

# PRVI REZULTATI PRAĆENJA RECENTNOG TALOŽENJA U PODRUČJU PARKA PRIRODE KOPAČKI RIT

**dr. sc. Ivica Pavičić**

Sveučilište u Zagrebu,  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska  
Ivica.pavicic@rgn.hr

**prof. dr. sc. Davor Pavelić**

Sveučilište u Zagrebu,  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska

**izv. prof. dr. sc. Željko Duić**

Sveučilište u Zagrebu,  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska

**Ida Pavlin**

Sveučilište u Zagrebu,  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska

**dr. sc. Kosta Urumović**

Hrvatski geološki institut  
Sachsova 2, Zagreb, Hrvatska

**Ivan Tot**

Hrvatske vode  
Ulica grada Vukovara 176, Zagreb,  
Hrvatska

Područje Parka prirode Kopački rit (PPKR) jedna je od najvećih fluvijalno-močvarnih nizina u Europi. Zbog vidljivog trenda smanjenja močvarnih i vodnih površina, odnosno zadržavanja taloga u području Kopačkog rita, osmišljena je i postavljena mreža opažачkih postaja recentnog taloženja kako bi se navedeni procesi kvantificirali. Postavljeno je ukupno 50 mjernih postaja u kanalima, rukavcima, barama i močvarama. Rezultati mjerenja recentnog taloženja i erozije ukazuju na povećano taloženje u većini dijelova PPKR s maksimumom u Kopačkom jezeru koji iznosi 16,5 cm u vremenskom periodu od samo devet mjeseci. Ovakvi rezultati ukazuju da je situacija u području PPKR alarmantna te je potrebno intenzivirati monitoring recentnog taloženja s ciljem definiranja prostorno-vremenske raspodjele taloženja i erozije u području Parka prirode Kopački rit. Detaljnim monitoringom te analizom svih drugih dostupnih podataka modernim analitičkim metodama, navedeni procesi mogli bi se prognozirati u budućnosti što bi predstavljalo znanstveno utemeljenu podlogu za održivo gospodarenje Parkom prirode Kopački rit.

**Ključne riječi:** sedimentacija, erozija, prostorna raspodjela, Kopački rit

## 1. UVOD

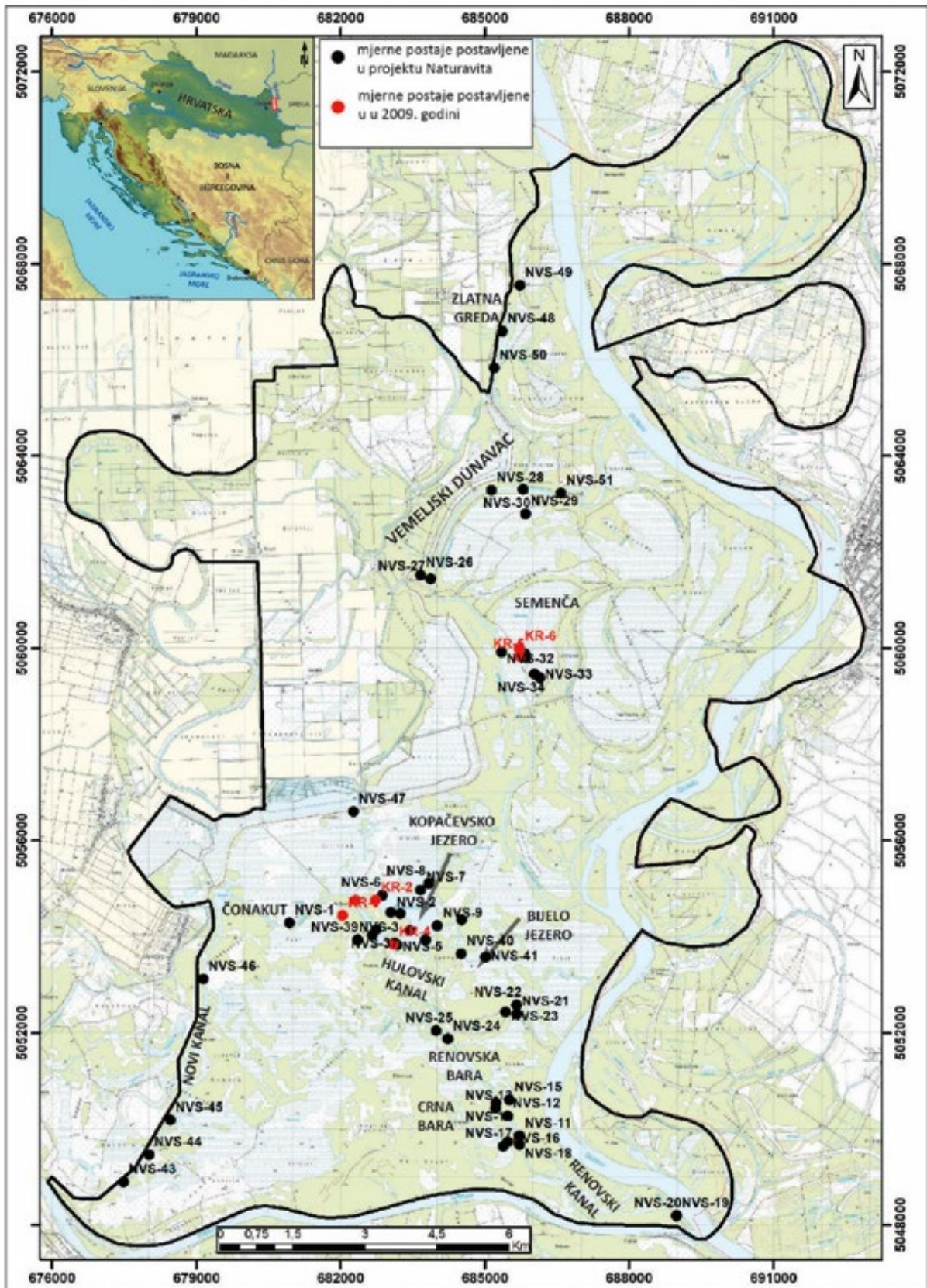
Područje Parka prirode Kopački rit (PPKR) (Slika 1) jedno je od najvećih fluvijalno-močvarnih područja u Europi te kao takvo predstavlja izuzetno kompleksan i dinamičan taložni ekosustav pod dominantnim utjecajem dviju velikih rijeka Dunava i Drave (Tadić et al., 2014; Pavičić et al., 2021, 2022). Današnji geološki i geomorfološki odnosi na području Parka prirode Kopački rit u najvećoj su mjeri rezultat klimatskih, hidroloških, sedimentacijskih, tektonskih i antropogenih djelovanja u zadnjih 10.000 godina (modificirano prema Tadić et al., 2014). Antropogeni utjecaji ostvareni su izgradnjom nasipa i ograničavanjem plavljenja nekadašnjih

poplavnih ravnica Dunava i Drave. Izgradnja brojnih kanala dodatno je izmijenila vodni režim što snažno utječe na količine nanosa koji se talože uglavnom za vrijeme visokih vodostaja. Zaštićena područja, kao što je Park prirode Kopački rit, izrazito su osjetljivi na takve promjene. Stoga je, uz ovakav kontinuirani trend promjene prirodnih uvjeta rijeka i riječnih sustava, upitna dugoročna opstojnost parka u ovakvom stanju (Pavičić et al., 2021, 2022).

Slična zapažanja publicirana su u različitim regijama u svijetu (Luo et al., 1997; Dinis et al., 2006; Tsai et al., 2010; Pérez-Ruzafa et al., 2013; Bowen & Johnson, 2017). Radi toga osmišljen je projekt pod nazivom „Razminiranje, obnova i zaštita šuma i šumskog zemljišta

u zaštićenim i Natura 2000 područjima u dunavsko-dravskoj regiji – NATURAVITA". Projekt je iznimno interdisciplinarni i sveobuhvatan i u okviru Aktivnosti A7 projekta "Zaštita i očuvanje voda i o vodama

ovisnih ekosustava", podaktivnost "Provedba istražnih radova, uspostava sustava i provedba monitoringa s interpretacijom rezultata, u sklopu monitoringa stanja voda, podzemnih voda, staništa i faune, provodi se i



Slika 1: Lokacije mjernih postaja recentnog taloženja i erozije u području Parka prirode Kopački rit.



Istraživanje i praćenje recentne sedimentacije u području Parka prirode Kopački rit.

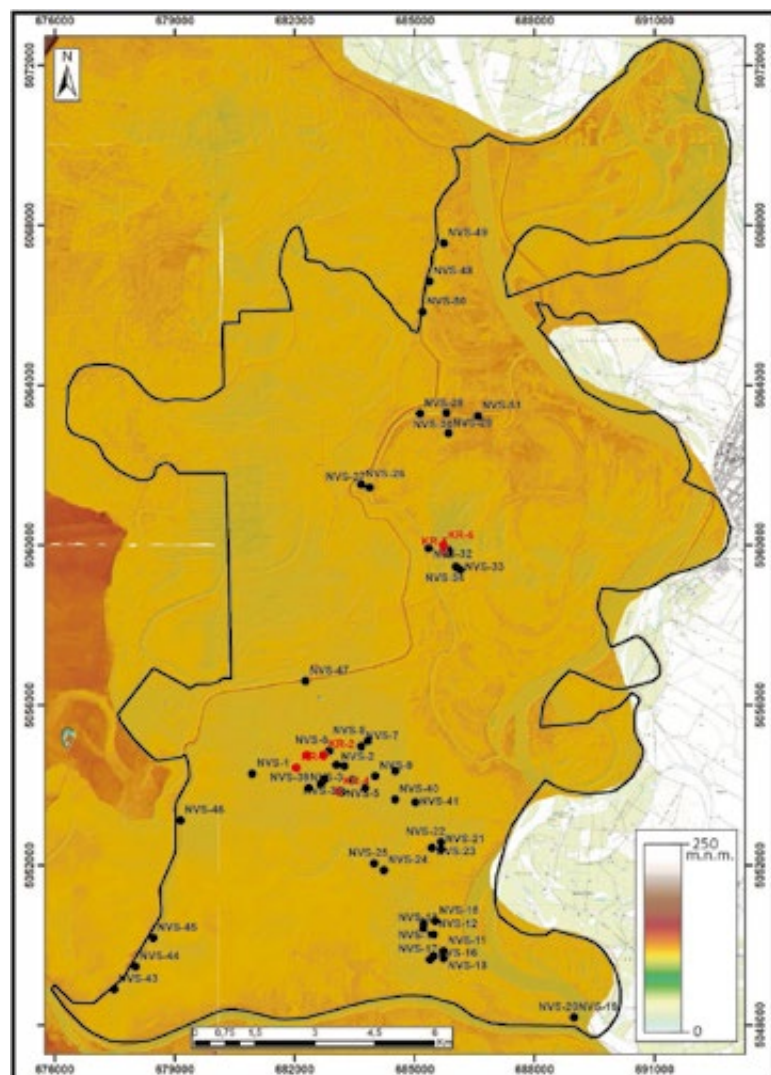
Područje Kopačkog rita geološki se sastoji od riječnog pijeska i siltova te gline, odnosno mulja ovisno o dijelu riječnoga taložnog okoliša (Magaš, 1978a i Magaš, 1978b). Debljine slojeva variraju od centimetarskih do decimetarskih. Slojevi pijeska ispod recentnih nanosa u širem okruženju sadrže podzemnu vodu koja se u širem području koristi za vodoopskrbu. U području Kopačkog rita može se očekivati da debljina kvartarnih naslaga doseže i 200 m (Urumović et al., 2003; Duić & Briški, 2010).

Kako se u Parku prirode odlažu značajne količine nanosa, a vodene se površine ubrzano smanjuju zbog sve dugotrajnijih suša i obilne produkcije i širenja vegetacije (modificirano prema Dragičević et al., 2011, Tadić et al., 2014, Pavičić et al., 2021, 2022), bilo je nužno započeti sa znanstveno utemeljenim istraživanjima kako bi se egzaktno utvrdila brzina taloženja u području PPKR. Brzina taloženja, raspored i količina nanosa u području Parka prirode Kopački rit, nužni su za prognoziranje njegove budućnosti. Brzina taloženja može se načelno mjeriti na dva načina: i) računanjem brzine taloženja postojećeg nanosa, datiranjem pomoću radioaktivnih metoda kao što su Cs-137 i Pb-210 (npr. Appleby and Oldfield, 1978, 1992; Appleby, 2001; Sanchez-Cabeza and Ruiz Fernández, 2012); ii) raznovrsnim snimanjima iz zraka (Brivio & Zilioli, 1996; Munyati, 2000; Ozesmi & Bauer, 2002; Rebelo et al., 2009; Karim et al., 2018), iii) mjerenjem taloženja *in situ* pomoću engl. *sediment traps* (Wren et al., 2019) i/ili stacionarnih mjernih postaja.

Istraživanja slična ovima provodio je Rudarsko-geološko-naftni fakultet u periodu od 2009. do 2011. kada je taloženje mjereno u Kopačkom jezeru i Semenči (slika 1 i 2) (Dragičević et al., 2011). Tada su u periodu od 28.9.2009. do 9.5.2011. na pojedinim postajama dobivena mjerenja od 5 mm te 17,5 mm nanosa (Dragičević et al., 2011). Područja koja su tada obuhvaćena istraživanjem, pokrivena su i sada s više mjernih postaja no rezultati nisu baš usporedivi jer su tada postavljane mjerne postaje puno pogodnije za vanjske utjecaje kao što su naginjanje, premještanje uslijed djelovanja vode i/ili divljih životinja. Upravo radi tih nedostataka osmislili smo dizajn mjernih postaja koji smo prezentirali u ovom radu jer je puno manje podložan vanjskim utjecajima.

Nažalost, istraživanja su prekinuta te od tada do ovog projekta nema nikakvih mjerenja recentnog taloženja u PPKR. Recentno taloženje u smislu ovog rada označava taloženje koje se događa u današnjem vremenu odnosno *in situ*. Nastavak te unaprjeđenje prethodno opisanih istraživanja predstavljaju istraživanja i praćenje recentnog taloženja u području PPKR u sklopu projekta Naturavita, koji ima zadatak postaviti opažačku mrežu te kroz tri godine mjeriti recentno taloženje i eroziju na ključnim mjestima u području PPKR. Stoga se na temelju dosadašnjih podataka izradila opažačka mreža s gustoćom mjernih lokacija na način da se pokriju svi tipovi taložnih okoliša (kanali, rukavci, bare i močvare) s time da je veći broj postaja postavljen u dinamičnijim okolišima. Opažačka mreža postavljena je od 26.1.2021. do 19.3.2021. te je načinjeno i postavljeno 50 mjernih postaja (Slika 1, 2 i 3). Očitavanja recentne sedimentacije obavljena su u dvije kampanje, prva u periodu od 12.7.2021. do 16.7.2021. te druga od 14.11.2021. do 19.11.2021.

## 2. MATERIJALI I METODE



Slika 2: Digitalni model reljefa područja Parka prirode Kopački rit (podaci za digitalni model reljefa dobiveni od Hrvatskih voda).



Slika 3 A): Postavljanje mjerne postaje na lokaciji NVS-36;



Slika 3 B): Očitavanje recentnog taloženja na mjernoj postaji NVS-38.

Planirana i provedena istraživanja izuzetno su kompleksna i terenski zahtjevna. Obuhvaćaju nekoliko etapa terenskih mjerenja u različitim razdobljima u godini. Kako bi se postavljanje mjernih postaja, a kasnije i očitavanje recentne sedimentacije moglo korektno obaviti, bila je potrebna snažna logistička podrška PPKR i Hrvatskih voda. Za potrebe obavljanja zadataka mjerenja recentnog taloženja/erozije postavljeno je 50 mjernih postaja na strateški definirane lokacije unutar područja PPKR (slike 1, 2 i 3). Lokacije su određene na temelju analize digitalnog modela reljefa (slika 2), topografskih karata u mjerilu 1 : 25.000 i 1 : 5.000, postojećih geoloških karata (Magaš, 1978a i Magaš, 1978b) te detaljne terenske prospekcije. Prvi kriterij je položaj lokacije unutar taložnog okoliša, a drugi pristup lokaciji. Tim načinom definirana su područja, a za vrijeme samog postavljanja i lokacije za 50 mjernih postaja (slika 2 i 3). Očitavanja se trebaju raditi četiri puta godišnje. Važno je napomenuti da je PPKR vrlo specifično područje u kojemu se tijekom godine vodostaj može mijenjati vrlo naglo i nepredvidivo, u kojemu su sezonske najezde komaraca i ostalih insekata i izrazito visoke ljetne temperature zraka, tako da su za vrijeme pojedinih radova, uvjeti bili granično izdrživi. Mjerne postaje načinjene su u obliku čeličnih stupića visine 1,0 m s milimetarskom skalom ukupne duljine 0,5 m (slika 3). Svi su stupići toplo pocinčani kako bi bili otporni na koroziju. Donji dio stupića sužen je u obliku šiljka kako bi se lakše zabio u tlo. Stupići su postavljani zabijanjem pomoću teškog čekića na oko 0,3 do 0,5 m dubine kako bi bili stabilni na prirodne uvjete u PPKR. Nakon postavljanja, svakom

stupiću su očitane koordinate te je lokacija unesena u GIS bazu podataka.

U vremenu od 12.7.2021. do 14.7.2021. provedena je prva kampanja mjerenja recentnog taloženja (slika 3B), a drugo terensko očitavanje obavljeno je od 14.11.2021. do 19.11.2021. te su očitane vrijednosti taloženja i erozije na svih 50 mjernih stupića u PPKR. Vodostaji Dunava i Drave pa tako i vode u PPKR su bili izuzetno niski tako da je očitavanje provedeno u najvećoj mjeri s kopna te u području Čonakut kanala i Renovskog kanala uz pomoć čamaca. Istraživanja koja obuhvaćaju četiri očitavanja recentne sedimentacije te litofacijsno kartiranje cijelog područja PPKR nastaviti će se do kraja 2023. godine.

### 3. REZULTATI

Opis recentnog taloženja i erozije bit će prikazan od sjevera prema jugu, odnosno od Zlatne Grede, preko Vemeljskog dunavca i Semenče, preko Čonakuta, Kopačevskog i Bijelog jezera, Hulovskog kanala do Renovskog kanala (vidi sliku 1 za lokacije). Karta i dijagrami s iznosima taloženja i erozije načinjeni su u računalnom softveru Tableau 2021 (<https://www.tableau.com/> pristupljeno 6.1.2021.).

Rezultati nakon dvije etape očitavanja recentnog taloženja ukazuju na intenzivno taloženje i premještanje nanosa u visokoenergetskim područjima kao što su Vemeljski dunavac, ušće Čonakuta u Kopačko jezero te u Renovskom kanalu. Najveći iznosi taloženja u obliku novonastalog pješčanog spruda je 16,5 cm u manje od godinu dana što je alarmantno. Rezultati dobiveni nakon prve godine provedenih istraživanja ukazuju da je

Tablica 1: Tablica s podacima o mjernim postajama i rezultatima dvije etape provedenih očitavanja.

Redni broj	Naziv točke	broj stupića	X (wgs)	Y (wgs)	Talozni prostor	Datum postavljanja	0-to stanje	1. očitavanje (12-16.7.2021)	2. očitavanje (14-17.11.2021)	Sedimentacija/erozija
1	NVS-1	-	18,82	45,60	Čonkaut	1/26/2021	19,6	19,5	20,5	<b>0,9</b>
2	NVS-2	-	18,85	45,61	Kopačevsko jezero	1/27/2021	22,2	22	22,2	<b>0</b>
3	NVS-3	-	18,85	45,61	Kopačevsko jezero	1/27/2021	8,35	9	11	<b>2,65</b>
4	NVS-4	-	18,85	45,60	Kopačevsko jezero	1/27/2021	15,5	15,4	15,3	<b>-0,2</b>
5	NVS-5	-	18,85	45,60	Kopačevsko jezero	1/28/2021	20	21,2	36,5	<b>16,5</b>
6	NVS-6	35	18,84	45,61	Kopačevsko jezero	3/3/2021	25,6	24	22,5	<b>-3,1</b>
7	NVS-7	36	18,85	45,61	Kopačevsko jezero	3/3/2021	16,3	16,5	16,6	<b>0,3</b>
8	NVS-8	37	18,86	45,61	Kopačevsko jezero	3/3/2021	27,9	28	29	<b>1,1</b>
9	NVS-9	38	18,86	45,60	Kopačevsko jezero	3/3/2021	21,8	21	21	<b>-0,8</b>
10	NVS-10	30	18,86	45,60	Kopačevsko jezero	3/3/2021	15	15,5	16	<b>1</b>
11	NVS-12	39	18,88	45,57	Renovo	3/3/2021	19,5	20	22	<b>2,5</b>
12	NVS-13	34	18,87	45,57	Renovo	3/3/2021	15	15,5	16	<b>1</b>
13	NVS-14	31	18,87	45,57	Renovo	3/3/2021	29	29	28	
14	NVS-15	32	18,88	45,57	Renovo	3/3/2021	33	33	33	<b>0</b>
15	NVS-16	17	18,88	45,56	Renovo	3/3/2021	20	20	21	<b>1</b>
16	NVS-17	16	18,87	45,56	Renovo	3/3/2021	31,2	29	27	<b>-4,2</b>
17	NVS-18	18	18,88	45,56	Renovo	3/3/2021	23,8	26	32	<b>8,2</b>
18	NVS-19	20	18,92	45,55	Renovo	3/3/2021	26	27	28,5	<b>2,5</b>
19	NVS-20	19	18,92	45,55	Renovo	3/3/2021	27	28	30	<b>3</b>
20	NVS-21	11	18,88	45,59	Hulovo	3/3/2021	15,5	15,5	16	<b>0,5</b>
21	NVS-22	13	18,88	45,59	Hulovo	3/3/2021	28,8	29	30	<b>1,2</b>
22	NVS-23	12	18,88	45,59	Hulovo	3/3/2021	32,7	32,5	33	<b>0,3</b>
23	NVS-24	14	18,86	45,58	Renovo	3/3/2021	30,9	32	34,5	<b>3,6</b>
24	NVS-25	15	18,86	45,58	Renovo	3/3/2021	25	24	22,8	<b>-2,2</b>
25	NVS-26	40	18,86	45,67	Vemelj	3/4/2021	33	32	31,5	<b>-1,5</b>
26	NVS-27	41	18,86	45,67	Vemelj	3/4/2021	41,2	43	46,5	<b>5,3</b>

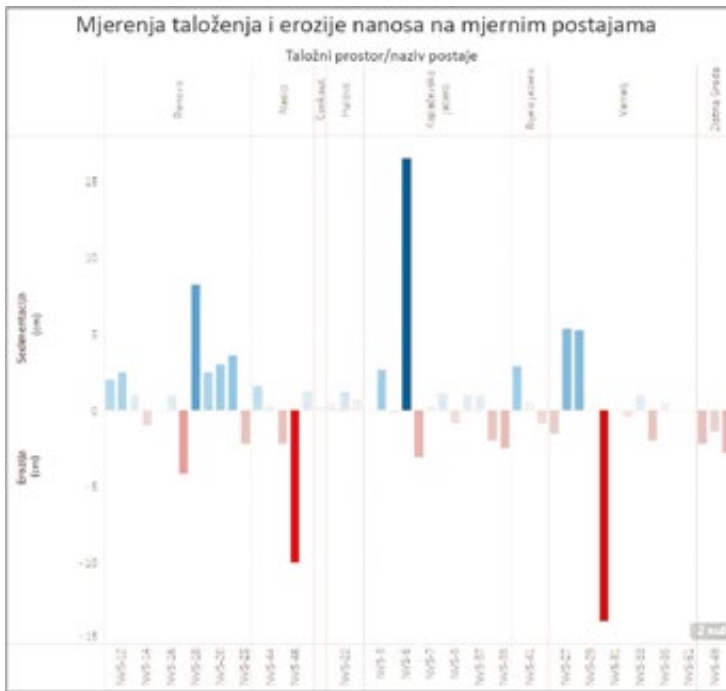


Redni broj	Naziv točke	broj stupića	X (wgs)	Y (wgs)	Talozni prostor	Datum postavljanja	0-to stanje	1. očitavanje (12-16.7.2021)	2. očitavanje (14-17.11.2021)	Sedimentacija/erozija
27	NVS-28	42	18,88	45,69	Vemelj	3/4/2021	20,5	22	25,7	<b>5,2</b>
28	NVS-29	44	18,89	45,68	Vemelj	3/4/2021	23	23	23	<b>0</b>
29	NVS-31	45	18,90	45,66	Vemelj	2/4/2022	32	-	-	-
30	NVS-30	43	18,89	45,68	Vemelj	3/4/2021	26,7	20	12,9	<b>-13,8</b>
31	NVS-32	50	18,88	45,65	Vemelj	3/4/2021	15,5	15	15	<b>-0,5</b>
32	NVS-33	48	18,89	45,65	Vemelj	3/4/2021	29	29	30	<b>1</b>
33	NVS-34	49	18,89	45,65	Vemelj	3/4/2021	30	29	28	<b>-2</b>
34	NVS-35	46	18,88	45,65	Vemelj	3/4/2021	20	20	20,5	<b>0,5</b>
35	NVS-36	47	18,88	45,65	Vemelj	3/4/2021	42,1	42	42	<b>-0,1</b>
36	NVS-37	25	18,84	45,60	Kopačevsko jezero	3/5/2021	33,5	32,8	34,5	<b>1</b>
37	NVS-38	24	18,84	45,60	Kopačevsko jezero	3/5/2021	33	32	31	<b>-2</b>
38	NVS-39	23	18,84	45,60	Kopačevsko jezero	3/5/2021	21,5	20	19	<b>-2,5</b>
39	NVS-40	29	18,87	45,60	Bijelo jezero	3/5/2021	23,1	25	26	<b>2,9</b>
40	NVS-41	28	18,87	45,60	Bijelo jezero	3/5/2021	24	24	24,5	<b>0,5</b>
41	NVS-42	27	18,87	45,60	Bijelo jezero	3/5/2021	25,4		24,5	<b>-0,9</b>
42	NVS-43	5	18,77	45,56	Nasip	3/19/2021	32,1	32,5	33,7	<b>1,6</b>
43	NVS-44	4	18,78	45,56	Nasip	3/19/2021	26,3	27	26,6	<b>0,3</b>
44	NVS-45	3	18,79	45,57	Nasip	3/19/2021	35	34	32,8	<b>-2,2</b>
45	NVS-46	10	18,80	45,59	Nasip	3/19/2021	29	26	17,5	<b>-11,5</b>
46	NVS-47	2	18,84	45,63	Nasip	3/19/2021	35,8	36	37	<b>1,2</b>
47	NVS-48	9	18,88	45,71	Zlatna Greda	3/19/2021	16	15	13,80	<b>-2,2</b>
48	NVS-49	8	18,89	45,72	Zlatna Greda	3/19/2021	17	16	15,6	<b>-1,4</b>
49	NVS-50	7	18,88	45,71	Zlatna Greda	3/19/2021	14,8	13	12	<b>-2,8</b>
50	NVS-51	26	18,90	45,68	Vemelj	11/17/2021	19	20	21,5	<b>2,5</b>

vrijeme za reakciju sve kraće te je potrebno intenzivirati istraživanja kako bi se čim prije prikupio dovoljno veliki set ulaznih podataka kako bi se mogao uspostaviti prognozni model taloženja i erozije u PPKR.

U području Zlatne Grede postavljene su tri mjerne postaje NVS-49, NVS-48 i NVS-50 na kojima se bilježi blaga erozija u iznosima od 1,4 cm do 2,8 cm idući od sjevera prema jugu. U Vemeljskom dunavcu (postaje NVS-26, 27, 28, 29, 30, 32 i 51) zabilježena je najznačajnija erozija i vrlo visoke vrijednosti taloženja. Razlog velike erozije je jednostavno nizvodno premještanje nanosa,

što potvrđuje raspored erozije i taloženja te formiranje riječnih dina i riplova na dnu kanala. Erozijska od gotovo 14 cm zapažena je na mjernoj postaji NVS-30, koja je trenutno najistočnija postaja u Vemeljskom dunavcu na kojoj je bilo moguće očitati mjerenje. Naime, postaja NVS-31, koja se također nalazi na velikom pješčanom sprudu istočno od postaje NVS-30 nije nađena na mjestu postavljanja odnosno najvjerojatnije je odnesena jakom energijom vode za vrijeme poplave. Ta je postaja zamijenjena postajom NVS-51. Idući dalje Vemeljskim dunavcem prema Tikvešu, na postajama NVS-28 i NVS-

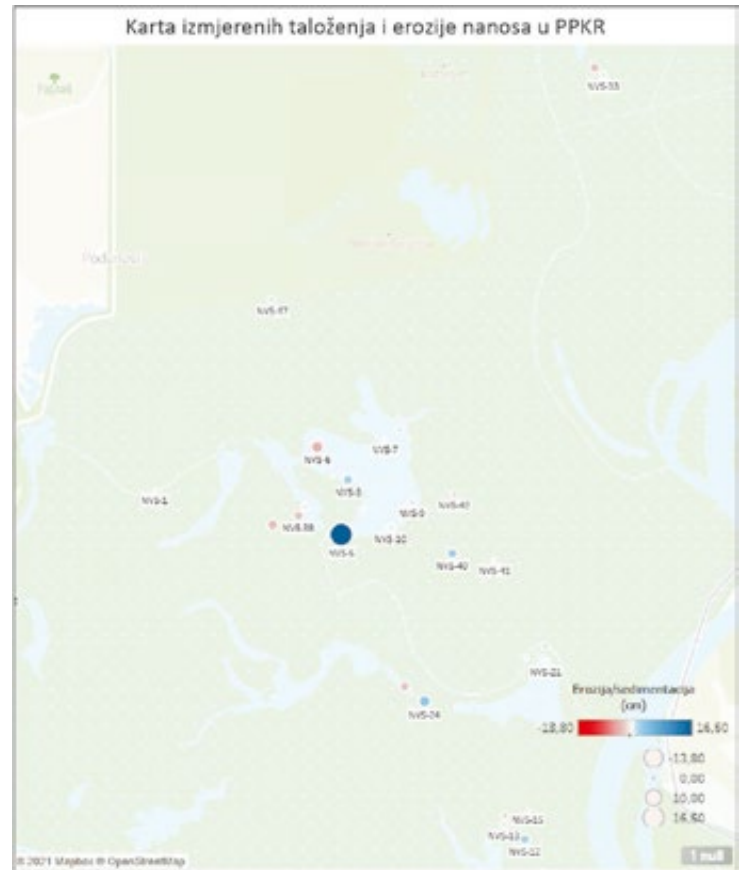


Slika 4: Dijagram taloženja i erozije u razdoblju od 29.1.2021. do 17.11.2021. u području PPKR.



Slika 5: Raspodjela frekvencija iznosa taloženja i erozije u PPKR.

27 bilježi se taloženje pijeska od oko 5 cm na svakoj postaji (slike 4 - 6). U području Semenče (postaje NVS-33, 34, 35 i 36) bilježe se blage promjene i taloženja i erozije maksimalnih iznosa 2 cm (slike 4 - 6). U kanalu Čonakut zabilježeno je blago povećanje količine taloga za 0,2 cm (mjerna postaja NVS-1). Najveći iznos taloženja zabilježen je na ušću kanala Čonakut u Kopačevsko jezero i iznosi 16,5 cm (mjerna postaja NVS-5) (slike 4 - 6). Na tom ušću formirao se uzdužni pješčani sprud te dobrim dijelom zatvorio ušće kanala u jezero. Taložnje od 1 cm je zabilježeno u Čonakutu, s druge strane Kopačkog jezera prema jugozapadu, odnosno tzv. „Ribarskoj kući“, no u poplavnim barama na zapadu zabilježena je erozija od 2 i 2,5 cm (NVS-38 i NVS-39). U području Kopačkog jezera dominira taloženje s maksimalnim iznosom od 2,65 cm (NVS-3). Na nekoliko mjernih postaja zabilježena je erozija od kojih je najveća u sjeverozapadnom dijelu jezera na mjernoj postaji NVS-6, u iznosu od 3,1 cm. U Bijelom jezeru također dominira



Slika 6. Karta izmjerenih taloženja i erozije nanosa u PPKR u razdoblju od 29.1.2021. do 17.11.2021.

taloženje, koje na mjerim postajama NVS-40 i NVS-41, iznosi 2,9 cm i 0,5 cm (slike 4 - 6). Kopačko i Bijelo jezero predstavljaju strateški vrlo važne lokacije te njima treba posvetiti puno pažnje u budućnosti. Rezultati provedenih mjerenja na nekim su mjestima gotovo red veličine veći nego što je dobiveno prethodnim istraživanjima taloženja u PPKR koje je od 2009. do 2011. provodio Rudarsko-geološko-naftni fakultet (Dragičević i dr., 2011). Tada se u vremenskom periodu od 28.9.2009. do 9.5.2011. odnosno tijekom 20 mjeseci izmjerilo ukupno 17,5 mm istaloženog nanosa. Kako su metode mjerenja različite, a i vremenski razmak između mjerenja velik, (13 godina) rezultati su usporedivi no ne mogu se koristiti kako bi se napravio kumulativni dijagram taloženja od 2009. godine do danas. U Hulovskom kanalu zabilježeno je blago taloženje, uglavnom manje od 1 cm.

Unutar kanala nedaleko od ušća Drave u Dunav na obje postaje zabilježeno je taloženje u iznosu od 2,5 cm (NVS-19 i NVS-20) (slike 4 - 6).

U Renovskom kanalu dominira taloženje pijeska i to idući od juga prema sjeveru. Najveći iznos taloženja zabilježen je na mjernoj postaji NVS-18 i iznosi 8,2 cm (slike 4 - 6). U Crnoj bari zabilježena je nešto veća erozija, na mjernoj postaji NVS-17, 4,2 cm, dok u Renovskoj bari relativno malo taloženje mulja (1 cm na mjernoj postaji NVS-13) (slike 4 - 6).

#### 4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

U periodu od 1.1.2021. do 31.12.2021. godine u području PPKR, u sklopu Naturavita projekta Istraživanje i praćenje recentne sedimentacije u području Parka prirode Kopački rit obavljeno je postavljanje opažačke mreže, te dvije etape očitavanja recentnog taloženja i erozije. Postavljeno je 50 mjernih postaja recentnog taloženja/erozije u svim tipovima taložnih okoliša u PPKR.

Rezultati mjerenja recentnog taloženja i erozije ukazuju na povećano taloženje u većini dijelova PPKR s maksimumom u Kopačkom jezeru koji iznosi 16,5 cm u vremenskom periodu od devet mjeseci. Ako se pogleda bilanca nanosa na svim mjernim postajama, kumulativna količina nanosa iznosi 14,05 cm, što ukazuje na veće taloženje u odnosu na eroziju. Srednja vrijednost i median izmjerenih podataka sa svih mjernih postaja su pozitivne i iznose 0,28 i 0,3 cm što potvrđuje da je ukupno više naqnosna istaloženo nego erodirano. To je opće vidljivo i na dijagramu raspodjele učestalosti taloženja i erozije koji dobrim dijelom prate normalnu krivulju (slika 5) te je najveći broj vrijednosti taloženja i erozije na mjernim postajama između -2 cm (erozija) i 2 cm (taloženje). Rezultati koji su dobiveni u istraživanju Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta od 28.9.2009. do 9.5.2011. iznose 2 mm u području Semenče te 5 mm i 17,5 mm istaloženog nanosa u Kopačkom jezeru. Daljnje nakupljanje nanosa na ključnim točkama može izrazito nepovoljno utjecati i na turističku i gospodarsku aktivnost PPKR, naročito izletima s brodom kojem se na taj način uveliko smanjuje mogućnost plovidbe. Također, ovako izraženo recentno taloženje dovodi do vidljivih morfoloških promjena koje dovode do potencijalnog smanjenja retencijskog kapaciteta poplavnog područja te na smanjenje bioraznolikosti područja.

Iako je vremenski raspon provedenih mjerenja kratak, te ovaj rad predstavlja prve rezultate mjerenja taloženja i erozije, rezultati ukazuju da je vrijednost recentnog taloženja značajno veća od očekivane te

je potrebno intenzivirati istraživanja i monitoring recentnog taloženja, s ciljem definiranja prostorno-vremenske raspodjele sedimentacije i erozije u odnosu na vodostaje Dunava i Drave. Detaljnim monitoringom na ključnim mjestima koja su već vidljiva i iz ovih preliminarnih rezultata, potrebno je detaljnije pokriti opažačkom mrežom te pratiti količinu nanosa i njegovu prostornu raspodjelu. Kroz projekt Naturavita, monitoring će se odvijati do kraja 2023. godine, ali bi od velike važnosti bilo nastaviti monitoring i nakon tog perioda. Rezultat ovakvih kompleksnih istraživanja trebala bi biti vremenska karta taloženja/erozije koja bi predstavljala temelj za sanacijske radove i održavanje prihvatljive količine sedimenta koja bi za okoliš bila bezopasna. Razlog tome je što kada količina sedimenta prijeđe neku kritičnu vrijednost, sanacija i održavanje postaju ekonomski izuzetno skupi i za okoliš upitno prihvatljivi. Ovakav pristup upravljanju okolišem dovest će i do poboljšanja stanja voda i stanišnih uvjeta. Takvim pristupom, navedeni procesi mogli bi se prognozirati u budućnosti što bi predstavljalo znanstveno utemeljenu podlogu za održivo gospodarenje Parkom prirode Kopački rit.

#### ZAHVALA

Provedena istraživanja financirana su iz projekta Hrvatskih voda: Razminiranje, obnova i zaštita šuma i šumskog zemljišta u zaštićenim i Natura 2000 područjima u dunavsko-dravskoj regiji – NATURAVITA - Monitoring stanja voda, podzemnih voda, recentne sedimentacije, staništa i faune – GRUPA 6: Istraživanje i praćenje recentne sedimentacije u području Parka prirode Kopački rit.

Autori rada posebno se zahvaljuju djelatnicima Hrvatskih voda i Parka prirode Kopački rit na iznimnoj stručnoj i logističkoj podršci bez kojih projekt ne bi bilo moguće realizirati. Također zahvaljujemo gospodinu Hrvoju Čuljku na nesebičnoj pomoći prilikom pripreme terenskih istraživanja. ■

#### LITERATURA

- Appleby, P.G., 2001. Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M., Smol, J.P. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Volume 1: Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques*, pp. 171–203.
- Appleby, P.G., Oldfield, F., 1978. The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported 210pb to the sediment. *CATENA* 5 (1), 1–8.
- Blanchemain, A., Grizeau, D., 1999. Increased production of eicosa- pentaenoic.
- Appleby, P.G., Oldfield, F., 1992. . Application of 210Pb to sedimentation studies. In: Ivanovich, M., Harmon, R.S. (Eds.), *Uranium-Series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine & Environmental Sciences*. Oxford University Press, Oxford, pp. 731–778.
- Bowen, M. W., & Johnson, W. C. (2017). Anthropogenically accelerated sediment accumulation within playa wetlands as a result of land cover change on the High Plains of the central United States. *Geomorphology*. 294(1), 135–145.
- Brivio, P. A., & Zilioli, E. (2014). Assessing wetland changes in the Venice Lagoon by means of satellite remote sensing data. *Journal of Coastal Conservation*, 2(1), 23–32
- Dinis, J. L., Henriques, V., Freitas, M. C., Andrade, C., & Costa, P. (2006). Natural to anthropogenic



- forcing in the Holocene evolution of three coastal lagoons (Caldas da Rainha valley, western Portugal). *Quaternary International*, 150(1), 41–51.
- Dragičević, I., Pavelić, D., Mayer, D. i Vranjković, A. (2011): Praćenje recentne sedimentacije u području Parka prirode Kopački rit. Izvješće o provedenim istraživanjima. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Duić, Ž i Briški, M (2010): Učinak geoloških struktura na hidrogeološke značajke kvartarnih naslaga u Baranji. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. Vol 22. str. 1-9, 2010, Zagreb.
- Karim, M., Maanan, M., Maanan, M., Rhinane, H., Rueff, H. (2018): Assessment of water body change and sedimentation rate in Moulay Bouselham wetland, Morocco, using geospatial technologies. *International Journal of Sediment Research*, 2018, ff10.1016/j.ijsrc.2018.08.007ff. fffhal-01866182ff
- Luo, H. R., Smith, L. M., Allen, B. L., & Haukos, D. A. (1997). Effects of sedimentation on playa wetland volume. *Ecological Applications*, 7(1), 247–252.
- Magaš, N. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Osijek L34–86. Geološki zavod, Zagreb (1981–1987), Savezni geološki Institut, Beograd.
- Magaš, N. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za List Osijek L34–86. Geološki zavod, Zagreb (1986), Savezni geološki Institut, Beograd.
- Mayer, D. (2008): Geološki, hidrološki, hidrogeološki i geomorfološki, uvjeti postanka i opstanka Kopačkog Rita. *Park Prirode Kopački Rit*.
- Munyati, C. (2000). Wetland change detection on the Kafue Flats, Zambia, by classification of a multitemporal remote sensing image dataset. *International Journal of Remote Sensing*, 21(9), 1787–1806.
- Ozesmi, S. L., & Bauer, M. E. (2002). Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10(5), 381–402
- Pavičić, I., Duić, Ž., Šipek, S., I., Tot, I., Sitar, S., Pavelić, D. Postavljanje mreže opažanja za mjerenje brzine sedimentacije u području Parka prirode „Kopački rit“ u sklopu projekta „Naturavita“, Kopački rit Jučer, danas, sutra 2021.10 simpozij s međunarodnim sudjelovanjem, Osijek, 2021
- Pavičić, I., Duić, Ž., Vučković, I., Tot, I., Pavlin, I., Pavelić, D. (2022): Preliminarni rezultati mjerenja brzine sedimentacije u području Parka prirode „Kopački rit“ u sklopu projekta Naturavita. Kopački rit Jučer, Danas, sutra 2022. 11 simpozij s međunarodnim sudjelovanjem. Osijek, 2022
- Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., Pérez-Ruzafa, I. M., & Pérez-Marcos, M. (2013). Are coastal lagoons physically or biologically controlled ecosystems? Revisiting r vs. K strategies in coastal lagoons and estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 132, 17–33
- Rebello, L. M., Finlayson, C. M., & Nagabhatla, N. (2009). Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. *Journal of Environmental Management*, 90(7), 2144–2153.
- Sanchez-Cabeza, J.A., Ruiz-Fernández, A.C., 2012. 210Pb sediment radiochronology: an integrated formulation and classification of dating models. *Geochim. Cosmochim. Acta* 82, 183–200.
- Tadić, L., Bonacci, O., Dadić, T. (2014): Dynamics of the Kopački Rit (Croatia) wetland floodplain water regime. *Environ. Earth Sci* (2014) 71:3559–3570, DOI 10.1007/s12665-013-2747-7
- Tsai, J.-S., Venne, L. S., McMurry, S. T., & Smith, L. M. (2010). Vegetation and land use impact on water loss rate in playas of the southern high plains, USA. *Wetlands*, 30(6), 1107–1116.
- Urumović, K. (sr), Duić, Ž. i Prelogović, E. (2003): Hidrogeološki uvjeti oblikovanja Kopačkog rita. *Hrvatske vode u 21. stoljeću*, Zbornik radova, Gereš Dragutin (ur.) 131–141, Osijek.
- Wren, D.G., Taylor, J.M., Rigby, J.R., Locke, M.A., Yasarer, L. (2019): Short term sediment accumulation rates reveal seasonal time lags between sediment delivery and deposition in an oxbow lake. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 281, 92–99. <https://www.tableau.com/> pristupljeno 6.1.2021.

## FIRST RESULTS OF RECENT SEDIMENT DEPOSITION MONITORING IN THE NATURE PARK KOPAČKI RIT

**Abstract.** The Nature Park Kopački Rit is one of the largest fluvial wetlands areas in Europe. Due to the evident trend of a decrease in wetlands and water surfaces, i.e. sediment retention in the Kopački Rit area, a network of monitoring stations for recent sediment deposition was conceived and established, consisting of 50 monitoring stations in canals, side channels, ponds and swamps, in order to quantify these processes. The monitoring results of the recent sediment deposition and erosion indicate increased sediment deposition in most parts of the Nature Park, with a maximum of 16.5 cm in Kopačko Lake in the period of only nine months. This alarming situation requires intensified monitoring of the recent sediment deposition with a purpose of

defining the spatial and temporal distribution of sediment deposition and erosion in the Nature Park Kopački Rit. Detailed monitoring, analyses of all available data and modern analytical methods are needed for future forecasts and establishment of a scientific basis for sustainable management of Nature Park Kopački Rit.

**Key words:** sediment deposition, erosion, spatial distribution, Kopački Rit

## ERSTE RESULTATE DER VERFOLGUNG DER REZENTEN SEDIMENTIERUNG IM GEBIET DES NATURPARKS KOPAČKI RIT

**Zusammenfassung.** Das Gebiet des Naturparks Kopački rit (NPKR) ist eine der größten Fluvial-Sumpfebenen in Europa. Aufgrund des sichtbaren Trends der Verkleinerung von Sumpf- und Wasserflächen beziehungsweise Sedimentierung im Gebiet von Kopački rit wurde ein Netz von Beobachtungsposten erdacht und aufgebaut, um die Sedimentierungsprozesse zu quantifizieren. Insgesamt 50 Messungsposten wurden in Kanälen, Flussarmen, Teichen und Sümpfen aufgebaut. Die Messresultate der rezenten Sedimentierung und Erosion zeigen einen größeren Bodensatz in den meisten Teilen des NPKR, mit einem Maximum von 16,5 cm im Teich Kopačko jezero innerhalb von nur neun Monaten. Solche Resultate weisen darauf hin, dass die Situation im Gebiet des NPKR alarmierend ist und dass das Monitoring der rezenten Sedimentierung intensiviert werden muss, mit dem Ziel Sedimentierung und Erosion im Naturpark Kopački rit durch Raum und Zeit zu definieren. Durch detailliertes Monitoring sowie die Analyse aller anderen verfügbaren Daten, durch moderne analytische Methoden, könnten die angeführten Prozesse in Zukunft vorhergesagt werden, was eine wissenschaftlich basierte Grundlage für eine nachhaltige Verwaltung des Naturparks Kopački rit ist.

**Schlüsselwörter:** Sedimentierung, Erosion, räumliche Aufteilung, Kopački rit