивоима (Koulov, Borisova, 2018). Студије које су се радиле на подручју Централног Балкана обухватају процену опасности од поплава и картирање регулације поплава у горњем делу слива Јантре, процену природног капитала и примену методе контингентне процене у општинама Априлци и Калофер (Borisova et al. 2015, Assenov, Borisova 2016), екосистемско вредновање шума у Националном парку Централни Балкан (Dimitrova et al. 2015), картирање капацитета складиштења угљеника у области Беклемето (Zhiyanski et al. 2016) и процена урбаног екосистема у општини Карлово (Nedkov et al. 2018).

У Србији систематско картирање услуга екосистема није урађено.

ВАЛОРИЗАЦИЈА УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

У систему одлучивања, у политикама, користи природе се често занемарују. Али и губици у природном капиталу имају директне економске последице које се често потцењују. У Потсдаму, Немачка, 2007. године договорено је да се „покрену процеси анализе глобалне економске корист од биолошке разноврсности, анализу трошкова услед губитка биодиверзитета и негативних ефеката услед неадекватног коришћења ресурса“. Из те одлуке је произашла студија „Економија екосистема и биодиверзитета (ТЕЕВ)“, која је доставила низ извештаја који се односе на потребе главних група корисника: националних и локалних доносилаца одлука, бизниса и шире јавности.

Недостатак или неадекватно вредновање УЕ може довести до прекомерне експлоатације ресурса које генеришу те услуге.

Вредновање је процес приписивања вредности (било економске или неекономске) „нечему“. Циљ економске процене (сл. 2) је да измери, у монетарном смислу, људске преференције за користи које добијају од, на пример, процеса екосистема (ТЕЕВ, 2010а). Неекономско вредновање често испитује како се обликују мишљења људи или њихове преференције артикулисане, углавном изван монетарних израза.



Слика.2. Процена услуга екосистема

(Извор: Прилагођено од P. ten Brink, Workshop on the Economics of the Global Loss of Biological Diversity, 5-6 March 2008, Brussels)

Figure 2. Assessment of ecosystem services

(Source: Adapted from P. ten Brink, Workshop on the Economics of the Global Loss of Biological Diversity, 5-6 March 2008, Brussels)

Многе методе су примењене за економско вредновање услуга екосистема. Употреба ових метода, као и интерпретација њихових резултата, захтева познавање са еколошким, политичким, нормативним и социо-економским контекстом и науком о економији. Препознавање и примена вредности услуга екосистема може играти важну улогу у постављању политичких праваца за управљање екосистемом и очувања, а самим тим и у повећању пружања екосистемских услуга и њиховог доприноса људском благостању. Вредновање услуга екосистема у монетарном смислу може бити веома сложено и контроверзно, али у исто време корисно средство у систему доношења одлука (Arany et. al., 2018).

Spangenberg и Setele (2010), сматрају да би процену (вредновање) требали заснивати на критеријумима потенцијалне ефикасности екосистема, а не на прорачунима вредности. Чињеница је да не постоји јединствена техника економског вредновања која се може применити на све услуге екосистема, јер се методе разликују у зависности од карактеристика услуга екосистема као и расположивих података (Department for Environment Food and Rural Affairs (DEFRA), 2007; ТЕЕВ, 2010). Углавном се користе методе које су у оквиру ТЕВ - Тоталне економске вредности. Концепт укупне економске вредности (ТЕВ) екосистема

користи се за описивање свеобухватног скупа корисних вредности изведених из њега. Овај концепт је користан за идентификовање различитих врста вредности које екосистем пружа. ТЕВ се састоји од употребних вредности и вредности које се не користе (Шема 1).



Шема 1. Тотална економска вредност и екосистемске услуге

(Извор: Прилагођено од NZIER, 2018)

Scheme 1. Total economic value and ecosystem services

(Source: Adapted from NZIER, 2018)

На основу извештаја IUCN-а (Светске уније за заштиту природе), новчана вредност производа и услуга екосистема се процењује да достиже 33 трилиона америчких долара годишње. Бруто домаћи производ (БДП) Сједињених Америчких Држава за целу 2008. годину је био само 14,4 трилиона америчких долара. За Европску Унију у истој години, БДП је био 14,94 трилиона америчких долара. У Црној Гори су спорадично вршена истраживања процене монетарне вредности екосистема и услуга за реку Тару и заштићена подручја (Emerton, 2011, 2013). Тако је основна вредност одређених компоненти биодиверзитета и повезаних услуга екосистема црногорској економији у 2011. години процењено на 982 милиона EUR.

Велики број метода се може користити за процену услуга екосистема (модел цене тржишта, приступ заснован на трошквима, приступ функцији производње, хедонистичко одређивање цена, приступ заснован на трошкове путовања, случајни услужни програм, моделирање засновано на избору, и сл.). За процену услуга екосистема често се користи и метод контингентне процене, који укључује примену анкета са сетом питања која су прилагођена потребама и задацима неопходним за вредновање услуга екосистема. Оријентисане су на утврђивање знања, преференција и зависности локалног становништва у погледу услуга екосистема.

Веома је тешко на прави начин валоризовати услуге екосистема. Највећи проблем је што не постоји једноставно решење ни правило за избор дисконтне стопе која пореди трошкове и користи у садашњости и будућности. Дисконтне стопе одражавају одговорност према будућим генерацијама и ствар су етичког избора, јер одражавају најбоље процене на добробит људи убудуће, услед надолazeћих технолошких промене. На пример, дисконтна

стопа од 4% имплицира да ће губитак биодиверзитета за 50 година бити процењена на само 1/7 истог износа губитка биодиверзитета данас. Али потребан је опрез у избору дисконтне стопе јер различите активности као што су јавна или приватна добра и произведена или еколошка добра имају и различиту вредност. Из тог разлога је и предлог да се за природне ресурсе и јавна добра користи нижа дисконтних стопа (TEEB, 2010).

МОДЕЛИ ЗА ПРОЦЕНУ УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

За лакшу процену и представљање услуга екосистема користи се велики број модела. Модел који се користи у процени услуга екосистема су:

- Модел природног окружења
- Моделовање дистрибуције врста
- Моделирање употребе земљишта / покривача земљишта
- Биофизички модели
- Моделирање система који се експлицитно фокусирају на услуге екосистема
- Приступ заснован на матрици
- Преносиви оквири за моделирање УЕ
- **InVEST- Integrate valuation of environmental services and tradeoffs**
- ESTIMAP - колекција просторно експлицитних приступа моделирању који процењују понуду, потражњу и проток УЕ.
- ARIES - се усредсређује на идентификацију корисника и фокусира се на динамичке користи које се мењају са временом.
- Интегрисани модели процене - развијени су на начин да се излази једног користе као улази другог
- GLOBIO-ES - динамични глобални модел система који се користи за процену прошлих, садашњих и будућих утицаја људских активности на биодиверзитет и УЕ.
- CLIMSAVE интегрисана платформа за процену регионалног интегрисаног модела процене.
- MIMES (Multiscale интегрисани модел услуга екосистема)
- Модел који помажу у доношењу одлука
- Bayesian Belief Networks (BBN) - Баиесова мрежа веровања је врста модела који користи условну вероватноћу за додељивање вероватноће низу потенцијалних резултата са познатим стањем неких или свих улаза.
- Анализа вишекритеријумских одлука (MCDA)
- Партиципативно моделирање са заинтересованим странама.

InVEST програм (Integrate Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) је развијен као део Пројекта Природног капитала (www.naturalcapitalproject.org) који је настао у партнерству између Универзитета у Станфорду и Минесоти, у сврху заштите природе, утицаја промене начина коришћења земљишта на услуге екосистема, Светског фонда за дивље животиње. Основни задатак је био усклађивање привредних снага са конзервацијом земљишта. Скуп алата InVEST описан је у водичу (https://investuserguide.readthedocs.io/_/downloads/en/3.5.0/pdf/) који укључује моделе за квантификовање, картирање и вредновање користи које пружају копнени, слатководни и морски системи. InVEST модели су слободно доступни и отвореног кода.

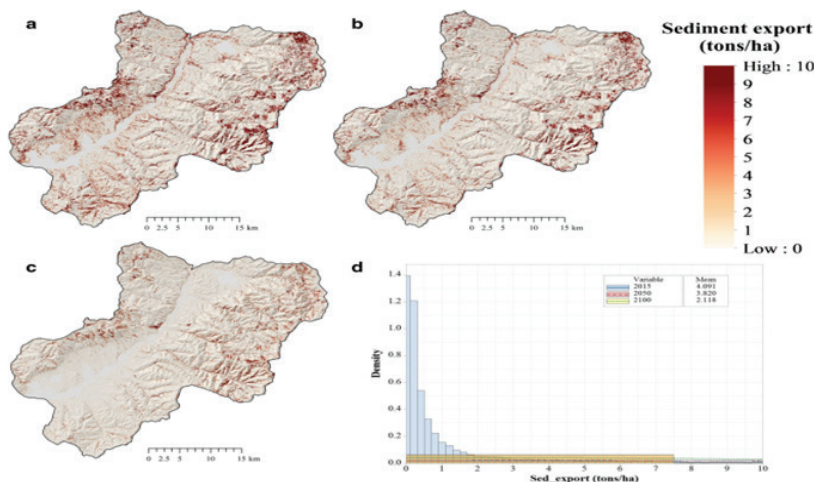
Модел који се груписани у четири категорије:

1. Екосистемске услуге подршке (Supporting Ecosystem Services),
2. Коначне екосистемске услуге (Final Ecosystem Services),
3. Алати за олакшавање анализа услуга екосистема (Tools to Facilitate Ecosystem Service Analyses)
4. Алати за подршку (Supporting tools).

Сваки од InVEST-ових алата је посебан модел који се може покретати независно, у сврху потреба корисника.

У оквиру InVEST модела је и InVEST Sediment Delivery Ratio model (SDR) - модел транспорта седимента, који представља изворе и количине седимента који напуштају слив и који врши картирање ретенције и проноса наноса. У контексту глобалних промена, такве се информације могу користити за проучавање услуга задржавања наноса у сливу. Ова чињеница има посебну важност у процесу управљања сливовима и квалитетом воде, што се може економски вредновати (вредност коју особа приписује економском добру на основу користи које из тога произлазе, што се може приказати описно или новчано). Предвиђања из таквих модела помажу у доношењу одлука о управљању пејзажом на различитим просторним скалама. На пример, процене извоза седимента су подржале процену услуга глобалног екосистема, наглашавајући вредност аутохтоне вегетације и откривајући рањивости према сценаријима коришћења земљишта или климатских промена.

InVEST модел транспорта седимента (SDR) у Србији је успешно примењен у комбинацији са регионалним климатским моделом EBU-POM, и показао се као валидан алат за предвиђање просторних и временских образаца ерозије земљишта. Резултати моделирања ефеката климатских промена на просторне и временске обрасце у региону Врањске долине показали су да ће до краја века доћи до смањења ерозије земљишта за 41,84% у односу на 2015. годину (Perović, et al, 2019) (сл.3).

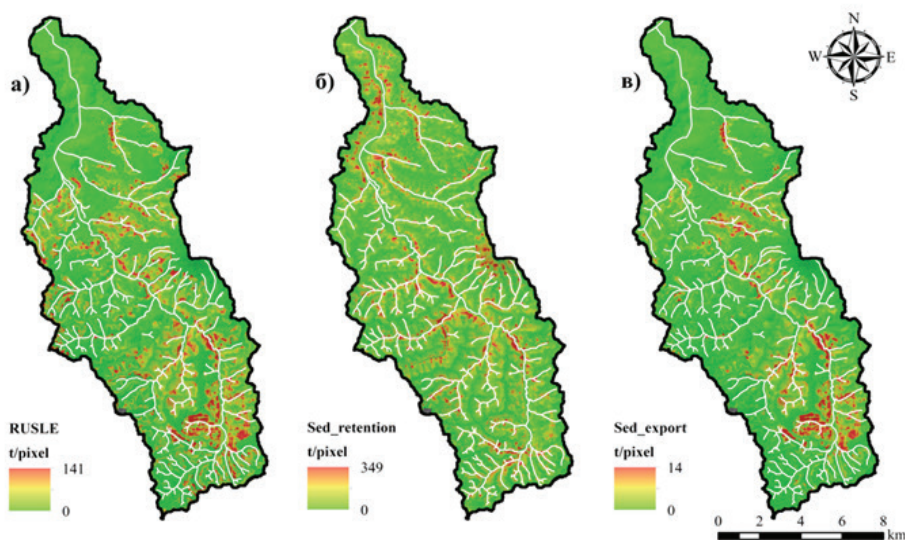


Слика.3. Транспорт седимента у Врањској долини за 2015, 2050 и 2100. годину и хистограм дистрибуција (Perović et al, 2019)

Figure 3. Transport of sediments in the Vranjska Valley for 2015, 2050 and 2100 and histogram distribution (Perović et al, 2019)

Модел даје три главна резултата:

- укупна количина наноса извезена из сваког пиксела која дође до водотока (sediment export);
 - укупан износ потенцијалног губитка земљишта израчунат према (R)USLE једначини;
 - задржавање наноса (укупан нанос који задржи пиксел) као разлика у количини наноса испорученог тренутним покривачем земљишта и хипотетичким сливом где су сви начини коришћења земљишта очишћени до голог земљишта (sediment retention).
- Истраживања су рађена и на простору Топчидерске реке (Todosijević et al, 2022). На слици 4, просторно су приказани резултати InVEST SDR модела за слив Топчидерске реке:
- губици земљишта према RUSLE;
 - задржавање наноса - sediment retention;
 - пронос наноса из слива - sediment export.



Слика 4. Резултати InVEST SDR модела за слив Топчидерске реке (Todosijević et al, 2022)
Figure 4. Results of the InVEST SDR model for the Topčider river basin (Todosijević et al, 2022)

У InVEST SDR моделу, параметри су изражени у тонама по пикселу (t/pixel). Како би се омогућила упоредивост података, јединице су прерачунате у тоне по хектару (t/ha). Просечан годишњи губитак земљишта за слив Топчидерске реке према RUSLE износи 21,87 t/ha. Пренос наноса из слива узима у обзир ублажавајуће ефекте које топографија и начин коришћења земљишта имају на потенцијалну ерозију земљишта и представља нето губитке који доспевају до водотока. Просечан годишњи пронос наноса из слива (седимент експорт) за слив Топчидерске реке износи 1,86 t/ha. Потенцијал задржавања наноса у сливу се креће између 0 и 5580 t/ha годишње (sediment retention) (Todosijević et al, 2022). Вредност природног покривача земљишта у задржавању наноса је просторно променљив и зависи од топографије, земљишта, климе и начина коришћења земљишта. На подручју слива Топчидерске реке највећи потенцијал задржавања наноса имају површине покривене пашњацима 83,45 t/ha, које заузимају јако малу површину од укупне површине (1,57%). Потенцијал задржавања наноса шумске вегетације (четинарске,

лишћарске и мешовите шуме) износи 74,52 t/ha (шуме заузимају 24,73% од укупне површине слива). Највећи губици земљишта према РУСЛЕ су са ненаводњаваних обрадивих земљишта и износе 25,26 t/ha, одакле је и највећи пронос наноса из слива који износи 2,15 t/ha (Todosijević et al, 2022). Све ово указује на велики проблем ерозије земљишта што знатно самњује услугу земљишног екосистема.

МЕТОДОЛОГИЈЕ ВРЕДНОВАЊА УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

Одрживост природног ресурса и заштита животне средине је примарни задатак наше друштвене заједнице. Да би се сагледали ефекти који се адекватним управљањем могу добити од природе, неопходно их је и новчано представити. Развојем методологије, започете су активностима које би водиле ка сагледавању могућности и користи од сложених и комплексних односа у екосистемима. Кључни кораци у вредновању услуга екосистема су:

- успоставити основну линију (улогу) животне средине;
- идентификовати и обезбедити квалитативну процену потенцијалних утицаја различитих политике на услуге екосистема;
- квантификовати утицаје различитих политике на специфичне услуге екосистема;
- проценити ефекте на људско добро;
- вредновати промене у услугама екосистема.

На основу детаљне анализе, европских и светских искустава, предлог је да се вредновање услуга екосистема у Србији врши кроз неколико фаза:

1. Идентификација подручја где треба спровести евалуацију услуга екосистема

2. Дефинисање услуга екосистема

Услуге екосистема су многобројне и захтевају врло опсежна и озбиљна истраживања. Обухватају услуге снабдевања, регулисања и подршке и културе. Свака од наведених области обухвата дефинисане класе а у оквиру класа су одређене групе. Могу се формирати листе којима се дају приоритетне улоге

3. Картирање услуга екосистема по приоритетима

Најопсежнији и најбитнија фаза у вредновању услуга екосистема. За лакше манипулисање и преглед користи се ГИС методологије.

4. Формирање базе података (евидентирање)

Формирање базе података произилази из претходних активности. Због опсежности послова спроводе се прелиминарне активности које доводе до формирање базе података потребних за валоризацију предложених услуга екосистема.

5. Укључивање свих учесничких група (стакехолдер, локална самоуправа, експерти из области заштите животне средине, биолози, економисти..., доносиоци одлука)

Сарадња свих учесничких група (локална самоуправа, експерти из области шумарства, заштите животне средине, биолози, економисти, доносиоци одлука) је веома важна карика у процесу валоризације услуга екосистема. Поуздане информације и размена искуства су од круцијалне важности за правилан процес управљања природним капиталом. Мониторинг је управо најважнији начин да се обезбеди таква сарадња и усаглашеност. Рад је подржан знањем и искуством стручњака из области заштите животне средине, шумарства, економије, биологије и других. Директни корисници услуга (локално управа и становништво) имају значајну улогу у процесу израде и дефинисање услуга екосистема, као и регионалне и државних институција (доносиоци одлука).

6. Методологија за економско вредновање услуга екосистема

Методологија за економско вредновање (валоризацију) услуга екосистема је прилагођена еколошким, социјалним и политичким условима Републике Србије. Углавном се базирати на ТЕВ, анкете, анализе односа корист-трошак и делове InVEST модела (програма) који садрже и економску компоненту.

7. Предлог основних смерница за успостављање механизма економског вредновања услуга екосистема

Развојем методологије за валоризацију услуга екосистема, предлажу се механизми и предузимају одређене акције за могуће новчане накнаде појединих услуга екосистема (земљишних), као и „казне“ услед деградације или неадекватног начина управљања земљиштем.

8. Укључивање у планска документа и законе

Добијени подаци се могу и морају искористити за интегрисање ових вредности у националне политике, планове, буџете и стратегије у релевантним секторима, што води ка одрживости целог друштва.

ЗАКЉУЧАК

Услуге екосистема су важан, ако не и најважнији, сегмент у развоју друштва. Чињеница је да се те услуге не могу купити јер их природа обезбеђује бесплатно. Зато је наша обавеза да те услуге „заштитимо“ тако што ћемо их правилно користити. Западни свет је одавно свестан те чињенице, па су и истраживања ишла у том правцу. Процесом вредновања услуга екосистема побољшао би се и процес управљања природним капиталом и повећао доходак друштвене заједнице.

Различити покретачи животне средине утичу на екосистеме и њихов капацитет да пруже услуге екосистема (УЕ). Одржавање овога капацитет утиче на квалитет људског живота и друштво у целини. У контексту промена животне средине, еколошка безбедност је важан део људског и друштвеног живота. На пример, клима и промене земљишног покривача утичу на друге екосистеме што може довести до губитка широког спектра УЕ, чиме се поткопава еколошка безбедност људског друштва.

Безбедност животне средине по Милениумској декларацији се дефинише као одрживост животне средине за одржавање живота, уз интенцију да се спрече или поправе оштећења животне средине, спрече или реагују на еколошке конфликте и заштитити животна средина због њене инхерентне моралне вредности.

У Србији је неопходно повећати свест о животној средини, о значају природних ресурса и природном капиталу. Разрадом методологије, која би идентификовала и вредновала услуге екосистема, би само започели један дуготрајан процес. Овај процес би имао утицај на целу друштвену заједницу и водио ка одрживости, не само природних ресурса, него целог друштва.

Предложена методологије је прилагођена друштвеним и социјалним односима у Србији и у многоме може олакшати вредновање услуга екосистема. Али у исто време је и „скица“ за вредновање услуга екосистема, јер свако подручје има своје специфичности, а свако друштво своје предности и недостатке. На основу дугогодишњег истраживачког рада, дошло се до закључка да не постоји једноставно и универзално решење за управљање природним капиталом. Сваки појединачан „случај“ мора бити разматран уз укључивање еколошких, економских, политичких и друштвених параметара. Процена утицаја екосистемских услуга је врло осетљива и комплексна проблематика. За комплетно сагледавање и валоризацију услуга екосистема неопходна су дугогодишња и опсежна истраживања

ЛИТЕРАТУРА

1. Arany I., Aszalós R., Kuslits B., Tanács E. (2018): Ecosystem services in karst protected areas (Екосистемске услуге у заштићеним крашким подручјима). Интеррег Дунавски трансационални програм, пројекат ECO KARST
2. Assenov A, Borisova B (2016) Value of Ecosystems (Landscape) Services in the Area of the Towns of Apriltsi, Kalofer and Smolyan. *Annals, Sofia University St. Kliment Ohridski* 2 (107): 141163. (In Bulgarian)
3. Aznar-Bellver J. and Estruch-Guitart J.A., (2012): Valoración de activos ambientales. *Teoría y Caos. Universitat Politècnica de València, Valencia*.
4. Bardgett, R.D. (2005): *The Biology of Soil: a Community and Ecosystem Approach*. Oxford University Press, New York.
5. Baer, S.G., Birgé, H.E. (2018): Soil ecosystem services: An overview. In *Managing Soil Health for Sustainable Agriculture. Fundamentals*, Don, R., Ed; Burleigh Dodds Science Publishing: Cambridge, UK, 2018; Volume 1, E.-chapter
6. Borisova B, Assenov A, Dimitrov P (2015) The Natural Capital of Selected Mountain Areas in Bulgaria. *Springer Geography*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13527-4_6
7. Bjedov, I., Ristić, R., Stavretović, N., Stevović, V., Radić, B., Todosijević, M. (2011): Revegetation on ski runs in Serbia, case studies of Stara Planina and Divčibare, *Archives of Biological Sciences, Belgrade*, vol. 63, 4 (2011).
8. Blignaut J., Esler K.J., de Wit M.P., Le Maitre D., Milton S.J. and Aronson J. (2013): “Establishing the links between economic development and the restoration of natural capital”, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, n° 5, p.94-101.
9. Burkhard B (2018) Mapping and assessing ecosystems services in the EU – The ESMEALDA coordination and support action approach of integration. *One Ecosystem* (in preparation). • Burkhard B, Santos-Martin F, Nedkov S, Maes J (2018) An operational framework for integrated Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES). *One Ecosystem* 3: e22831. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e22831>
10. Burkhard B (2018): Mapping and assessing ecosystems services in the EU – The ESMEALDA coordination and support action approach of integration. *One Ecosystem* (in preparation)
11. Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F (2014) Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online* 132. <https://doi.org/10.3097/lo.201434>
12. Burkhard B, Kroll F, Müller F, Windhors W (2009) Landscapes capacities to provide ecosystem services – a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online* 15: 122.
13. Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* 21: 1729. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
14. Cerdà A., Doerr S.H., (2005): Influence of vegetation recovery on soil hydrology and erodibility following fire: an 11-year investigation. *Int. J. Wildland Fire* 14, 423–437. <http://dx.doi.org/10.1071/WF05044>.
15. Cerdà A., Lavee H., Romero-Díaz A., Hooke J., Montanarella J. (2010): Preface: soil erosion and degradation in Mediterranean type ecosystems. *Land Degrad. Dev.* 21, 71–74. <http://dx.doi.org/10.1002/>

16. De Deyn, G.B., Van der Putten, Wim, H. (2005): Linking aboveground and belowground diversity, *Trends in Ecology & Evolution* 20(11):625-33, doi: 10.1016/j.tree.2005.08.009.
17. De Vente, J., Poesen, J. (2005): Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semi-quantitative models, *Earth-Science Reviews*, 71(1–2), pp. 95–125
18. de Vente J., Poesen J., Verstraeten G., Govers G., Vanmaercke M., Van Rompaey A., et al. (2013): Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: where do we stand? *Earth-Sci. Rev.* 127, 16–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.014>
19. Dimitrova L, Petrova D, Belev T, Todorov T, Grigorova-Ivanova J, Shuleva N (2015) Valuation of Ecosystem Services provided by the Forest the Central Balkan National Park. Central Balkan National Park. [In Bulgarian]. URL: http://visitcentralbalkan.net/assets/userfiles/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%8A%D1%82/NPCB_EcosystemServices.pdf
20. Emerton L. (2011): The economic value of protected areas in Montenegro; report for: GEF/UNDP PIMS 4279: Catalyzing Financial Sustainability of Protected Areas in Montenegro, UNDP Montenegro, Podgorica
21. Emerton L. (2013): Montenegro: the economic value of biodiversity and ecosystem services; report for: GEF/UNDP PIMS 5024: National Biodiversity Planning to Support the Implementation of the CBD 2011-2020 Strategic Plan in Montenegro, UNDP Montenegro, Podgorica
22. ESMERALDA (2015) Description of Action (DoA). Pensoft, Sofia, 178 pp
23. Greiner R. and Stanley O. (2013): “More than money for conservation: Exploring social co-benefits from PES schemes”, *Land Use Policy*, n° 31, p.4-10.
24. Koulov B, Borisova B (2018): Ecosystem Services: Concept, Opportunities and Limitations for its Implementation in Bulgaria Scientific Works of USB - Plovdiv. Series B. Natural Sciences and Humanities (in bulgarian) ISSN. Scientific Works of USB - Plovdiv. Series B. Natural Sciences and Humanities. [In Bulgarian]. [ISBN ISSN 1311-9192 (in press)]
25. Lazarević, K., Zlatić, M., Kostadinov, S. (2016): Uticaj socio-demografskih faktora na stanje erozionih procesa u ruralnom delu Opštine Voždovac. *Glasnik Šumarskog fakulteta* br. 114, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, pp. 75-102, doi <https://doi.org/10.2298/GSF1614075L>.
26. MEA. (2005): Ecosystems and human well-being: the assessment series. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Washington, DC, Island Press
27. Michler, J.D., Baylis, K., Arends-Kuenning, M., Mazvimavi, K. (2019): Conservation agriculture and climate resilience. *Journal of Environmental Economics and Management* 93, 148-169
28. Milliman, J.D., Farnsworth K.L. (2011): *River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis*, Cambridge University Press, New York, NY.
29. Nedkov S, Borisova B, Koulov B, Zhiyanski M, Bratanova-Doncheva S, Nikolova M, Kroumova J (2018): Towards integrated mapping and assessment of ecosystems and their services in Bulgaria: The Central Balkan case study. *One Ecosystem* 3: e25428. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25428>
30. NZIER – New Zeland Institute of Economic Research (2018): Report - What's the use of non-use values?
31. Odum, E.P. (1971): *Fundamentals of ecology*. New York, USA, Saunders

32. Pereira, P., Bogunović, I., Muñoz-Rojas, M., Brevik E. (2018): Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management, *Current Opinion in Environmental Science & Health* Volume 5, October 2018, pp. 7-13.
33. Panagos P., Imeson A., Meusburger K., Borrelli P., Poesen J., Alewell C. (2016): Soil conservation in Europe: wish or relality. *Land Degrad. Dev.* <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.2538>
34. Perović V., Kadović R., Djurdjević V., Braunović S., Čakmak D., Mitrović M., Pavlović P. (2019): Effects of changes in climate and land use on soil erosion: a case study of the Vranjska Valley, Serbia, *Regional Environmental Change* ISSN 1436-3798 DOI 10.1007/s10113-018-1456-x, vol 13, 2019
35. Sharpley, A.N., Kleinman, P.J.A., McDowell, R.W., Gitau, M., Bryant R.B. (2002): Modeling phosphorus transport in agricultural watersheds: Processes and possibilities, *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6), pp. 425–39.
36. Spangenberg J.H., Settele J. (2010): Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services/ *Ecological Complexity* 7 (2010) 327–337
37. TEEB, (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.
38. TEEB. 2010a: The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)*. London, Earthscan.
39. Todosjević M, Lazarević K, Momirović N (2022): Vrednovanje usluga ekosistema primenom InVEST modela, *Procena degradacije zemljišta – metode i modeli*, str. 304-327, urednika dr Snežane Belanović Simić, red.prof. Univerziteta u Beogradu, Šumarskog fakulteta, ISBN 978-86-7299-345-5, [COBISS.SR-ID 66148617]Turner W.R., Oppenheimer M., Wilcove D.S. (2009): A force to fight global warming, *Nature*, 428: 278-279
40. Zhiyanski M, Gikov A, Nedkov S, Dimitrov P, Naydenova L (2016) Mapping Carbon Storage Using Land Cover/Land Use Data in the Area of Beklemeto, Central Balkan. *Sustainable Mountain Regions: Challenges and Perspectives in Southeastern Europe*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27905-3_4
41. Wall, D.H., Bardgett, R.D., Covich, A.P., Snelgrove, P.V.R. (2004): The need for understanding how biodiversity and ecosystem functioning affect ecosystem services in soils and sediments. In: Wall, D.H. (Ed.), *Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments*. Island Press, Washington D.C., pp. 1e14.
42. Wall, D.H., Nielsen, U.N., Six, J. (2015): Soil biodiversity and human health. *Nature* 528, 69e76.ity. *Trends Ecol. Evol.* 20, 625e633
43. InVEST User Guide, Release +VERSION+ (https://invest-userguide.readthedocs.io/_/downloads/en/3.5.0/pdf/)