

УТИЦАЈ КИСЕЛИХ ДЕПОЗИЦИЈА НА РЕАКЦИЈУ ЗЕМЉИШНОГ РАСТВОРА У СЛИВУ РЕКЕ РАСИНЕ

Перовић Вељко³, Белоица Јелена, Кадовић Ратко, Тодосијевић Мирјана, Чакмак Драган, Милчановић Вукашин, Белановић Снежана⁴

Институт за земљиште у Београду³

Универзитет у Београду Шумарски факултет⁴

Апстракт: Депозиције ваздушних полутаната су основни фактор стреса природних екосистема који се испољава преко промена услова у земљишту и утиче на стабилност екосистема. Природан процес ацидификације је током последња два века знатно убразан повећаним антропогеним емисијама и депозицијама S и N које су основни узрочник интензивираних ацидификација. У овом раду проучаван је тренд досадашњих депозиција S и N и својства земљишта у оквиру сливног подручја реке Расине изнад водне акумулације "Ћелије". Физичка и хемијска својства земљишта одређена су према ЈДПЗ методама, док је за симулације промене рН вредности коришћен VSD модел. Циљ рада је да се прикаже утицај депозиција S и N на промену реакције земљишног раствора и статус процеса ацидификације у сливу реке Расине за предстојећи период до 2100 год. Поред наведеног, издвојене су зоне са највећим прекорачењима киселих полутаната за последњих 30 година.

Кључне речи: земљиште, депозиције сумпора и азота, прекорачење депозиције сумпора, ацидификација

Abstract: Deposition of air pollutants is the main factor of stress of the natural ecosystems that are manifested through changes in soil conditions and affects the stability of ecosystems. Acidification is a natural process which is during the last two centuries significantly accelerated by increased anthropogenic emissions and deposition of S and N, which are the main cause of intensified acidification. In this paper we studied the current trend of S and N deposition and soil properties within the catchment area of the river Rasina above the water reservoir "Ćelije". Physical and chemical properties of soil were determined by JDPZ methods, while the simulation of pH values was determined using VSD model. The aim of this paper is to show the effects of S and N deposition on soil solution pH and the status of acidification processes within Rasina catchment for the period until 2100. In addition, we single out areas with the exceedances of acid pollutants in the last 30 years.

Keywords: land, deposition of sulfur and nitrogen, the exceedances of sulfur deposition, acidification

³ Кнеза Вишеслава 1, 11000 Београд

⁴ Теодора Драјзера 6, 11000 Београд

1. УВОД

Досадашње студије и истраживања показују да су киселе депозиције један од најозбиљнијих глобалних еколошких проблема савременог друштва. Повећане депозиције S и N су последњих 60 година основни узрочник интензивираних ацидификације и еутрофизације терестричних и акватичних екосистема (Blake and Goulding, 2002).

Горње граничне вредности концентрација киселих депозиција тзв. критична оптерећења (пре свега S и N) установљене су у Европи 1980.године под покровитељством CLRTAP/UNECE и представљају основни показатељ стабилности екосистема према процесу ацидификације. Критично оптерећење екосистема је дефинисано као “квантитативна процена изложености једном или више полутаната испод које нема значајних ефеката оштећења специфичних осетљивих елемената животне средине према досадашњим сазнањима” (Nilsson, Grennfelt, 1988). Критична оптерећења за процес ацидификације, дефинишу максималне концентрације киселих депозиција (пре свега S и N) при којима структура и функције терестричних и акватичних екосистема дугорочно остају у стабилном стању. Критична оптерећења као таква, представљају основу за планирање смањења и контролу емисија киселих полутаната, а самим тим и процеса ацидификације.

Главни циљ интернационалних кооперационих програма (ICPs) и радне групе за ефекте (WGE) је процена степена и географска распрострањености негативних утицаја главних аерополутаната, идентификација најугроженијих ареала, екосистема и других рецептора загађујућих материја. Ове процене се темеље на научним истраживањима о критичним оптерећењим, различитим степенима прекорачења и процене штете.

Мониторинг шумских екосистема (ICPF) спроводи се у последње три деценије широм Европе са циљем да се утврди утицај загађивача из ваздуха (CLRTAP/ ICPF, Технички извештај, 2011), а као резултат спроведених истраживања прописане су и делом остварене значајне редукције индустријских емисија (пре свега, емисија сумпора).

Ацидификација земљишта је процес смањења pH вредности земљишног раствора током времена, изазиван, пре свега, таложењем сумпорних и азотних једињења из падавина. Негативне последице овог процеса огледају се у трајном губитку хранљивих материја из земљишта, повећању концентрације алуминијумових јона (Sposito, 1996) у облицима токсичним за коренов систем и повећаној мобилности потенцијално токсичних тешких метала (Cd, Cu, Fe, Mn, Zn).

Ацидификација утиче на хемијске процесе у земљишту, и тако индиректно нарушава његову структуру и утиче на интензивирање процеса губитка земљишта. Осетљивост земљишта према киселим депозицијама се дефинише на основу својстава земљишта, засићености базама, pH вредности земљишта као и типом матичног супстрата (Langan and Wilson 1992).

Најраспрострањенији метод за процену критичних и циљаних оптерећења је SMB (Simple Mass Balance) једначина и њена екстензија у виду динамичког (симулационог) VSD (Very Simple Dynamic) модела (VSD, VSDplus и VSDveg, Posch and Reinds, 2009). Динамички модели се осим за процену критичних оптерећења користе за процену ефеката киселих депозиција у оквиру различитих сценарија и у том смислу представљају главну алатку за квантификовање редукција емисија штетних материја (Hettelingh *et al.*, 2008).

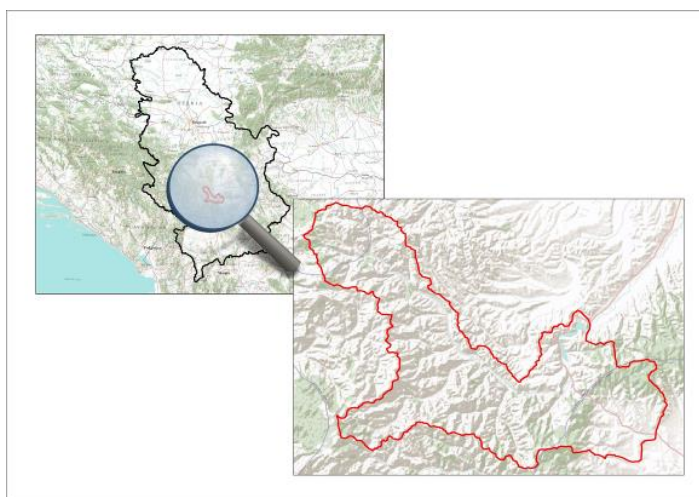
Циљ овог рада је да се симулира утицај досадашњих депозиција S и N на промену реакције земљишног раствора и симулира статус процеса ацидификације у оквиру слива реке Расине за период до 2100 год. Такође, циљ рада је да се издвоје зоне са највећим прекорачењима киселих полутаната за последњих 30 година, од када су први пут протоколима постављене границе емисија атмосферских загађивача.

Повећање киселости земљишта праћено је повећаном мобилношћу алуминијума и тешких метала у земљишту који путем земљишног раствора могу dospeti у подземне и површинске воде. Стога је праћење статуса ацидификације овог подручја значајно и са аспекта очувања квалитета површинских и подземних вода, а самим тим и водне акумулације „Ђелије“.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

2.1 Проучавано подручје

Проучавања су вршена у сливу Расине изнад акумулације Ђелије, који обухвата површину од 609,15 km² у централном делу Р Србије (слика 1.). Слив реке Расине у горњем делу се карактерише планинским и брдским рељефом, док је доњи део слива углавном равничарски. Просечне падавине у сливу су око 745 mm.



Слика1. Изучавано подручје

Figure 1. Study area

У сливу је под шумском вегетацијом заступљено 51% површина, голети чине 0,59%, деградиране шуме 5,7%, ливаде и пашњаци 22,5%, обрадиво земљиште 11,95 %, остало су насељена места.

Хумусносиликатна земљишта заступљена су на површини од 18%, смеђа земљишта захватају 45%, а остали типови земљишта (алувијална, хумофлувисоли, смонице, псеудоглеј, илимеризована) на 37% површине слива.

Према ранијим истраживањима (Belanović et al., 2012) дистрична хумусносиликатна земљишта (Dystric Leptosol) су карактерисана киселом до слабо киселом реакцијом, незасићена базама, јако до слабо хумусна добро обезбеђена азотом.

Еутрична хумусносиликатна (Eutric Leptosol) земљишта су карактерисана слабо киселом реакцијом до алкалном реакцијом, засићена базама, јако до слабо хумусна, богато до добро обезбеђена укупним азотом, и са повољним односом угљеника према азоту.

Дистрична смеђа земљишта (Dystric Cambisol) су умерено до слабо киселе реакције, врло слабо хумусна и необезбеђена азотом. Еутрична смеђа земљишта (Eutric Cambisol) су карактерисана слабо киселом до неутралном реакцијом, засићеношћу базама већом од 60%, врло слабо хумусно и необезбеђено азотом.

2.2 Проучавања земљишта

Проучавањима су обухваћена земљишта сливног подручја реке Расине а сви подаци из базе (подаци прикупљени 2009, 2010, 2011) обрађени су за слој до 20 цм дубине. Лабораторијска проучавања физичких и хемијских својстава земљишта вршена су по методама ЈДПЗ (1997, 1966). Одређена је рН-вредност, хидролитичка киселост, адсорптивни комплекс, садржај угљеника и азота, као и лакоприступачни фосфор и калијум (Хемијске методе испитивања земљишта, књига 1, ЈДПЗ, 1966).

2.3 Анализа ацидификације

Подаци о депозицијама SO_x , NO_x и NH_4 просторно и временски се сакупљају у оквиру националне мреже, а база података је доступна у Републичком Хидрометеоролошком заводу. Депозиција се узоркује дневно, колекторима постављеним на 1,5 m изнад површине земљишта. У овом раду из базе су преузети мерени подаци са ГМС Крушевац и ЕМЕР за период 1980 - 2009. године.

Избор хемијског критеријума је пресудан за дефинисање критичних оптерећења. Избор критеријума и критичне вредности зависи од рецептора-биолошког индикатора (да ли је коренов систем одређене биљне врсте, у оквиру датог екосистема осетљивији на концентрацију алуминијума или pH вредност земљишта) и типа земљишта за која се врши процена. За органо-минерална земљишта за хемијски критеријум препоручен је однос $(Ca:Al)_{crit}$ или $(BC:Al)_{crit}$ (Hall et al., 2001). У овом раду дефинисана је гранична вредност односа $(BC:Al)_{crit}=1$, која је препоручена као критична за земљишта листопадних и мешовитих шума (Harald Sverdrup and Per Warfinge, 1993).

На основу депозиција и постављеног хемијског критеријума VSD модел симулира критична оптерећења и евентуална прекорачења критеријума као и промене хемијских својстава земљишта.

Приликом калибрације VSD модела од посебног су значаја вредности константе равнотеже у земљишном раствору (KAl_{ox} и $expAl$). Вредности KAl_{ox} и експонента α зависе од дубине земљишта као и гранулометријског састава, а дефинисане су на основу регресионе везе концентрација алуминијумових и водоникових јона у земљишту.

$$[Al] = KAl_{ox} \cdot [H]^{\alpha}$$

Константа KAl_{ox} , у овом раду, је израчуната на основу познавања садржаја органске материје према једначини:

$$KAl_{ox} = 9,8602 - 1,6755 \cdot \log(OM)$$

Параметар $expAl$ је усвојен у односу на познавање текстурног састава земљишта и препоручених вредности (табела 1.) према спроведеним истраживањима Van der Salm и De Vries (2001).

У проучаваним земљиштима за слој од 20cm дефинисане вредности за $expAl$ су 1,65 и 2,41, на основу текстурног састава земљишта (Van der Salm и de Vries, 2001) (табела 1.).

За ове израчунате константе и усвојен критеријум VSD моделом симулиране су pH вредности за временски период до 2100. године.

Табела 1. Процењене вредности KAl_{ox} и експонента α на основу регресионе зависности између pAl и pH у земљишном раствору према Van der Salm и de Vries (2001) (n број узорака)

Table 1. Estimated values of KAl_{ox} and the exponent α based on regression between pAl and pH in the solution Dutch soils (Van der Salm and De Vries 2001) (n=number of samples).

Текстурна класа	Слој cm	Log KAl _{ox}	a	R ² adj	n
Песковита	0-10cm	-0,56	1,17	56,1	195
	10-30cm	2,37	1,88	82,8	348
	30-100cm	5,20	2,51	86,3	172
Глиновита	Све дубине	7,88	2,65	87,3	116

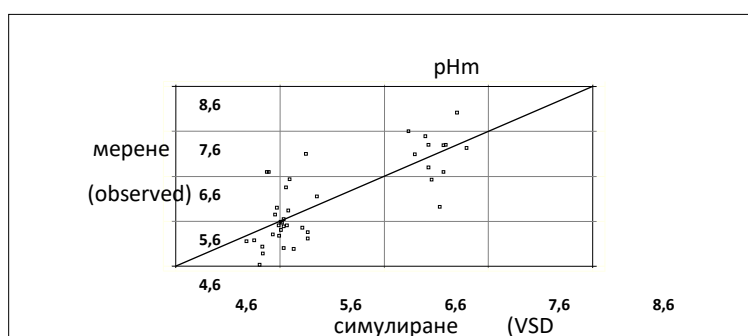
Регресиона анализа лабораторијски добијених вредности pH земљишта и вредности добијених VSD моделом даје следећу једначину:

$$\text{pHm} = 1,91628 + 0,730606 \cdot \text{pHvsd},$$

$$r=0,78$$

$$F=58,5,$$

$$t=0,000, \text{ или графички}$$



Слика 2. Регресиона анализа мерених вредности pH земљишта и вредности добијених моделом

Figure 2. Regression between measured soil pH and model estimated values

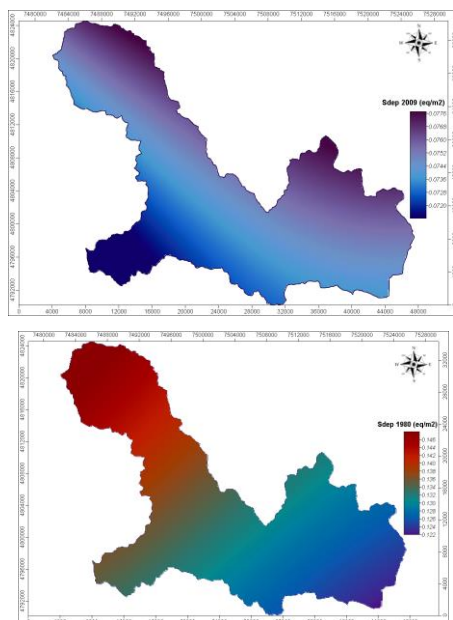
Коефицијент корелације мерене и моделом дефинисане pH вредности је 0,78 односно калибрационе константе су сигнификантне за предиктоване вредности, и поуздано је приступити даљим симулацијама.

2.4 Статистичка анализа

Геостатистичка анализа извршена је обичним кригингом користећи програм SAGA-GIS (System for Automated Geoscientific Analyses). Обични кригинг је погодна интерполацијска метода због своје једноставности и поузданости, а базира се на одређивању оптималних тежинских коефицијената који се придружују познатим (узоркованим) вредностима на основу познавања вариограма.

3. РЕЗУЛТАТИ

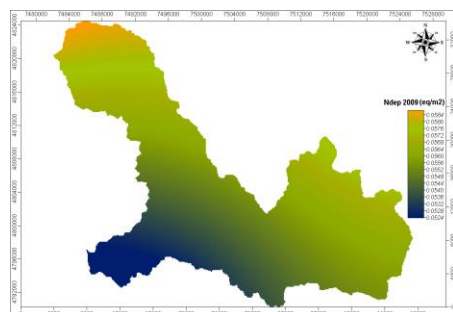
Депозиције сумпорних једињења за 1980. и 2009. год. приказане су на слици 3. Највеће количине депозиција (0.146 eq/m^2), у 1980. години, установљене су у северо-западним деловима слива док су ниже вредности (0.122 eq/m^2) у југо-источном делу у коме се налази и водна акумулација „Ђелије“.

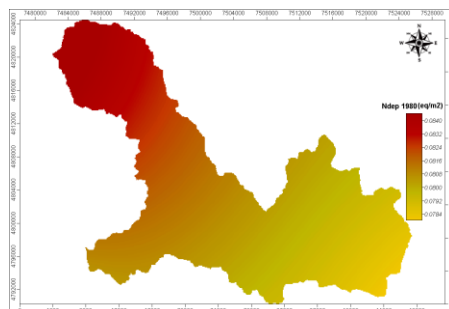


Слика 3. Укупне депозиције сумора за 1980 и 2009 годину (eq/m^2) у сливу реке Расине

Figure 3. Total sulfur deposition for 1980 and 2009 year (eq/m^2) in Rasina catchment

Укупне депозиције редукваног и оксидованог азота за 1980. и 2009. год. приказане су на слици 4. као и за депозиције сумора и за депозиције азота највеће депозиције (0.084 eq/m^2) забележене су 1980. у северо-западним деловима слива, а нешто ниже (0.078 eq/m^2) у југо-источним деловима слива.



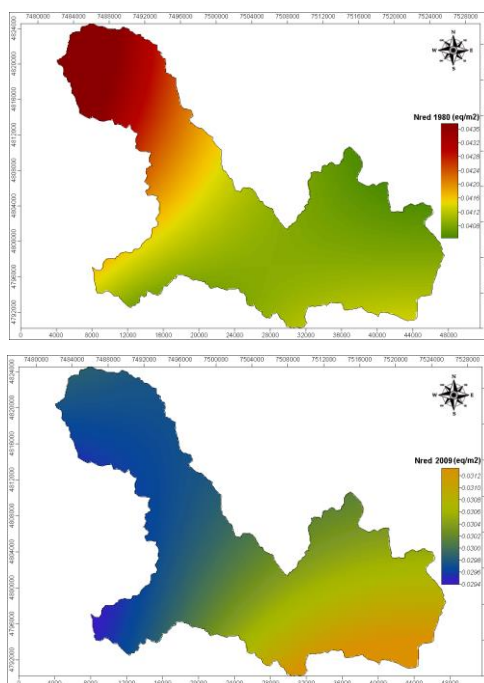


Слика 4. Укупне депозиције азота за 1980 и 2009 годину (eq/m^2) у Сливу реке Расине

Figure 4. Total nitrogen deposition for 1980 and 2009 year (eq/m^2) in Rasina catchment

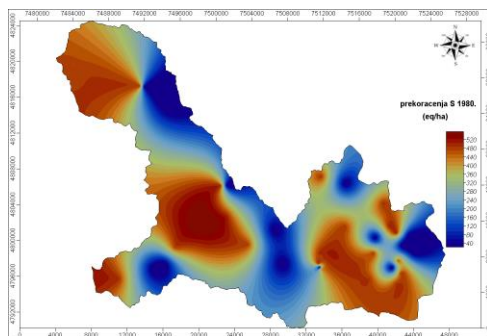
Међутим, 30 година касније на подручју целог слива установљене су ниже вредности депозиција сумпора ($0.072\text{--}0.077 \text{ eq/m}^2$) и азота ($0.052\text{--}0.058 \text{ eq/m}^2$).

Највећа прекорачења депозиција за посматрани период утврђена су за сумпор за 1980. годину слика 6.



Слика 5. Депозиције редукованог облика азота за 1980 и 2009 годину (eq/m^2) у Сливу реке Расине

Figure 5. Total reduced nitrogen deposition for 1980 and 2009 year (eq/m^2) in Rasina catchment



Слика 6. Прекорачења критичних депозиција сумпора за 1980 годину (eq/ha) у Сливу реке Расине

Figure 6. Exceedances of sulfur critical loads deposition in 1980 year (eq/ha) in Rasina catchment

Основна својства земљишта приказане су табели 2.

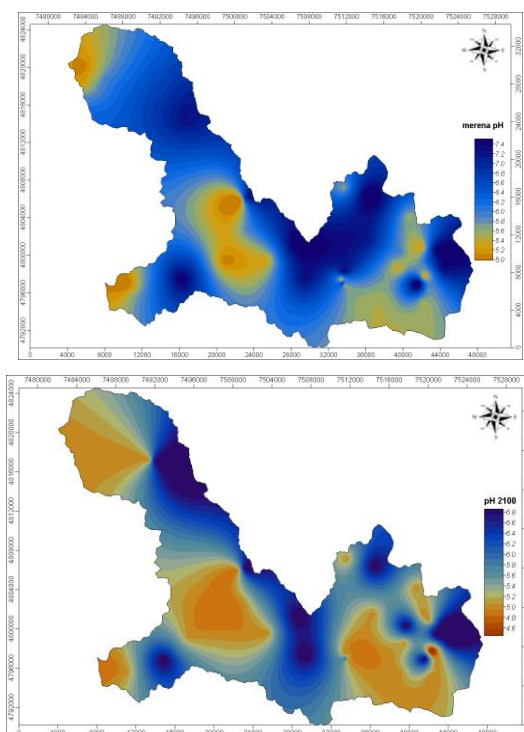
Табела 2. Својства земљишта

Table 2. Soil properties

Тип земљишта Soil types (FAO,1988)		Песак/Sand	Прах/Silt	Глина/Clay	pH	CEC	C	N
<i>Fluvisol</i>	pros	46,43	41,22	12,36	7,23	11,63	1,50	0,32
	sd	14,55	13,19	4,42	0,34	3,33	0,63	0,13
<i>Distric leptosol</i>	pros	52,25	35,13	12,63	5,78	-	1,94	0,21
	sd	4,81	1,66	3,15	0,19	-	0,21	0,06
<i>Eutric leptosol</i>	pros	39,61	43,13	17,26	6,82	20,22	2,75	0,31
	sd	13,78	9,08	7,06	0,69	7,39	1,41	0,15
<i>Distric cambisol</i>	pros	36,84	45,68	17,47	5,50	19,13	2,13	0,26
	sd	13,12	10,50	5,02	0,81	7,97	1,42	0,14
<i>Eutic cambisol</i>	pros	42,19	40,19	17,61	5,84	11,75	1,68	0,23
	sd	7,15	5,27	2,45	0,60	4,35	0,81	0,08

У овом раду VSD моделом је анализиран сценарио којим се за проучавани период до 2100 године усваја претпоставка да ће депозиције задржати тренд од

2009 године. Промене рН вредности земљишта у односу на усвојени сценарио за период 2009-2100 приказане су на слици 7. Може се закључити да се у зонама са највећим прекорачењима у прошлости моделом предвиђа даље смањење рН вредности земљишта до 0.6 јединица односно зоне умерено киселе реакције (5.6-6.0) прелазе у зоне са јаком до врло јаком киселом реакцијом (5.0-5.5), док се на мањим површинама слива предвиђа повећање рН вредности за 0.2 јединице.



Слика 7. Мерене рН вредности земљишта и рН вредности симулиране VSD моделом за 2100. годину

Figure 7. Measured soil pH values and pH values simulated by VSD model for 2100. Year

4. ДИСКУСИЈА

Ратификацијом протокола проистеклих из Конвенције о прекограничном транспорту загађујућих материја на велике удаљености (CLRTAP, 1979. године) од стране бројних европских држава антропогене емисије сумпор-диоксида и азотних оксида у Европи се смањују још од краја осамдесетих година прошлог века. Земље потписнице су се обавезале на смањење емисије сумпор-диоксида за 30% као и емисије азотних оксида. Гетенбуршким протоколом 1999. године предложене су редукције емисија сумпора за 63%, азотних оксида за 41%, испарљивих органских једињења за 40% и амонијака за 17% у поређењу са емисијама из 1990. године до

2010. годину. Редукција депозиције сумора и ацидификације земљишта, показују реалан успех политике чистог ваздуха.

У Србији у 2010. години, мерења SO_2 у ваздуху показују да се садржај сумпора кретао од 1,5 до 25,8 $\mu\text{gS}/\text{m}^3$ са израженим сезонским разликама (средња вредност за топлу половину године износила је 4,3 $\mu\text{gS}/\text{m}^3$, а за зимску 7,2 $\mu\text{gS}/\text{m}^3$). Садржај азота у ваздуху кретао се током године од 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ до 9,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, а средња годишња концентрација азота из азот-диоксида износи 2,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ове измерене вредности су ниже у односу на претходне године (2011).

Такође, у годишњем извештају Агенције за заштиту животне средине Р Србије се наводи да је током 2010. године на подручју Србије пало 28% киселих, а од тога 42% слабо киселих, 54% умерено киселих и 5% јако киселих падавина, док је у 2009 години пало 39% киселих падавина.

Остварене редукције киселих депозиција на подручју слива Расине од 1980-2009 године за сумпор износе 40,9-47,3%, а редукције депозиција укупног азота 30,9-33,3%. Највеће редукције које се бележе за азот односе се на оксидовани азот и износе 30-40%, док за редуктовани амонијачни облик азота редукције депозиција износе до 26-30% за период од 1980-2009 године. Са променама депозиција сумпорних и азотних оксида у терестричним екосистемима мењају се и остале хемијске карактеристике земљишта.

Иако се од 1980. године бележи пад киселих депозиција, а од 1990. године за утврђене критеријуме киселе депозиције не прелазе критичне вредности, симулације VSD модела указују да ће ови екосистеми и даље бити под њиховим негативним утицајем (тзв. одложено време реаговања-опоравка), на најугроженијим локалитетима предвиђа се даље смањење рН вредности земљишта до 0.6 јединица. Често се подразумева да редукција депозиција испод критичних вредности истовремено подразумева и стабилно стање екосистема, односно да истовремено нестају и сви негативни ефекти депозиција. Међутим, реакције у земљишту, поготово реакције његове чврсте фазе, су контролисане пуферним капацитетом земљишта, пре свега капацитетом катјонске измене, услед чега земљиште има способност одложеног реаговања. Према наведеном, иако не постоје прекорачења критичних депозиција, достизање стабилног стања у екосистему може потрајати неколико декада или векова услед ранијих прекорачења депозиција и времена које је потребно земљишту да се врати у првобитно стање. Стога је неопходно пратити и анализирати даљи утицај киселих депозиција на екосистеме за које тренутно нема прекорачења киселих депозиција али су прекорачења забележена у прошлости.

Највећа прекорачења критичних депозиција дефинисана су у делу слива са највећим депозицијама, зонама високопланинских делова слива као и у југо-источном делу слива, зони са мањом количином депозиција. У високо планинским деловима слива заступљена је шумска вегетација и кисела земљишта (рН вредност око 4), док су у југо-источном делу слива заступљена такође кисела земљишта (рН вредност 5.0-5.5) са ниским капацитетом катјонске измене. Земљишта са рН 5,0-6,0 су потенцијално и најосетљивија земљишта на процес ацидификације због своје

слабе пуферне способности, нарочито она са рН у рангу 5.5-6.5 са ниским капацитетом катјонске измене (Holowaychuk et al., 1987). Земљишта са рН вредношћу 6.5 и већом због свог карбонатно-бикарбонатног пуферног система, као и земљишта са рН 3.5-5.5 где је добар пуферни капацитет условљен реакцијама алуминијума (Holowaychuk et al., 1987), а самим тим су мање осетљива на процес ацидификације.

Ацидификација изазвана атмосферским депозицијама S и N је дугорочан процес који води трајном смањењу рН-вредности, повећаном испирању базних катјона, повећању концентрација алуминијума и смањењу процеса нитрификације (Ulrich 1983, 1991, Bobbink, 2010). Смањење процеса нитрификације Bobbink et al. (2010) објашњавају да иако у подручјима где доминирају редуковани облици азота у депозицијама процес нитрификације најчешће се блокиран процесом ацидификације што се такође објашњава slabим пуферским капацитетом земљишта са рН 4.5–6.5.

У овом раду анализиран је сценарио да ће се за проучавани период до 2100 године, наставити тренд депозиције од 2009 године. У том случају зоне у којима се предвиђа смањење рН вредности су зоне са највећим прекорачењима депозиција сумпора за период 1980-2009. год. где доминирају дистрична, плитка и скелетоидна земљишта, од хумусно силикатних до кисело смеђих. Ова подручја су у ранијим истраживањима дефинисана као подручја осетљива на таложење полутаната са могућим последицама оштећења екосистема (Kadović et al, 2009; Belanović et., al, 2012).

Поређењем мерених рН вредности и вредности симулираних моделом уочена је осетљивост модела за рН вредности у распону 5,6 - 6,7 јединица. Имајући у виду да су за проучавања земљишта дефинисане две константе равнотеже (само за основне текстурне класе) а да се садржај фракције песка креће у распону од 31,13 % до 78,55 % неопходно је дефинисати ове коефицијенте за све текстурне класе. На овај начин би се омогућиле прецизније симулације модела за наведене распоне рН вредности.

5. ЗАКЉУЧАК

Земљиште је један од најзначајнијих не-обновљивих природних ресурса који омогућава одрживост функција екосистема. Киселе депозиције изазивају промене својстава земљишта у површинском слоју, и утичу, пре свега на промену рН вредности као и на остале променљиве параметре нпр. садржај N и C. Проучавања су вршена у сливу Расине изнад акумулације Ћелије, где су шумски екосистеми заступљени на 51% слива. Подаци о депозицији SO_x, NO_x и NH₄ преузети са ГМС Крушевац и ЕМЕР за период 1985 - 2009. година.

Остварене редукције киселих депозиција на подручју слива Расине од 1980-2009. године за сумпор износе 40,9-47,3%, а редукције депозиција укупног азота су 30,9-33,3%. Највеће редукције које се бележе за азот односе се на оксидовани азот и

износе 30-40%, док за редуковани амонијачни облик азота редукције депозиција износе до 26-30% за период од 1980-2009 године.

Иако се од 1980. године бележи пад киселих депозиција, а од 1990. године за утврђене критеријуме киселе депозиције не прелазе критичне вредности, симулације VSD модела указују да се ови екосистеми и даље налазе под њиховим негативним утицајем због тзв. одложеног времена реаговања/опоравка. Ово указује да поред екосистема који бележе тренутна прекорачења киселих депозиција треба пратити и анализирати даљи утицај киселих депозиција на екосистеме за које су забележена прекорачења у прошлости.

Највећа прекорачења критичних депозиција дефинисана су у делу слива са највећим депозицијама. У овом раду VSD моделом анализиран сценарио којим се за проучавани период до 2100 године усваја претпоставка да ће депозиције задржати тренд од 2009 године. На овим локалитетима према усвојеном сценарију до 2100 године се предвиђа даље смањење рН вредности земљишта до 0,6 јединица и на мањим површинама повећање за 0,2 рН јединице. Из наведеног се може закључити да досадашње редукције киселих депозиција остварене за период 1980-2009 нису задовољавајуће и да су неопходне додатне редукције киселих полутаната како би ови екосистеми трајно прешли у стабилно стање.

Поређењем мерених рН вредности и вредности симулираних моделом за исте локалитете уочена је осетљивост модела за рН вредности у распону 5,6 - 6,7 јединица. Имајући у виду да су за проучавана земљишта заступљена на овом подручју дефинисане свега две константе равнотеже (само за наведене основне текстурне класе), а да се садржај фракције песка креће у распону од 31,13 % до 78,55 % неопходно је дефинисати ове коефицијенте све текстурне класе како би се омогућиле прецизније предикције модела за наведене распоне рН вредности.

Ниске рН вредности земљишта иницирају повећану мобилност тешких метала у земљишни раствор па је праћење статуса ацидификације овог подручја значајно и са аспекта очувања квалитета површинских и подземних вода, а самим тим и водне акумулације „Ђелије“.

6. ЗАХВАЛНОСТ

Овај рад је реализован у оквиру пројекта „Истраживање климатских промена на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање“ (III43007) који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије у оквиру програма Интегрисаних и интердисциплинарих истраживања за период 2011-2014. године.

7. ЛИТЕРАТУРА

(1966): Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Knjiga 1, JDPZ

- Belanović S., Beloica J., Perović V., Alnaass S. N., Knezevic, Kadovic R., Mihajlović B. (2012): Current State and Threats of Soil Resources in Rasina Catchment Upstream From "Ćelije" Water Reservoir, Landcon,
- Blake L., Goulding K.W.T. (2002): Effects of atmospheric deposition, soil pH and acidification on heavy metal contents in soils and vegetation of semi-natural ecosystems at Rothamsted Experimental Station, UK, Plant and Soil; 240 (235–251)
- Bobbink R., Hicks K., Galloway J., Spranger T., Alkemade R., Ashmore M., Bustamante M., Cinderby S., Davidson E., Dentener F., Emmett B., Erisman J.W., Fenn M., Gilliam F., Nordin A., Pardo L., De Vries W. (2010): Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis Ecological Applications, 20 (30–59)
- Hall J., Reynolds B., Aherne J., Hornung M. (2001): The Importance of Selecting Appropriate Criteria for Calculating Critical Loads for Terrestrial Ecosystems Using the Simple Mass Balance Equation. Water, Air Soil Pollut. Focus 1 (29–41)
- Hettelingh J.P., Slootweg J, Posch M. (2008): Critical load, dynamic modeling and impact assessment in Europe: CCE Status Report 2008, Coordination Center for Effects, Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, Netherlands. Report No. 500090003. ISBN No. 978-90-6960-211-0.
- Holowaychuk N., Fessenden R.J. (1987): Soil sensitivity to acid deposition and the potential of soils and geology in Alberta to reduce the acidity of acidic inputs, Earth Science Report 87-1, Alberta, Canada
- International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution, Effects on Forests (ICP Forests) Forest Condition in Europe (2011): Technical Report of ICP Forests and FutMon
- Izveštaj o stanju životne sredine u republici Srbiji, Mnistarstvo životne sredine rudarstva i prostornog planiranja, agencija za zaštitu životne sredine, RS, 2011
- Кадовић Р., Белановић С. (2009): Анализа процеса ацидификације шумских земљишта на подручју НП "Копаоник", Гласник Шумарског факултета; Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд, бр. 100 (95-110), DOI:10.2298/ГСФ0900095К
- Langan J. S., Wilson M. J. (1994): Critical Loads of Acid Deposition on Scottish Soils, Macaulay Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, AB9 2QT, U.K, Water, Air and Soil Pollution 75 (177-191)
- Nilsson J., Grennfelt P. (1988): Critical Levels for Sulphur and Nitrogen. Copenhagen, Denmark, Nordic Council of Ministers
- Posch M., Reinds J.G. (2009): A very Simple Dynamic Soil Acidification Model for scenarioAnalyses and Target Load Calculations, Environmental Modelling & Software, 24 (3), (329–340)
- Sposito G. (1996): The Environmental Chemistry of Aluminium, CRC Press LLC, USA
- Sverdrup H., Warfvinge P. (1993): The effect of soil acidification on the growth of trees, grass and herbs as expressed by the (Ca+Mg+K)/Al ratio, Reports in Ecology

and Environmental Engineering 2, Chemical Engineering, Lund University, Lund, Sweden

Ulrich B., (1983), Soil acidity and its relation to acid deposition, in B. Ulrich and., Pankrath, eds., Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystems, reindel Pub. Co., (127-146)

Ulrich B., Sumner M. E. (1991): Soil acidity, ISBN 3-540-50782-5

Van der Salm C., De Vries W. (2001): A review of the calculation procedure for critical acid loads for terrestrial ecosystems. Science of the Total Environment 271 (11-25).

ACID DEPOSITION IMPACT ON SOIL SOLUTION PH IN RASINA CATCHMENT

Белоица Јелена, Кадовић Ратко, Перовић Вељко, Тодосијевић Мирјана, Чакмак Драган, Милчановић Вукашин, Белановић Снежана¹

Универзитет у Београду Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, Београд

Институт за земљиште у Београду, Теодора Драјзера 6

SUMMARY

Acid deposition cause changes of soil properties, primarily decrease of soil pH. The influence of S i N deposition on terrestrial ecosystems was studied in the catchment of river Rasina, where forest ecosystems occupy 51% of the area. Lower soil pH initiates an increase of trace elements mobility in soil solution. According to this, monitoring of soil acidification status is very important in terms of conservation of surface and ground water quality.

Acid deposition in Rasina catcment decrease since 1980. and since 1990. does not exceed a critical value. VSD model simulation indicates that forest ecosystems are still under their negative impact, and that forest ecosystems are in so called recovery delay time (RDT).

According to the adopted scenario until 2100 the VSD model predicts a further reduction of soil pH by 0.6 units and in smaller areas soil pH increase by 0.2 units.

It can be concluded that the current reduction of acid deposition, for the period 1980-2009, are not sufficient for reaching a steady state of forest ecosystems in Rasina catchment.