

VREDNOTENJE IZOBRAŽEVALNEGA POTENCIALA GEODIVERZITETE NA PRIMERU CERKNIŠKEGA POLJA

dr. Uroš Stepišnik, dr. Mojca Ilc Klun, dr. Blaž Repe

Oddelek za geografijo, Univerza v Ljubljani

Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: uros.stepisnik@ff.uni-lj.si, mojca.ilc@ff.uni-lj.si, blaz.repe@ff.uni-lj.si



Izvirni znanstveni članek

COBISS 1.01

DOI: 10.4312/dela.47.1.5-39

Izvleček

Koncept geodiverzitete obstaja že več kot 20 let. Večina metod vrednotenja geodiverzite se uporablja za ugotavljanje geokonzervatorskega ali geoturističnega potenciala. Metode, s katerimi bi lahko vrednotili izobraževalni potencial geodiverzite, so zelo redke. Glavni cilj našega članka je podati novo metodo vrednotenja geodiverzite za določanje izobraževalnega potenciala proučevanega območja. Metoda je uporabna za učne namene, ko učitelji načrtujejo organizacijo strokovnih ekskurzij ali terenskega dela.

Ključne besede: geodiverziteteta, varstvo narave, izobraževanje, ekskurzija, Cerknško polje

I UVOD

Vrednotenje geodiverzite obsega celo vrsto metod, s katerimi določimo vrednosti določenih območij z vidika pomembnosti in pestrosti abiotskih elementov narave (Panizza, Piacente, 1993; Pereira, Pereira, Caetano Alves, 2007; Reynard in sod., 2007; Zouros, 2007; Reynard, 2009; Erhartič, 2012). Te metode uporabljamo predvsem za prepoznavanje potencialnih naravnih vrednot ali drugih potreb po ohranjanju narave in identifikacijo območij, primernih za geoturistične potrebe (Panizza, Piacente, 1993; Pereira in sod., 2007; Reynard, Coratza, 2007; Zouros, 2007; Erhartič, 2012; Gray, 2013). Avtorji poudarjamo, da je vrednotenje geodiverzite za izobraževalne namene prav tako pomembno (Gray, 2013), vendar se do sedaj objavljeni znanstveni članki niso osredotočili na to tematiko.

Glavni namen članka je izdelava in evalvacija metode za vrednotenje geodiverzite za izobraževalne namene. Celoten postopek vrednotenja bo potekal v dveh fazah. V prvi fazi bomo identificirali območja z visokim indeksom geodiverzite. Ta območja so zaradi večje pestrosti okolja ustrežnejša za izobraževalne namene. Druga faza bo vključevala

identifikacijo dodanih vrednosti območij, za katera smo ugotovili, da imajo večjo stopnjo geodiverzitete. Dodano vrednost bomo določili na osnovi elementov, ki so pomembni v procesu organizacije izobraževalne ekskurzije ali terenskega dela. Metodo smo preizkusili na območju Cerkniškega polja v Sloveniji. Območje je zaradi svoje dostopnosti in velike pestrosti kraških oblik že dokaj uveljavljena destinacija za organizacijo ekskurzij.

Za doseg osnovnega namena raziskave smo si postavili naslednje cilje: (1) identifikacija in izračun indeksa geodiverzitete na proučevanem območju, (2) določevanje dodanih vrednosti na območjih, ki imajo večji indeks geodiverzitete, in (3) ovrednotiti izobraževalni potencial teh območij.

2 GEODIVERZITETA IN IZOBRAŽEVANJE

Različni avtorji (Wilson, Doyle, 1994; Bennett, Doyle, 1997; Doyle, Bennett, 1998) prepoznava več vrst vrednosti fizičnega okolja. Po njihovem mnenju naj bi imela geodiverziteta različne vrednosti, med njimi intrinzično vrednost, kulturno vrednost, estetsko vrednost, ekonomsko vrednost in raziskovalno ter izobraževalno vrednost (Gray, 2013). Po mnenju Graya (2013) pa je ena izmed najpomembnejših vrednosti geodiverzitete ravno izobraževalna vrednost. To pa zato, ker naj bi nam naravno okolje omogočalo, da se učimo o naravnih procesih, zgodovini Zemlje in spremljamo okolje.

V slovenskem izobraževalnem sistemu mora vsaka šola zagotoviti vsaj eno geografsko ekskurzijo na leto (Učni načrt, 2011). Eden izmed ciljev ekskurzije je tudi poučevanje o naravni in kulturni pokrajini, zato naj učitelj med ekskurzijo skupaj z učenci izvaja različne terenske tehnike za poglobljanje učenčevega znanja in razumevanja naravnih in družbenih procesov. Med pripravo ekskurzije je ena izmed pomembnejših nalog učitelja geografije izbor primerne lokacije, kjer je veliko različnih reliefnih oblik in procesov. Ravno zato je vrednotenje izobraževalnega potenciala geodiverzitete pomembno orodje, s katerim lahko učitelj določi območje, ki je najbolj primerno za izvedbo ekskurzije.

3 PROUČEVANO OBMOČJE: CERKNIŠKO POLJE

Ena od najbolj znanih in najbolj raziskanih kraških oblik v Sloveniji je Cerkniško polje. Nahaja se v porečju Ljubljane med Loškim in Rakovško-Unškim poljem. Proti severovzhodu meji na pobočje Slivnice, proti jugu in jugozahodu pa na Javornike. Celotno območje polja je geološko zelo raznoliko. Zahodna, južna in vzhodna pobočja polja gradijo jurski in kredni apnenci z vmesnimi plastmi jurskih in triasnih dolomitov. Dno polja pokrivajo kvartarni sedimenti, z izjemo štirih osamelcev. Najpomembnejša geološka struktura, ob kateri je nastalo polje, je Idrijski prelom, ki seka polje v smeri SZ–JV (Pleničar, 1963).

Cerkniško polje je izjemno pestro s hidrološkega in geomorfološkega vidika. Tik pod južnimi in vzhodnimi pobočji je mnogo kraških izvirov, od koder prihaja na površje cela vrsta potokov. Najpomembnejši površinski tokovi tega območja so Stržen, Šteberščica in Žerovniščica. Na območjih njihovih izvirov se nahajajo zatrepne doline. Na južnem delu polja, ki se imenuje Zadnji kraj, je skupina estavel, ki izmenično delujejo kot izviri

Slika 1: Osrednji del Cerkniškega polja ob nizkem vodostaju presihajočega jezera v bližini ponikev Rešeto (foto: Uroš Stepišnik).



in kot ponori. S severne strani, ki jo gradijo predvsem dolomiti, priteka površinski tok Cerkniščice. V osrednjem delu polja so številne ponikve, kamor odtekajo jezerske vode in različni potoki. Največji ponikvi sta Rešeto in Vodonos, ki se nahajata južno od Dolenjega Jezera. Pod zahodnimi pobočji se nahaja neizrazita slepa dolina. Številni ponori iz polja se nahajajo v njej. Največja ponora predstavljata vhoda v jami Velika in Mala Karlovica. Po hidrološki tipizaciji polj (Gams, 1978) lahko Cerkniško polje opredelimo kot prelivno polje, zaradi kraških pritokov, in kot robno polje, zaradi površinskih pritokov na polje s severa.

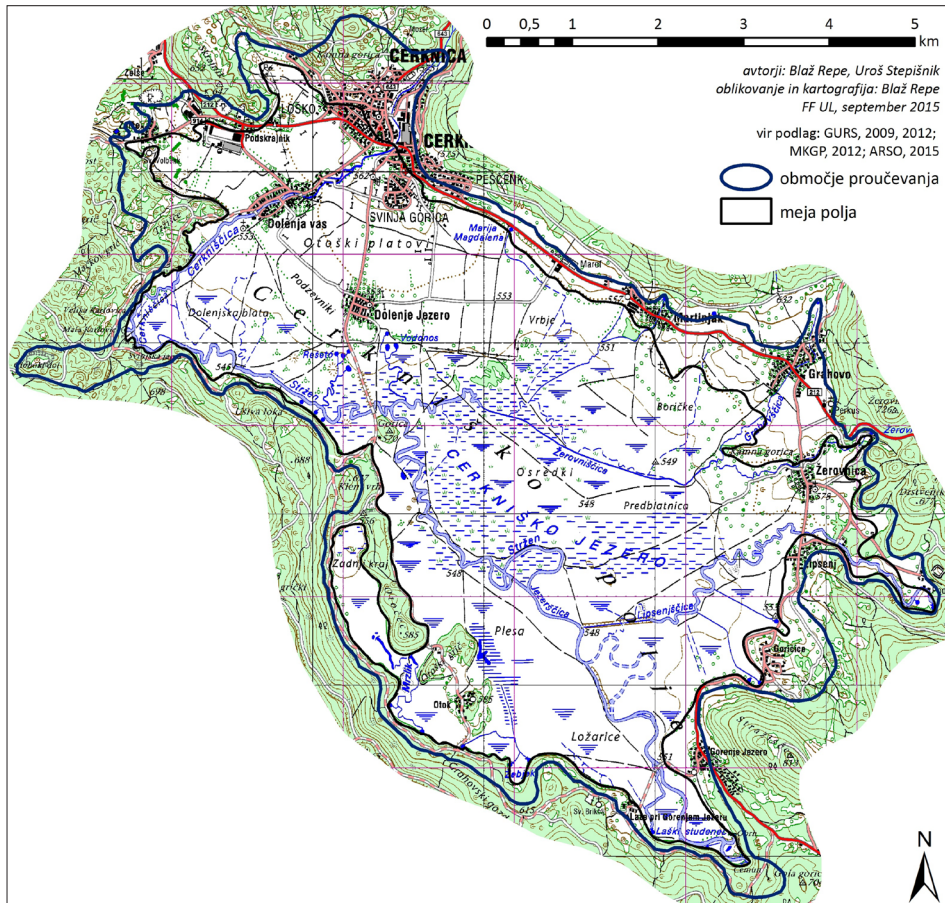
4 MATERIALI IN METODE

4.1 Identifikacija območij z visokim indeksom geodiverzitete

Vrednotenje geodiverzitete Cerkniškega polja smo izvedli z različnimi GIS orodji, predvsem s kvantitativnimi analizami površja. Glavni razlog je čim večje izogibanje subjektivnosti ocenjevanja, kot je to v mnogih primerih vrednotenja geodiverzitete (Erhartič, 2012). Osnovni namen izračuna je bil pridobiti rezultate, ki so kar najmanj odvisni od samega ocenjevalca. Zato je izračun indeksa geodiverzitete, kot sta ga predlagala Serrano in Ruiz-Flaño (2009; 2007), potekal po naslednjih korakih.

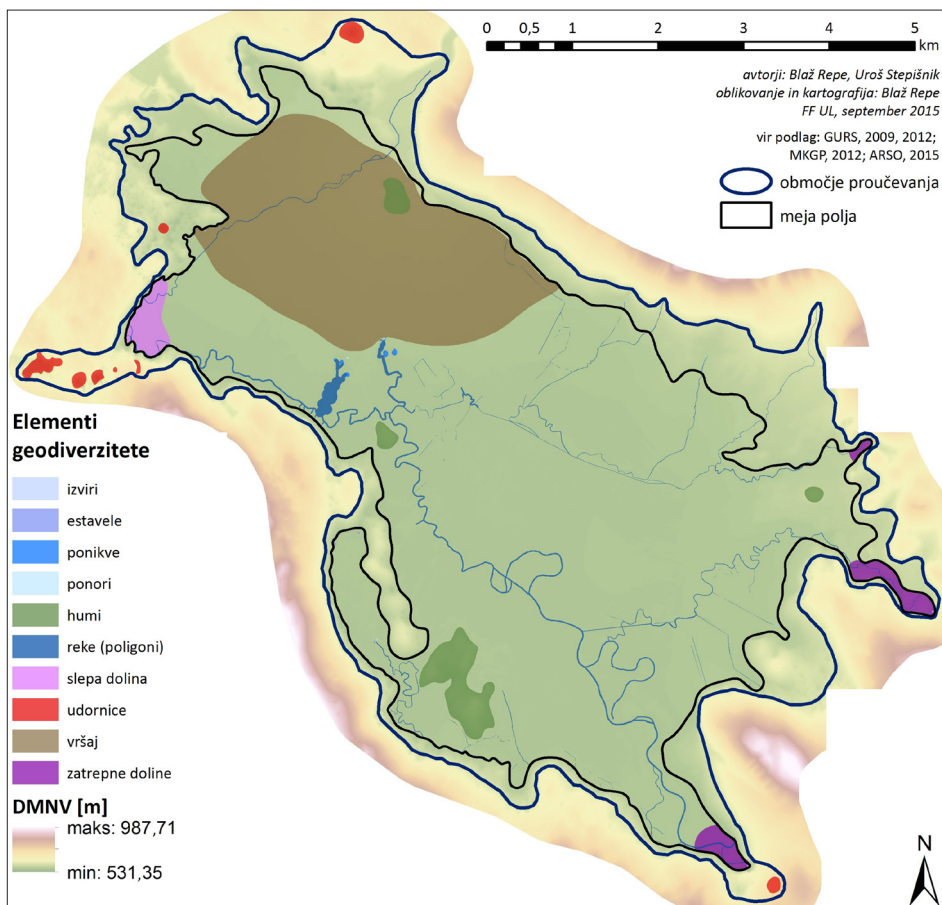
Proučevano območje velikosti 45,97 km² obsega celotno Cerkniško polje s presihajočim Cerkniškim jezerom in bližnjo okolico. Najpomembnejši podatkovni sloj je bil rastrski model nadmorskih višin (natančnost 1x1 m), izdelan na podlagi LiDARsko zajetih talnih točk. V pomoč pri prepoznavanju površinskih oblik kot elementov

Slika 2: Pregledni zemljevid proučevanega območja.



geodiverzitetę smo uporabili digitalne ortofoto posnetke in topografske načrte in karte (1:5.000, 1:25.000, 1:50.000). Identificirane površinske oblike smo popravili in dopolnili v okviru terenskega kartiranja. S tem postopkom smo prepoznali 137 površinskih oblik nežive narave oziroma elementov geodiverzitetę: kraške izvire (19), estavele (3), ponikve (5), ponore (10), hume (4), površinske tokove (82), slepo dolino (1), udornice (8), vršaj (1), zatrepne doline (3) in Cerkniško polje skupaj s presihajočim jezerom. Glede na prostorski obseg oblik smo nekatere med njimi identificirali kot točke (izvire, ponore itd.), nekatere kot linije (površinske tokove) in nekatere kot poligone (doline, vršaj itd.). Vse oblike so bile nato avtomatsko pretvorjene (prirejanje pasov (*buffering*) površinskim tokovom, izviro, estavelam itd.) ali ročno digitalizirane (ponikve, ponore itd.) v poligone s skupno površino 35 km².

Slika 3: Elementi geodiverzitet na proučevanem območju z LiDARskim digitalnim modelom nadmorskih višin.



Naslednji korak je vključeval izračun posameznih parametrov enačbe (enačba 1), ki sta jih podala Serrano in Ruiz-Flaño (2009):

(Enačba 1)

$$Gd = \frac{Eg \cdot R}{Ln S}$$

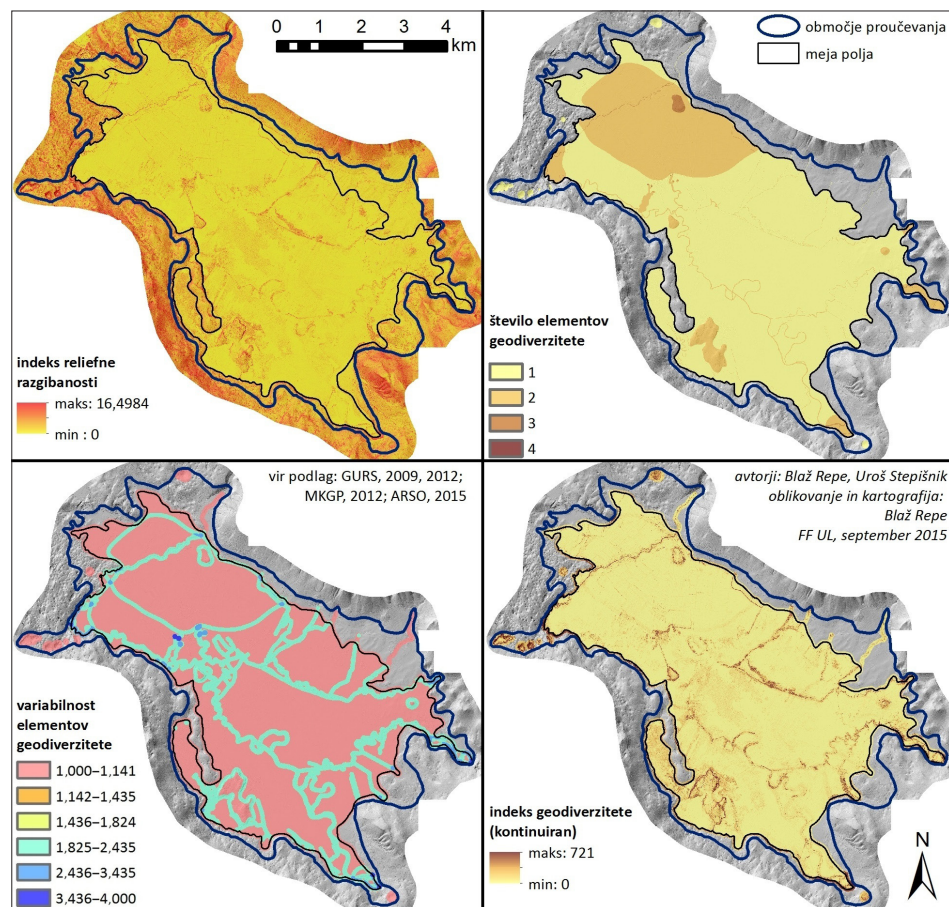
kjer je Gd = indeks geodiverzitet; Eg = število različnih elementov geodiverzitet; R = koeficient razgibanosti; S = površina enote (km^2); Ln = naravni logaritem.

Parameter Eg smo pridobili s seštevkom različnih elementov geodiverzitet. Koeficient hrapavosti površja (R) vključuje raznovrstnost orientacije in naklona pobočij.

Rezultat je polkvantitativna merska lestvica, ki omogoča oblikovanje pet različnih vrednosti geodiverzitet od zelo nizke do zelo visoke za vsako homogeno enoto (Serrano, Ruiz-Flaño, 2007). Najvišje vrednosti indeksa geodiverzitet lahko opredelimo kot vroče točke geodiverzitet, ki lahko največ doprinesejo k izobraževalni uporabi območja.

Za indeks hrapavosti površja (R) smo uporabili *indeks reliefne razgibanosti* (ang.: *Terrain Ruggedness Index; TRI*) (Blaszczynski, 1997; Riley, DeGloria, Elliot, 1999). Indeks reliefne razgibanosti je mera, ki podaja različnosti nadmorskih višin med okoliškimi rastrskimi celicami v digitalnem modelu nadmorskih višin (Riley, DeGloria, Elliot, 1999; Conrad, 2010; Evans, 2015). Sledila je fokalna metoda analize sosedstva v GIS orodjih, s katero smo ugotovili število različnih elementov geodiverzitet, ki prekrivajo oziroma

Slika 4: Indeks reliefne razgibanosti (zgoraj levo), število elementov geodiverzitet (zgoraj desno), variabilnost elementov geodiverzitet (spodaj levo) in rastrski indeks geodiverzitet (spodaj desno).



ležijo na celici velikost 1x1 m. Iz izračunanih parametrov Eg in R , ki smo jih standardizirali s površino osnovne celice, smo izračunali zvezni rastrski sloj indeksa geodiverzitete (Gd).

Kontinuiran rastrski prikaz zelo natančno opredeljuje geodiverziteto in je primeren za nadaljnje analize. Kljub vsemu je bil naš cilj dobiti čimbolj zaokrožena jasno opredeljena območja indeksa geodiverzitete. Zato smo v zadnjem koraku opravili naslednje pretvorbe kontinuiranega rastrskega površja indeksa geodiverzitete (Gd): glajenje ostrih skokov, združevanje podobnih vrednosti in z generalizacijo dobljenih rezultatov, kjer so imele večje zaključene enote prednost pred manjšimi in raztresenimi (slika 4).

4.2 Vrednotenje izobraževalnega potenciala geodiverzitete

Vrednotenje izobraževalnega potenciala geodiverzitete smo zasnovali na podlagi več kriterijev, ki so pomembni tako za organizacijo ekskurzije kot za njeno kvalitetno izvedbo; območje ekskurzije mora namreč biti dostopno in varno za vse udeležence, obenem pa mora biti tudi edukacijsko (vezano na vsebino učnega načrta). Zato smo v predlagano metodo vključili naslednjih sedem kriterijev: dostopnost, varnost, pokritost vsebine geodiverzitete z vsebino učnega načrta, medpredmetno povezovanje, vpetost območja v širši kontekst ekskurzije, terenske tehnike in učila.

Dostopnost (A) območja je eden izmed najpomembnejših kriterijev pri organizaciji ekskurzije. Prav tako pa je pri organizaciji ekskurzije pomembna *varnost* (S). Če območje ni varno, potem ekskurzije tam ne moremo izpeljati. *Pokritost vsebine geodiverzitete z vsebino učnega načrta* (GCG) je tretji kriterij, ki povezuje vsebino ekskurzije z vsebinami oziroma cilji učnega načrta. V našem primeru smo uporabili slovenska učna načrta za geografijo (Učni načrt, 2011). *Medpredmetno povezovanje* (CCI) je osnova sodobnega vzgojno-izobraževalnega procesa. Povečana vrednost izobraževalnega dela ekskurzije je tudi v tem, da povežemo predmet, pri katerem obravnavamo geografske vsebine, z vsebino drugih predmetov. V slovenskem izobraževalnem sistemu se geografske vsebine poučujejo v sklopu pouka geografije (Učni načrt, 2011). Zato smo v našem primeru ocenjevali možnost povezave predmeta geografija z učnimi načrti drugih šolskih predmetov v okviru ekskurzij. *Vpetost območja v širši kontekst ekskurzije* (IE) omogoča, da je vsebina ekskurzije širše zastavljena, kar je ključno za njeno kakovost. Za nekatere učence so namreč ekskurzije edini način, ko vidijo pokrajino zunaj njihovega domačega naselja ali regije; zato je nujno, da ekskurzijo načrtujemo v širšem kontekstu. *Izvajanje terenskih tehnik* (FT) med ekskurzijo je pomembna prednost, ki poveča izobraževalno vrednost ekskurzije. Na terenu lahko tako izvajamo naslednje terenske tehnike: merjenje lastnosti prsti (pH, barva, merjenje, risanje in preučevanje profila prsti itd.), merjenje lastnosti voda (T, hitrost, strmec, pH, barva itd.), merjenje geoloških značilnosti (vsebnost karbonatov v kamninah, vrste kamnin itd.), merjenje značilnosti reliefa (naklon, nadmorska višina itd.). *Učila* (TM) so naslednji pomemben kriterij načrtovanja ekskurzije. Dobro je namreč, da učila, ki jih lahko učitelj uporabi na ekskurziji, že obstajajo (priročniki za učitelja, učni listi, informacijske table na lokacijah itd.). Učitelji pogosto niso strokovnjaki s področja geografije, velikokrat pa tudi ne poznajo območja ekskurzije; zato so predhodno pripravljena učila zelo pomembna za uspešno organizacijo ekskurzije.

Vsak predlagani kriterij je ocenjen z vrednostmi od 0 do 1 (0 je najmanjša; 1 največja) (preglednica 1). Končni izobraževalni potencial območij z visokim indeksom geodiverzitet je opredeljen kot vrednost *izobraževalnega potenciala* (EP), ki je vsota vseh sedmih kriterijev:

$$EP = A + S + GCG + CCI + IE + FT + TM$$

Majhni izobraževalni potencial pomeni, da območje ni primerno za izvedbo ekskurzije. Na drugi strani pa visok izobraževalni potencial kaže na to, da je območje primerno za organizacijo kvalitetne ekskurzije (preglednica 2).

Preglednica 1: Vrednost izobraževalnega potenciala območja za izvedbo ekskurzije.

Vrednost	Opredelitev izobraževalnega potenciala območja
0	Območje je popolnoma neprimerno.
1	Območje je neprimerno.
2	Območje je pogojno primerno.
3	Območje je manj primerno.
4	Območje je primerno.
5	Območje je bolj primerno.
6	Območje je zelo primerno
7	Območje je nadvse primerno.

Preglednica 2: Ocenjevalni obrazec za vrednotenje izobraževalnega potenciala območij z visoko stopnjo geodiverzitet.

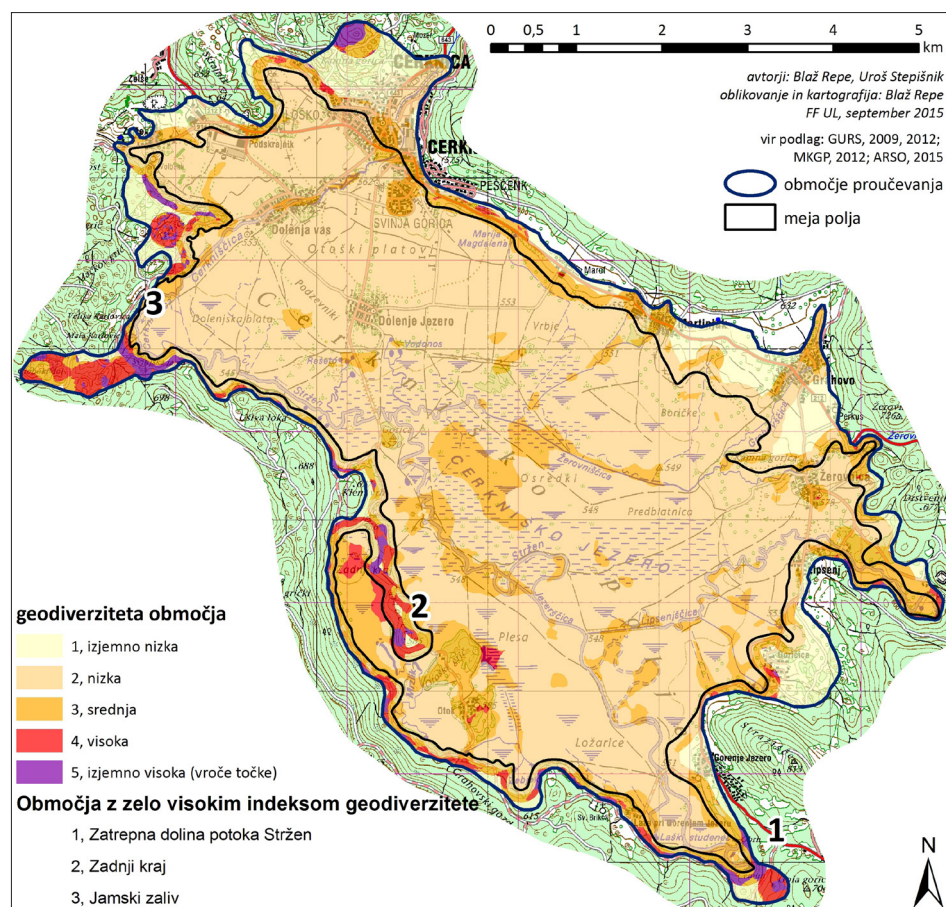
	KRITERIJ
A	DOSTOPNOST OBMOČJA
0	Ni dostopno.
0,25	Težko dostopno in samo peš.
0,50	Lahko dostopno, a samo peš.
0,75	Lahko dostopno, tudi z avtomobilom.
1	Lahko dostopno, tudi z avtobusom.
S	VARNOST
0	Celotno območje je nevarno.
0,25	Potrebna je pozornost. Nevarni deli niso zavarovani z ograjami ali opozorilnimi tablam.
0,5	Potrebna je dodatna pozornost. Nevarni predeli so delno zavarovani z ograjami.
0,75	Območje je v glavnem varno, na nekaterih delih je potrebna previdnost.
1	Celotno območje je varno.

	KRITERIJ
GCG	POKRITOST VSEBINE GEODIVERZITETE (GDC) Z VSEBINO UČNEGA NAČRTA ZA GEOGRAFIJO (GSC)
0	GDC območja ni pokrita z vsebinami GSC.
0,25	GDC območja je pokrita s 3 učnimi cilji GSC.
0,5	GDC območja je pokrita s 4–6 učnimi cilji GSC.
0,75	GDC območja je pokrita s 7–10 učnimi cilji GSC.
1	GDC območja je pokrita z vsaj 11 učnimi cilji GSC.
CCI	MEDPREDMETNO POVEZOVANJE Z DRUGIMI ŠOLSKIMI PREDMETI (SS)
0	GDC območja lahko povežemo z geografskim učnim načrtom.
0,25	GDC območja lahko povežemo z geografskim učnim načrtom in še enim SS.
0,5	GDC območja lahko povežemo z geografskim učnim načrtom in še dvema SS.
0,75	GDC območja lahko povežemo z geografskim učnim načrtom in še tremi SS.
1	GDC območja lahko povežemo z geografskim učnim načrtom in vsaj še štirimi SS.
IE	VPETOST OBMOČJA V ŠIRŠI KONTEKST EKSKURZIJE
0	Območje je zelo oddaljeno od drugih zanimivih točk.
0,25	Območje je zelo oddaljeno, a ga lahko povežemo z vsaj še eno zanimivo točko na poti.
0,5	Območje je zelo oddaljeno, a ga lahko povežemo z vsaj dvema zanimivima točkama na poti.
0,75	Območje lahko povežemo z vsaj tremi zanimivimi točkami na poti.
1	Območje z lahkoto povežemo z vsaj štirimi zanimivimi točkami na poti.
FT	TERENSKÉ TEHNIKE
0	Na terenu ni mogoče izvajati nobene šolske terenske tehnike.
0,25	Na terenu lahko izvedemo 1 šolsko terensko tehniko.
0,5	Na terenu lahko izvajamo 2 šolski terenski tehniki.
0,75	Na terenu lahko izvajamo 3 šolske terenske tehnike.
1	Na terenu lahko izvajamo vsaj 4 šolske terenske tehnike.
TM	UČILA (TM)
0	Za območje ne obstaja nobeno TM.
0,25	Obstaja eno že pripravljeno TM, a za širše območje.
0,5	Obstajata vsaj 2 pripravljene TM, a za širše območje.
0,75	Za to območje je pripravljeno eno TM.
1	Za to območje sta pripravljene vsaj dve TM.

5 IZOBRAŽEVALNI POTENCIAL OBMOČIJ CERKNIŠKEGA POLJA Z VISOKIM INDEKSEM GEODIVERZITETE

Na podlagi prilagojenega načina izračuna indeksa geodiverzitete (Serrano, Ruiz-Flaño, 2007; Serrano, Ruiz-Flaño, 2009) smo ugotovili stanje geodiverzitete na Cerkniškem polju. Na proučevanem območju Cerkniškega polja je 11 različnih identificiranih elementov geodiverzitete, ki jih je skupaj 137. Večina (87,6 %) jih je neposredno povezanih s kraškim sistemom periodičnega pojavljanja Cerkniškega jezera (potoki, izviri itd.), in zajemajo tudi največji del proučevanega območja (75,4 %). Hidrološki elementi se prekrivajo med seboj in tudi z drugimi elementi geodiverzitete. V tej raziskavi elementov

Slika 5: Območja homogenega indeksa geodiverzitete na proučevanem območju Cerkniškega polja.



geodiverzitete nismo vrednotili po pomenu, privlačnosti ali edinstvenosti, z namenom ohranitve objektivnosti metode in da bi se izognili subjektivnemu vplivu ocenjevalca ali lokalne skupnosti.

Najvišja vsota različnih elementov geodiverzitete na istem mestu je 4. Drugi element, ki opredeljuje rezultate, je hrapavost površja (*ruggedness*), ki predstavlja raznolikost površinskih elementov (geomorfoloških, hidroloških, pedoloških itd.) in je zelo nizka (Nunn, Puga, 2012). Razporejeni so na intervalu od 0 do 10,66, z jasno levo asimetrijo (preglednica 3). Rezultat ni presenetljiv, saj ima večji del polja (78,14 %) naklon pobočij manjši od 5°. Višinski razpon je prav tako zelo nizek, saj se razteza od 545,8 do 670,69 m nadmorske višine.

Končni indeks geodiverzitete, standardiziran z relativno velikim območjem proučevanja, zajema vrednosti od nič na robovih proučevanega območja do največ 721. Indeks *Gd* smo razvrstili v pet razredov od zelo nizke do zelo visoke (preglednica 3).

Preglednica 3: Območja (relativna in absolutna) homogenih enot indeksa geodiverzitete (Gd) znotraj Cerkniškega polja.

Gd	Površina [km ²]	%
1, zelo nizek	3,73	8,12
2, nizek	31,61	68,74
3, srednji	8,69	18,90
4, visok	1,34	2,91
5, zelo visok	0,61	1,33
Σ	45,97	100

Velika homogena območja z zelo visokim indeksom geodiverzitete skupaj z območji z visokim indeksom geodiverzitete se nahajajo na treh mestih na Cerkniškem polju. Prvo območje se nahaja na južni strani polja. Obsega zatrepno dolino, kjer se nahajata dva največja izvira Cemun in Obrh. V teh izvirihih izvira potok Stržen. Drugo območje se nahaja v osrednjem delu polja. Je omejeno na prostor Zadnjega kraja, kjer se prepletajo različni hidrološki in geomorfološki elementi. Tretje območje leži na severozahodni strani, kjer se združujejo različni ponori, udornice in ostali elementi geodiverzitete. To območje je obsežna slepa dolina, ki se imenuje Jamski zaliv.

5.1 Zatrepna dolina Stržena

Zatrepna dolina Stržena se nahaja na južnem delu polja. V dolini se nahaja cela vrsta kraških izvirov in površinskih vodotokov. V zaledju izvirov se nahaja tudi ena udornica.

Do območja lahko dostopamo po številnih pešpoteh; *dostopnost* (A) smo zato ovrednotili z 0,5. Območje je povsem varno, tudi za mlajše učence; zato smo *varnost območja* (S) ovrednotili z 1. *Pokritost vsebine geodiverzitete z vsebino učnega načrta* (GCG) smo

Slika 6: Potok Stržen z zatrepno dolino v ozadju (foto: Uroš Stepišnik).



ovrednotili z 1, saj lahko vsebino geodiverzitete območja povežemo z vsaj 11 učnimi cilji iz učnega načrta (Učni načrt, 2011).

Geografske učne vsebine lahko medpredmetno povežemo z vsebinami iz biologije in kemije na območju zatrepne doline. Kot rezultat tega smo kriterij *medpredmetno povezovanje* (CCI) ovrednotili z 0,5. Vzhodni del Cerkniškega polja je bogat v geomorfološkem in hidrološkem smislu, kot tudi v smislu kulturne dediščine območja. Zato smo *vpetost območja v širši kontekst ekskurzije* (IE) ocenili z 0,75. *Terenske tehnike* (FT) smo ocenili z 1, ker se lahko na območju izvajajo vsaj štiri različne terenske tehnike (npr. profili prsti, merjenje značilnosti prsti, merjenje značilnosti voda, proučevanje kamninske zgradbe s pomočjo geološke karte, analiziranje reliefnih značilnosti itd.). Na drugi strani pa je učil o tem območju malo. Kljub temu lahko najdemo nekaj člankov o zatrepnih dolinah, prav tako pa je na območju ena učno-informacijska tabla o lokalni geodiverziteti. Na podlagi tega smo kriterij *učila* (TM) ovrednotili z 0,75.

Preglednica 4: Izobraževalni potencial območja z visoko stopnjo indeksa geodiverzitete na območju Cerkniškega polja.

	Zatrejna dolina Stržena	Zadnji kraj	Jamski zaliv
Dostopnost (A)	0,5	0,25	0,25
Varnost (S)	1	0,25	0,75
Pokritost vsebine geodiverzitete z vsebino učnega načrta (GCG)	1	1	1
Medpredmetno povezovanje (CCI)	0,5	0,5	1
Vpetost območja v širši kontekst ekskurzije (IE)	0,75	0,5	0,75
Terenske tehnike (FT)	1	1	1
Učila (TM)	0,75	0	0,75
Izobraževalni potencial (EP)	5,5	3,5	5,5

Glede na zgoraj zapisane vrednosti kriterijev lahko zaključimo, da je *izobraževalni potencial* (EP) območja 5,5. Dobljena vrednost nakazuje, da je območje zatrepane doline Stržena bolj do zelo primerno za organizacijo ekskurzije.

5.2 Zadnji kraj

Zadnji kraj se nahaja na jugozahodnem robu polja, tik pod strmimi pobočji Javornikov. Območje spominja na globok zaliv, ki ga od osrednjega dela polja ločuje dolg polotok. Na tem območju je skupina hidroloških oblik, vključno z izviri, ponikvami in estavelami.

Območje je lahko dostopno po cesti, a so kljub temu elementi geodiverzitete območja, ki bi bili za ekskurzijo zanimivi, težko dostopni. Do njih namreč ne vodi nobena steza, območje je tudi zaraščeno z gostim rastjem, občasno pa je območje ojezerjeno, ko voda preplavi celo območje polja. Zato smo *dostopnost območja* (A) ocenili z 0,25, *varnost* (S) pa z 0,25, saj območje okoli ponikev in estavel ni zaščiteno z ograjami ali zaščitnimi znaki oziroma opozorili. To je lahko nevarno, zlasti za mlajše učence. *Pokritost vsebine geodiverzitete z vsebino učnega načrta* (GCG) smo ocenili z 1, saj lahko učno vsebino območja povežemo z vsaj 11 učnimi cilji iz učnega načrta za geografijo (Učni načrt, 2011).

Vsebinsko geodiverzitete območja lahko povežemo z vsaj dvema drugima šolskima predmetoma, in sicer z biologijo in kemijo. Zato smo kriterij *medpredmetno povezovanje* (CCI) ocenili z 0,5. Ekskurzijo v Zadnji kraj lahko povežemo z vsaj dvema drugima točkama na poti, zato smo, kljub temu, da je območje rahlo oddaljeno, ocenili *vpetost območja v širši kontekst ekskurzije* (IE) z 0,5. *Terenske tehnike* (FT) smo ocenili z 1, saj lahko na območju izvajamo vsaj štiri različne terenske tehnike (npr. izkop profila prsti, merjenje značilnosti prsti, merjenje značilnosti voda, proučevanje kamninske zgradbe s pomočjo geološke karte, analiziranje reliefnih značilnosti itd.). *Učila* (TM) pa smo ocenili z 0, saj

za območje ne obstaja nobeno učilo. Glede na omenjeno smo *izobraževalni potencial* (EP) območja ovrednotili s 3,5, kar pomeni, da je Zadnji kraj manj primeren do primeren za organizacijo ekskurzije.

5.3 Jamski zaliv

Območje Jamskega zaliva se nahaja v zahodnem delu polja. To je razširjena slepa dolina s skupino ponorov in udornicami v njihovem bližnjem zaledju.

Slika 7: Vhod v jamo Velika Karlovica na območju Zadnjega kraja (foto: Blaž Repe).



Do območja vodi urejena cesta, medtem ko so posamezni elementi geodiverzitet dostopni samo po gozdnih stezah. Te niso dobro označene, na nekaterih delih pa so tudi zaraščene, zato smo celotno *dostopnost* (A) območja ovrednotili z 0,25. Na splošno je območje varno, primerno za obisk tudi mlajših učencev, z izjemo nekaterih delov, ki pa se jim lahko ognemo. Kot rezultat je bila *varnost* (S) območja ocenjena z 0,75. Na območju lahko z učnimi vsebinami pokrijemo vsaj 11 učnih ciljev iz učnega načrta za geografijo, zato smo *pokritost vsebine geodiverzitet z vsebinami učnega načrta* (GCG) ovrednotili z 1 (Učni načrt, 2011).

Medpredmetno povezovanje (CCI) smo ovrednotili z 1, saj se lahko vsebina geodiverzitet na tem območju povezuje tudi z naslednjimi šolskimi predmeti: kemija, biologija,

slovenski jezik in zgodovina. Kljub temu, da je območje rahlo izolirano, ga lahko priključimo tudi nekaterim drugim vsebinskim točkam, zato je bila *vpetost območja v širši kontekst ekskurzije* (IE) ocenjena z 0,75. Na območju lahko izvajamo vsaj štiri *terenske tehnike* (FT) (npr. izkop profila prsti, merjenje značilnosti prsti, merjenje značilnosti voda, preučevanje kamninske zgradbe s pomočjo geološke karte, analiziranje reliefnih značilnosti ...), zato je bil ta kriterij ocenjen z 1. *Učila* (TM) smo ovrednotili z 0,75, ker za območje obstaja ena informacijska tabla in kar nekaj pisnih virov. Končna vrednost *izobraževalnega potenciala* (EP) območja je 5,5, kar pomeni, da je območje Jamskega zaliva bolj do zelo primerno za izvedbo ekskurzije.

6 ZAKLJUČKI

Opredelevanje, vrednotenje in identifikacija geodiverzitete pridobiva vse večji pomen v okviru ved o Zemlji (Gray, 2013; Melelli, 2014) zaradi potreb geokonzervatorstva, geoturizma ter iz izobraževalnega vidika. Uveljavljene metode vrednotenja geodiverzitete združujejo različne kriterije, ki se običajno delijo na znanstvene vrednosti elementov geodiverzitete in njihove dodane vrednosti (Pereira, Pereira, Caetano Alves, 2007; Reynard, Coratza, 2007; Zouros, 2007; Gray, 2013). Znanstvene vrednosti so osredotočene na vrednotenje osnovnih vrednosti elementov v smislu redkosti, reprezentativnosti, paleogeografske vrednosti itd. (Reynard, 2009). Dodane vrednosti se razlikujejo glede na namen vrednotenja geodiverzitete in ocenjujejo ohranjenost ter turistične ali izobraževalne vidike. Večina uveljavljenih metod vrednotenja geodiverzitete je namenjena geokonzervatorstvu in geoturizmu, medtem ko je izobraževalni vidik pogosto prezrt.

Nova metoda vrednotenja izobraževalnega potenciala območij z visokimi indeksi geodiverzitete, ki je predstavljena v tem članku, uporablja dvofazni pristop ocenjevanja. V prvi fazi ugotavljamo indeks geodiverzitete na posameznih delih območja. Območja z visokim indeksom so bolj primerna za izobraževalne namene. Na območju Cerkniškega polja so bila identificirana tri območja visokega indeksa geodiverzitete: zatrepna dolina Stržena, Zadnji kraj in Jamski zaliv. Presenetljivo je, da je zaradi objektivnosti metode iz območij z visoko vrednostjo geodiverzitete izpadlo območje okoli ponikev Rešeto in Vodonos, ki je trenutno najbolj priljubljeno območje za organizacijo ekskurzij na proučevanem območju.

Druga faza vrednotenja je opredelila dodano vrednost območij z visokimi indeksi geodiverzitete. Dodana vrednost je kombinacija meril, ki so ključnega pomena za organizacijo učinkovite in kakovostne ekskurzije. Merili, ki opredeljujeta osnovne standarde za organizacijo ekskurzije, sta dostopnost in varnost območij. Po drugi strani pa smo ocenili kakovost območij glede na vsebino učnih načrtov. Končna vrednost je bila izražena kot izobraževalni potencial območja.

Aplikacija vrednotenja izobraževalnega potenciala na treh izbranih območjih je pokazala, da je Zadnji kraj najmanj primeren za organizacijo ekskurzij. Zelo nizke vrednosti dostopa in varnosti nakazujejo, da območje ni primerno in ni varno za ekskurzije. Čeprav je območje primerno za predstavitev vsebine, opredeljene v učnih načrtih (Učni

načrt, 2011), ni na voljo učnih gradiv. Čeprav izkazuje zelo visok indeks geodiverzitet, je območje manj primerno za ekskurzije.

Obe drugi območji – zatrejna dolina Stržena in Jamski zaliv – izkazujeta enak izobraževalni potencial, ki je bil opredeljen kot visok do zelo visok. Ti dve območji nista lahko dostopni, saj so gozdne steze deloma zaraščene in niso dobro označene. Obe območji sta dokaj varni in zelo primerni za predstavitev različnih vsebin in izvedbo eksperimentov, povezanih z učnimi načrti (Učni načrt, 2011). O obeh območjih obstaja nekaj učnega gradiva, kar predstavlja prednost za učitelja pri pripravi ekskurzij. Malo truda lokalne skupnosti v obliki izboljšane dostopnosti, informacijskih tabel, markacij in dodatnih učnih gradiv bi bistveno izboljšalo njihov izobraževalni potencial. Kot rezultat bi lahko obe območji postali pomembni izobraževalni lokaciji.

Dvofazna metoda ocenjevanja izobraževalnega potenciala geodiverzitet se je izkazala za uporabno orodje za organizacijo terenskega dela in ekskurzij. To lahko pomaga učitelju pri ocenjevanju primernosti in izobraževalne možnosti posameznega območja, kjer planira organizacijo terenskega dela, kar nedvomno prispeva k boljši kakovosti ekskurzije.

Literatura in viri

- Bennett, M. R., Doyle, P., 1997. Environmental geology: geology and the human environment. New York, John Wiley and Sons Ltd., 512 str.
- Błaszczynski, J. S., 1997. Landform characterization with geographic information systems. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63, 2, str. 183–191.
- Conrad, O., 2010. Module Terrain Ruggedness Index (TRI); SAGA-GIS Module Library Documentation (v2.1.4).
- Doyle, P., Bennett, M. R., 1998. Earth heritage conservation: past, present and future agendas. V: Bennett, M. R., Doyle, P. (ur.). *Issues in environmental geology: A British perspective*. London, Geological Society, str. 41–67.
- Erhartič, B., 2012. Geomorfološka dediščina v Dolini Triglavskih jezer. Ljubljana, Založba ZRC, 187 str.
- Evans, J., 2015. Calculating topographic ruggedness index ArcGIS Desktop. URL: <http://gis.stackexchange.com/questions/6056/how-to-calculate-topographic-ruggedness-index-in-arcgis-desktop> (citirano 7. 9. 2015).
- Gams, I., 1978. The polje: the problem of definition: with special regard to the Dinaric karst. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 22, 2, str. 170–181.
- Gray, M., 2013. Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature. Chichester, Wiley-Blackwell, 508 str.
- Melelli, L., 2014. Geodiversity: a new quantitative index for natural protected areas enhancement. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 13, 1, str. 27–37.
- Nunn, N., Puga, D., 2012. Data and replication files for 'Ruggedness: The blessing of bad geography in Africa'. URL: <http://diegopuga.org/data/rugged/> (citirano 7. 9. 2015).
- Panizza, M., Piacente, S., 1993. Geomorphological assets evaluation. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 87, 1, str. 13–18.

- Pereira, P., Pereira, D., Caetano Alves, M. I., 2007. Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). *Geographica Helvetica*, 62, 3, str. 159–168. DOI: 10.5194/gh-62-159-2007.
- Pleničar, M., 1963. Tolmač za list Postojna, L 33-77. Ljubljana, Geološki zavod Ljubljana, 58 str.
- Reynard, E., 2009. Geomorphosites: definitions and characteristics. In: Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (ur.). *Geomorphosites*. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, str. 9–20.
- Reynard, E., Coratza, P., 2007. Geomorphosites and geodiversity: a new domain of research. *Geographica Helvetica*, 62, 3, str. 138–139. DOI: 10.5194/gh-62-138-2007.
- Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., Scapozza, C., 2007. A method for assessing “scientific” and “additional values” of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62, 3, str. 148–158. DOI: 10.5194/gh-62-148-2007.
- Riley, S. J., DeGloria, S. D., Elliot, R., 1999. A Terrain Ruggedness Index that quantifies topographic heterogeneity. *Intermountain Journal of Sciences*, 5, 1–4, str. 23–27.
- Serrano, E., Ruiz-Flaño, P., 2007. Geodiversity. A theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, 62, 3, str. 140–147. DOI: 10.5194/gh-62-140-2007.
- Serrano, E., Ruiz-Flaño, P., 2009. Geomorphosites and geodiversity. V: Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (ur.). *Geomorphosites*. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, str. 49–61.
- Učni načrt, Program osnovna šola, Geografija. 2011. URL: http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/os/prenovljeni_UN/UN_geografija.pdf (citirano 7. 9. 2016).
- Wilson, R. C. L., Doyle, P., 1994. Earth heritage conservation, Geological Society of London in association with the Open University, 272 str.
- Zouros, N. C., 2007. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece: case study of the Lesvos island – coastal geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62, 3, str. 169–180. DOI: 10.5194/gh-62-169-2007.

ASSESSMENT OF EDUCATIONAL POTENTIAL OF GEODIVERSITY ON EXAMPLE OF CERKNICA POLJE, SLOVENIA

Uroš Stepišnik, PhD., Mojca Ilc Klun, PhD., Blaž Repe, PhD.

Department of Geography, Faculty of Arts, University of Ljubljana

Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana

e-mail: uros.stepisnik@ff.uni-lj.si, mojca.ilc@ff.uni-lj.si, blaz.repe@ff.uni-lj.si

Original scientific article

COBISS 1.01

DOI: 10.4312/dela.47.1.5-39

Abstract

The concept of geodiversity has been present for more than 20 years. The majority of methods for valuing geodiversity is applied for evaluation of geoconservation or geotouristic potential. There is a deficiency of methods that could be used for evaluation of geodiversity and its educational potential. The aim of the paper is to propose a new method for valuing geodiversity for determining the educational potential of an area. The method can be utilized for teaching purposes at the stage when educators plan to organise excursions or fieldworks.

Keywords: geodiversity, nature protection, education, excursion, Cerknica polje

I INTRODUCTION

Geodiversity evaluation is a range of methods where values of specific areas are assessed in terms of importance and diversity of abiotic nature elements (Panizza, Piacente, 1993; Pereira, Pereira, Caetano Alves, 2007; Reynard et al., 2007; Zouros, 2007; Reynard, 2009; Erhartič, 2012). The methods are mostly used to identify potential natural values or other needs of nature conservation, and for identification of areas appropriate for geotouristic objectives (Panizza, Piacente, 1993; Pereira, Pereira, Caetano Alves, 2007; Reynard, Coratza, 2007; Zouros, 2007; Erhartič, 2012; Gray, 2013). Authors stress that it is important to value also geodiversity for educational purposes (Gray, 2013), but scientific articles published until now do not focus on the topics.

The main goal of the article is to develop and assess a method for valuing geodiversity for educational purposes. Full evaluation method will take place in two phases. The first phase will identify areas with a higher geodiversity index. Those areas are, due to higher landscape diversity, more suitable for educational purposes. The second phase

will include identifying the added value of selected areas that were recognised as having a greater degree of geodiversity. Added value will be defined by elements, which are important in the process of organizing an excursion or fieldwork. We tested the method at Cerknica Polje, Slovenia. The area is, due to its accessibility and enormous variety of karst phenomena, already a well-established destination for organized excursions.

To achieve the purpose of the study we set the following goals: (1) identification and calculation of geodiversity index in the research area, (2) assessment of additional values in the areas that have a higher geodiversity index, and (3) evaluation of educational potential of those areas.

2 GEODIVERSITY AND EDUCATION

Different authors (Wilson, Doyle, 1994; Bennett, Doyle, 1997; Doyle, Bennett, 1998) recognize several types of values of physical environment. They acknowledge that geodiversity has a variety of values, such as intrinsic value, cultural value, aesthetic value, economic value, and research and educational value (Gray, 2013). According to Gray (2013), one of the most important is the educational value of geodiversity. This is because the physical environment is enabling us to study natural processes, Earth history, and to monitor the environment.

In the Slovenian educational system, every school has to ensure at least one geographical excursion per year (Učni načrt, 2011). One of the aims of the excursions is to teach about natural and cultural landscape; therefore, a teacher has to use different fieldwork techniques in order to expand student's knowledge and understanding of the physical and social processes. When preparing the excursion, an important task for a geography teacher is to select an appropriate site, with variety of landforms and processes. For that reason, evaluation of geodiversity for educational purposes is an important tool for identifying appropriate areas for organizing excursions.

3 THE STUDY AREA: CERKNICA POLJE

One of the most recognized and most studied karst phenomena in Slovenia is Cerknica Polje. It is positioned in the Ljubljanica River basin in-between Loško Polje and Rakovško-Unško Polje. Towards the northeast it is bound by the Slivnica Mountain, towards the south and southwest by the Javorniki Mountains. The whole area of the polje is quite diverse from the geologic perspective. Western, southern, and eastern slopes of the polje are built of Jurassic and Cretaceous limestone combined by narrow stripes of Jurassic and Triassic dolostone. The floor of the polje is covered by Quaternary deposits, with the exception of four residual hills. The most dominant geologic structure along which the polje was formed is the Idrija Fault, which is dissecting the polje in NW-SE direction (Pleničar, 1963).

There is a remarkable diversity of Cerknica Polje in hydrologic and geomorphologic terms. Just beneath the southern and eastern slopes is a range of karst springs, from which a number of streams emerge to the surface. The most important streams that surface in those areas of the polje are Stržen, Šteberščica, and Žerovniščica. In the areas of their

Figure 1: The middle section of Cerknica Polje with a low level intermittent lake around the Rešeto swallow hole (photo: Uroš Stepišnik).



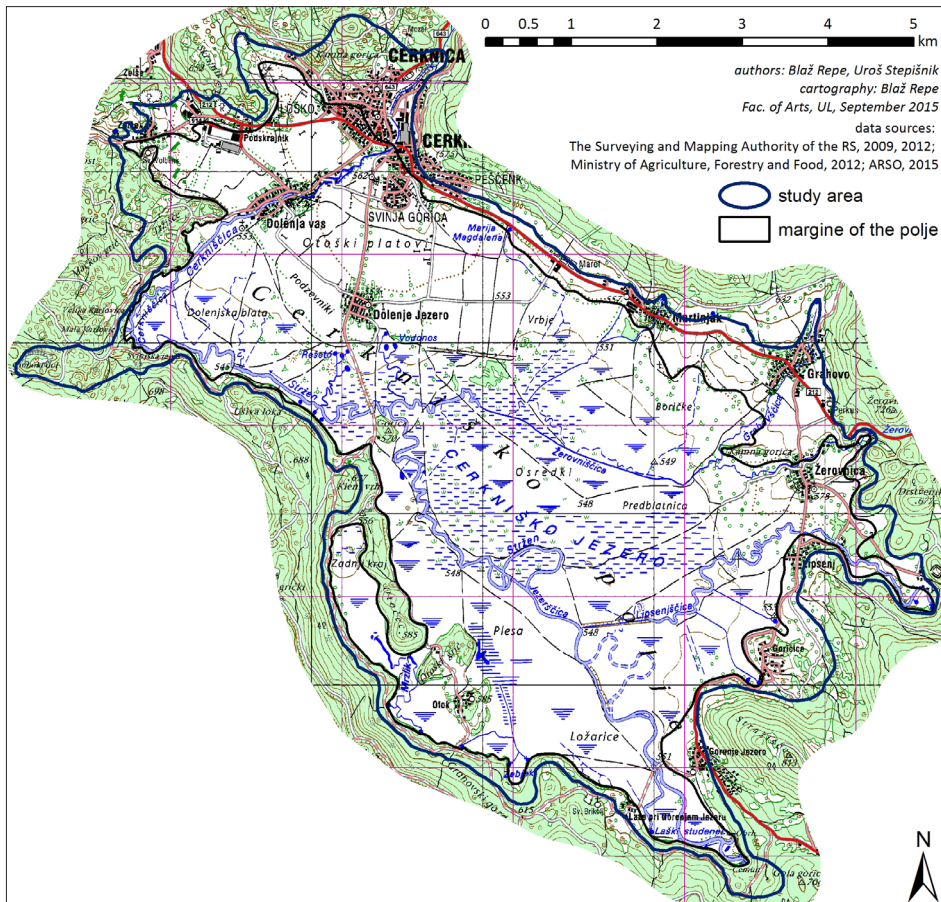
springs, steephead valleys are located. The southern section of the polje, which is named Zadnji Kraj, is hosting a group of estavelles that have interchanging functions as springs or as ponors. From the northern side, which is composed mainly of dolostone, a surface stream of the Cerknjiščica River is flowing to the polje. Within the central part of the polje is a number of swallow holes, where floodwaters and streams from the polje submerge. The biggest swallow holes are Rešeto and Vodonos, which are located south of Dolenje Jezero. Below the western slopes, a non-distinct blind valley is located. A number of small-scale ponors are situated within the blind valley. The biggest ponors are entrances to the Velika Karlovica Cave and Mala Karlovica Cave. Following the hydrologic classification of poljes (Gams, 1978), we can define the Cerknica Polje as overflow polje, due to inflow of karst streams, and as a border polje, due to surface inflows to the polje from the north.

4 MATERIALS AND METHODS

4.1 Identifying areas of high geodiversity index

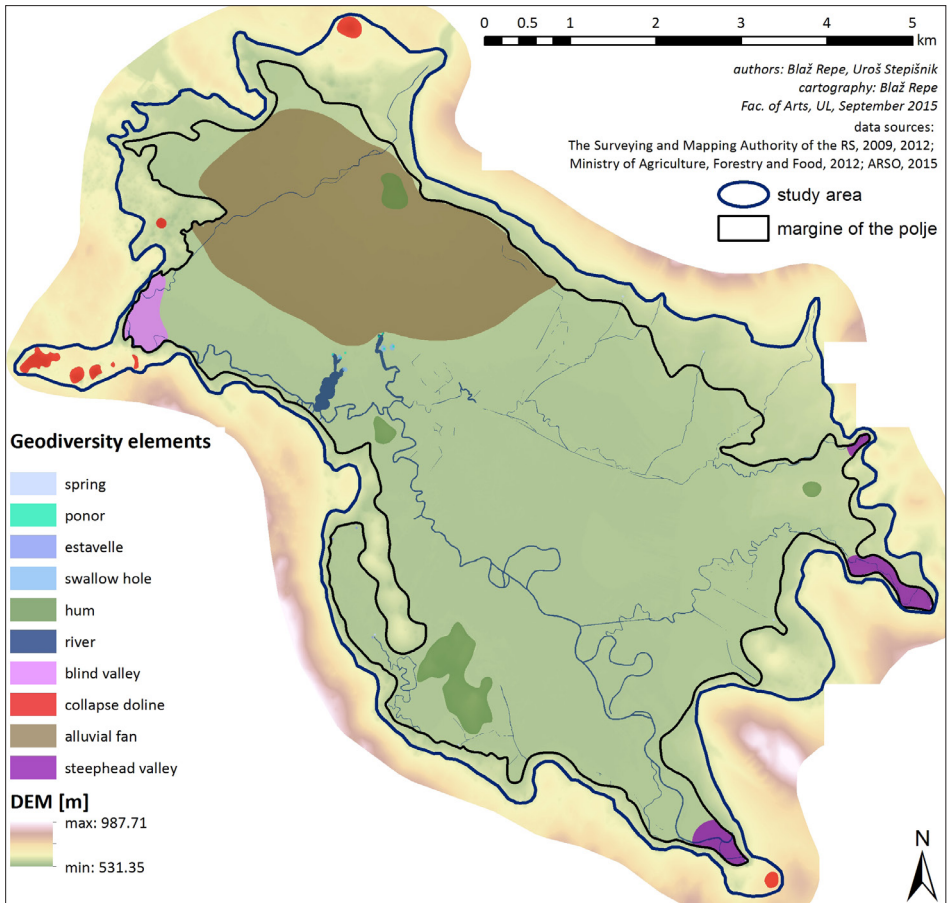
Geodiversity evaluation for Cerknica Polje was conducted using various GIS tools, predominantly quantitative surface analysis. The main reason was to eliminate subjective assessments as much as possible, since they are very common in evaluating geodiversity (Erhartič, 2012). The basic purpose of our calculations was to get the results independent of the geodiversity evaluator to the greatest degree possible. The calculation of geodiversity index, suggested by Serrano and Ruiz-Flaño (2007), was performed as follows.

Figure 2: General map of the research area.



The study area of 45.97 km² contains the entire Cerknica Polje, together with periodic Cerknica Lake and some of its very close surroundings. The main digital data source was raster digital elevation model (1x1 m resolution), created from LiDAR vector ground points. We used orthorectified aerial photos and topographic maps (scales 1:5,000, 1:25,000, and 1:50,000) for identification of abiotic surface features as geodiversity elements. Identified surface features were later corrected and updated by field mapping. The process gave us all together 137 geodiversity elements: karst springs (19), estavelles (3), swallow holes (5), ponors (10), hums (4), streams (82), blind valley (1), collapse dolines (8), alluvial fan (1), steephead valleys (3), and Cerknica Polje together with the intermittent lake. According to the spatial extent of features, some of them were identified as points (springs, ponors, etc.), some as lines (streams), and some as polygons (valleys, fan, etc.). All features were further automatically transformed (buffering of streams, springs,

Figure 3: Geodiversity elements of the research area with LiDAR digital elevation model.



estavelles, etc.) or manually digitized (swallow holes, ponors, etc.) into polygons with a total area of 35 km².

The next step was the calculation of the parameters that are anticipated in the equation (Equation 1) as suggested by Serrano and Ruiz-Flaño (2009):

(Equation 1)

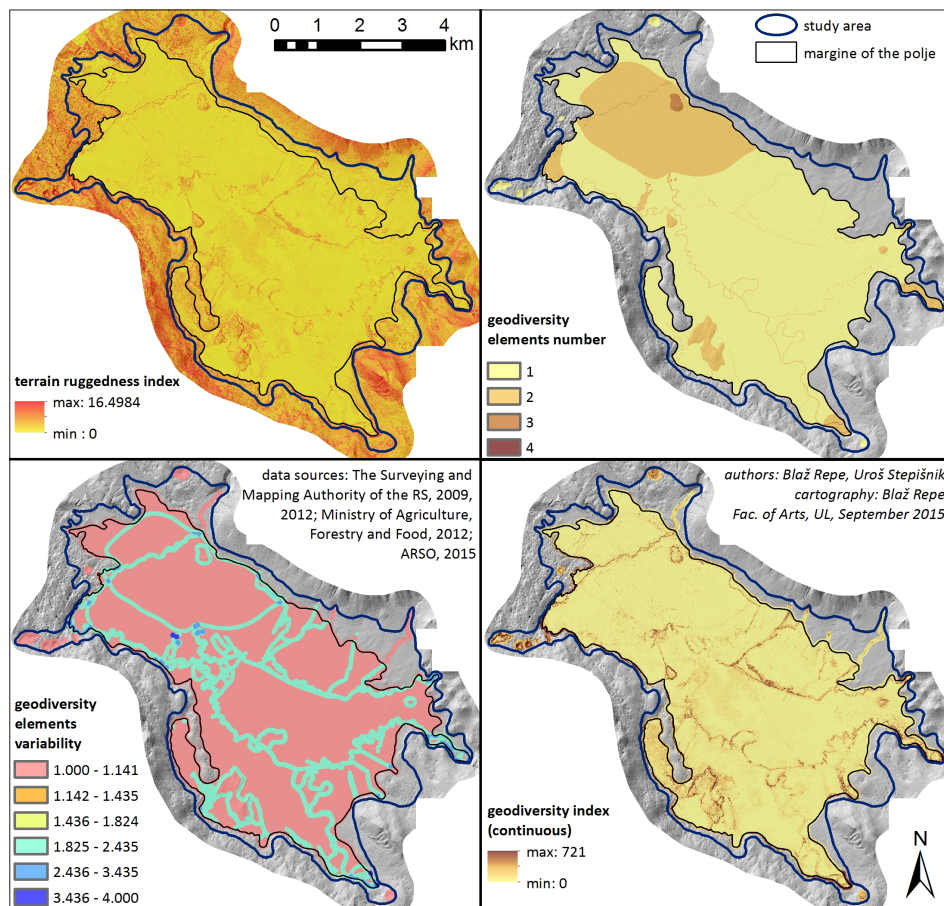
$$Gd = \frac{Eg \cdot R}{Ln S}$$

Where Gd = geodiversity index; Eg = number of different geodiversity elements in the unit; R = roughness coefficient of the unit; S = area of the unit (km²); Ln = naperian logarithm.

The parameter E_g is obtained by counting the different geodiversity elements. The coefficient of roughness (R) is an attempt to include the variety of orientation and gradient of slopes. The result is a semi-quantitative scale that permits the formation of five values of geodiversity, from very low to very high for each homogeneous unit (Serrano and Ruiz-Flaño, 2007). The highest values of geodiversity index can be marked as geodiversity hotspots that can contribute the most to the educational purposes of the area.

For the roughness coefficient (R) we calculated a *terrain ruggedness index (TRI)* (Blaszczynski 1997; Riley et al., 1999). *TRI* is a measurement expressing the amount of elevation difference between adjacent cells of a digital elevation grid (Riley et al., 1999; Conrad, 2010; Evans, 2015). Next, using focal statistics and context GIS analysis, we determined the number of different geodiversity elements covering and overlapping every

Figure 4: Terrain roughness index (upper left), number of geosites (upper right), geosite variability (lower left), and raster index of geodiversity (lower right).



cell of the 1x1 m raster. From the calculated Eg and R , and standardized by the area of the unit, a continuous raster layer of geodiversity index (Gd) was calculated.

Continuous raster surface defines geodiversity very accurately and is the most suitable for further analysis. However, according to the geodiversity index, our goal was to get encircled, clearly delineated units. Therefore, in the last step, we performed the following transformations of Gd continuous raster surface: smoothing of the abrupt changes, aggregation of similar values, and generalization with encirclement, where larger units had priority over smaller ones (Figure 4).

4.2 Assessment of educational potential of geodiversity

Assessment of the educational potential of geodiversity was determined on various criteria that are important for organizing excursions, as well as for their quality; the area of an excursion has to be accessible and safe for attendants, and it has to be educational (related to the curricula). Therefore, in the proposed method we apply the following seven criteria: accessibility, safety, geodiversity content coverage with curricula, cross-curricular integration, integration into wider area of an excursion, fieldwork techniques and teacher materials.

Accessibility (A) of the area is one of the essential criteria for organizing an excursion. The most significant criteria for organizing excursions is also *safety* (S). If the area is not safe, an excursion cannot be organized there. *Geodiversity content coverage with geography school curricula* (GCG) is a third criterion, which is connecting assets on the proposed excursion area with objectives of the curricula. Within our research, we employed geography subject curricula of the Slovenian educational system (Učni načrt, 2011). *Cross-curricular integration* (CCI) is fundamental in modern education. Significant enhancement of educational value is a combination of geography lessons with another school subject. A geoscience education is, according to the Slovenian school system (Učni načrt, 2011), incorporated into geography classes. Therefore, we evaluated the possibility of integration of geography and another school subject curricula within an excursion area. *Integration into wider area of excursion* (IE) offers wider content of an excursion and is crucial for its quality. For some students, excursions might be the only way to see different landscapes outside their hometown or region; it is therefore vital that an excursion is planned in a wider context. Applying different *fieldwork techniques* (FT) within an excursion is a valuable advantage that improves its educational value. Fieldwork techniques that can be used on the field are: measuring soil characteristics (pH, colour, measuring, drawing and examining soil profile etc.), measuring water characteristics (T, flow speed, gradient, pH, colour etc.), measuring geological characteristics (the content of the carbonates in the rocks, types of rocks etc.), measuring relief characteristics (gradient, elevation etc.). *Teaching materials* (TM) are an important segment for planning an excursion. It is very useful for an educator that teaching materials (teaching manuals, worksheets, educational boards on the field, etc.) are accessible. Educators are regularly not trained experts in geosciences, and they are normally not familiar with a target area; therefore, teaching materials are of uttermost importance for successful organization of an excursion.

Each stated criteria is evaluated from 0 to 1 (0 is minimum; 1 is maximum) (Tab. 1). Final educational potential of a high-geodiversity site is asserted as *educational potential* (EP) value, which is a sum of the seven criteria:

$$EP = A + S + GCG + CCI + IE + FT + TM$$

Low educational potential values indicate that the area is not appropriate for excursions. On the other hand, high educational potential values suggest that the area is appropriate for organizing a high quality excursion (Tab. 2).

Table 1: Values for educational potential of the area for organizing an excursion.

Value	Defining educational potential of the area
0	The area is extremely inappropriate.
1	The area is inappropriate.
2	The area is conditionally suitable.
3	The area is less suitable.
4	The area is suitable.
5	The area is more suitable.
6	The area is very suitable.
7	The area is extremely suitable.

Table 2: Evaluation chart of various criteria for educational potential of high geodiversity areas.

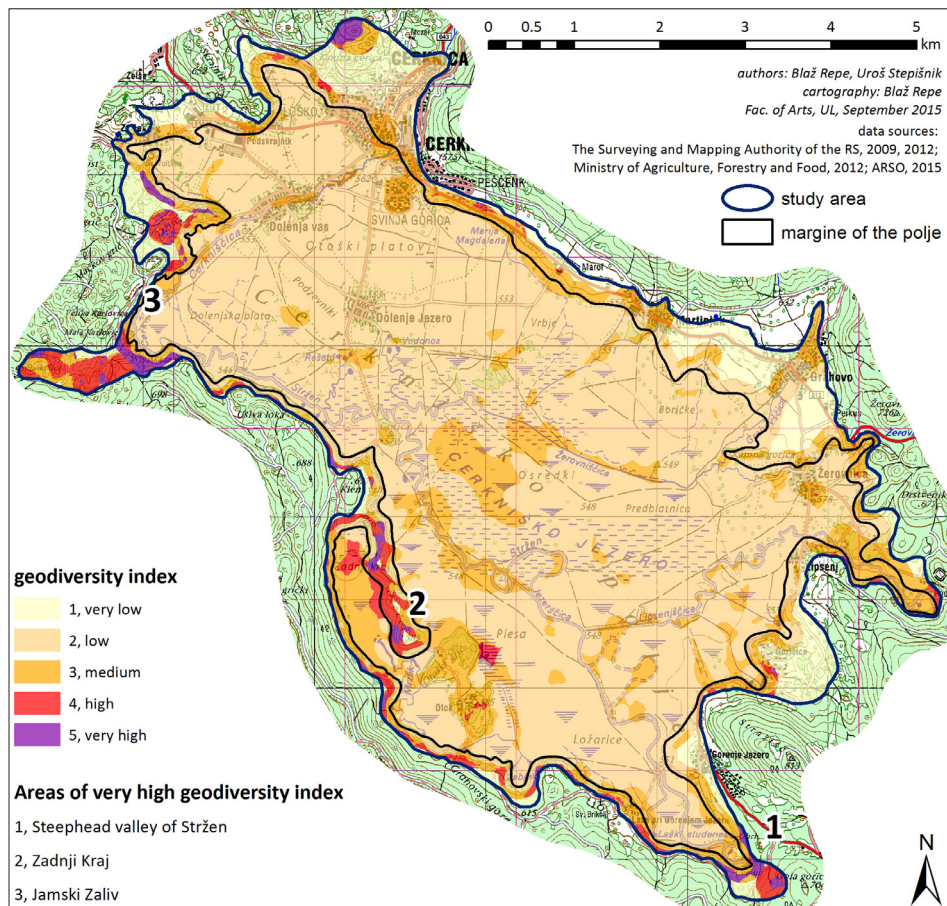
CRITERIA	
A	AREA ACCESSIBILITY
0	Not accessible.
0.25	Difficult to access and only on foot.
0.50	Easily accessible, but only on foot.
0.75	Easily accessible, also by car.
1	Easily accessible, also by bus.
S	SAFETY
0	The entire area is unsafe.
0.25	Caution is needed. Unsafe part is not secured by fences or warning signs.
0.5	Need for additional caution. Unsafe part is partially secured by fences.
0.75	The area is generally safe, but caution is required in some parts.
1	The entire area is safe.

CRITERIA	
GCG	GEODIVERSITY CONTENT (GDC) COVERAGE WITH GEOGRAPHY SCHOOL CURRICULA (GSC)
0	GDC of the area is not covered with objectives from GSC.
0.25	GDC of the area is covered with at least 3 objectives from GSC.
0.5	GDC of the area is covered with 4–6 objectives from GSC.
0.75	GDC of the area is covered with 7–10 objectives from GSC.
1	GDC of the area is covered with at least 11 objectives from GSC.
CCI	CROSS-CURRICULAR INTEGRATION WITH ADDITIONAL SCHOOL SUBJECT (SS)
0	GDC of the area can be linked only to Geography.
0.25	GDC of the area can be linked to Geography and 1 additional SS.
0.5	GDC of the area can be linked to Geography and 2 additional SS.
0.75	GDC of the area can be linked to Geography and 3 additional SS.
1	GDC of the area can be linked to Geography and at least 4 additional SS.
IE	INTEGRATION INTO WIDER AREA OF EXCURSION (distance to other interesting points of excursion)
0	The area is very distant to other points on the way.
0.25	The area is quite distant, but it could be linked to at least 1 other point on the way.
0.5	The area is quite distant, but it could be linked with at least 2 other points on the way.
0.75	The area is quite near, but it could be linked with at least 3 other points on the way.
1	The area can be easily linked with at least 4 or more points on the way.
FT	FIELDWORK TECHNIQUES FOR RESEARCHING GEODIVERSITY OF THE AREA
0	We cannot conduct any school fieldwork techniques.
0.25	We can conduct 1 school fieldwork technique.
0.5	We can conduct 2 school fieldwork techniques.
0.75	We can conduct 3 school fieldwork techniques.
1	We can conduct at least 4 school fieldwork techniques.
TM	TEACHING MATERIALS (TM) FOR THE AREA
0	There aren't any already prepared TM.
0.25	There is 1 already prepared TM, but for a broader area.
0.5	There are at least 2 already prepared TM, but for broader area.
0.75	There is 1 area specific TM already prepared.
1	There are at least 2 area specific TM already prepared.

5 EDUCATIONAL POTENTIAL OF HIGH GEODIVERSITY SITES OF CERKNICA POLJE

On the basis of the adapted method of the geodiversity index calculation (Serrano, Ruiz-Flaño, 2007; Serrano, Ruiz-Flaño, 2009), we recognized the state of geodiversity in Cerknica Polje. In the research area of Cerknica Polje, there are 11 different geodiversity elements that had been recognized, and 137 in total. Most of them (87.6%) are directly connected to the karstic system of the periodic appearance of Lake Cerknica (streams, springs, etc.), and they also cover the largest part of the research area (75.4%). Hydro-logic elements overlap with each other and also by other geodiversity elements. In this research, geodiversity elements were not given values of importance, attractiveness, or

Figure 5: Units of homogenous geodiversity index in the research area of Cerknica Polje.



uniqueness in order to retain the objectivity of the method and to avoid the subjective influence of the evaluator or local community.

The maximum sum of different geodiversity elements on the same spot is 4. The second element that defines the results is surface roughness (ruggedness), which represents the diversity of surface elements (geomorphic, hydrologic, pedologic, etc.) and is very low (Nunn, Puga, 2012). They are arranged on the interval from 0 to 10.66, with clear left asymmetry (Table 3). The result is not surprising, since the majority of the polje (78.14 %) has slope inclinations less than 5°. The range of altitudes is also very low, extending from 545.8 to 670.69 m a.s.l.

Finally, the geodiversity index, standardized with the relatively large research area, extends from zero in all of the outskirts of the research area to a maximum of 721.0. The *Gd* index was classified in five classes from very low to very high (Tab. 3).

Table 3: Areas (relative and absolute) of the homogenous geodiversity index units within Cerknica Polje.

Gd	Area [km²]	%
1, very low	3.73	8.12
2, low	31.61	68.74
3, medium	8.69	18.90
4, high	1.34	2.91
5, very high	0.61	1.33
Σ	45.97	100.00

Large homogenous areas of very high geodiversity index accompanied by areas of high geodiversity index appear within three places on Cerknica Polje. The first area is located on the southern side of the polje. It occupies the steephead valley, where two major springs Cemun and Obrh are located. From these springs, Stržen River is emerging on the surface. The second area is located in the middle section of the polje. It is limited to the area of Zadnji Kraj, where a variety of hydrologic as well as geomorphologic features interact. The third area is positioned on the northwestern side, where a variety of ponors, collapse dolines, and other geodiversity elements merge. This area is an enlarged blind valley, referred to as Jamski Zaliv.

5.1 Steephead valley of Stržen

The steephead valley of Stržen is located in the southernmost section of the polje. The steephead valley is hosting a series of karst springs and surface streams. In the hinterland of the springs, one collapse doline is located.

The whole area is easily accessible via numerous pathways; the accessibility (A) value is therefore 0.5. The location is completely safe also for younger schoolchildren;

Figure 6: The stream Stržen with its steephead valley in the rear (photo: Uroš Stepišnik).



safety (S) of the area was therefore valued at 1. Geodiversity content coverage with curricula (GCG) was evaluated at 1, since the content can be covered with at least 11 objectives from curricula (Učni načrt, 2011).

Geography topics can be combined with biology and chemistry topics within the area of the steephead. As a result, cross-curricular integration (CCI) was assessed at 0.5. The eastern part of the Cerknica Polje is rich in geomorphologic and hydrologic features, as well as in cultural heritage. Therefore, integration into the wider area of excursion (IE) was valued at 0.75. Fieldwork techniques (FT) value was assessed at 1 since at least four different fieldwork techniques can be accomplished within the area (e.g. soil profiling, examining soil properties, investigating water properties, surveying bedrock by utilizing geological map, analyzing the landscape, etc.). Teaching materials about the area are scarce. Nevertheless, there are articles concerning the steephead valley and one information board about the local geodiversity is located in the area. Hence, a teaching material (TM) value was valued at 0.75.

Table 4: Educational potential of the high geodiversity index areas within Cerknica Polje.

	Steephead valley of Stržen	Zadnji Kraj	Jamski Zaliv
Accessibility (A)	0.5	0.25	0.25
Safety (S)	1	0.25	0.75
Geodiversity content coverage (GCG)	1	1	1
Cross-curricular integration (CCI)	0.5	0.5	1
Integration into wider area (IE)	0.75	0.5	0.75
Fieldwork techniques (FT)	1	1	1
Teaching materials (TM)	0.75	0	0.75
Educational potential (EP)	5.5	3.5	5.5

The sum of all criteria, or educational potential (EP) of the site, is 5.5. The value indicates that the area of the steephead valley is more to very suitable for organizing an excursion.

5.2 Zadnji Kraj

Zadnji Kraj is located in the southwest margin of the polje, just below the steep slopes of the Javorniki Mountains. The area resembles a bay that is separated from the central part of the polje by an elongated peninsula. Within the area, there are series of hydrologic features, including springs, swallow holes, and estavelles.

The whole area is easily accessible by road. However, geodiversity elements within the area, which would be a point of interest of excursions, are hardly accessible. There are no paths leading to them, a dense vegetation overgrows the majority of the area, and, additionally, the intermittent lake occasionally inundates the whole section of the polje. Therefore, accessibility (A) criteria was valued at 0.25. Safety (S) criteria was evaluated at 0.25. Because of the aforementioned reasons, the areas around swallow holes and estavelles are not secured by protective fences or warning signs. This can represent a threat, especially for younger schoolchildren. Geodiversity content coverage with geography school curricula (GCG) was assessed at 1, since it can be used to cover at least 11 objectives from the curricula (Učni načrt, 2011).

Geodiversity content of the area can be combined with two other subjects: biology and chemistry. Therefore, cross-curricular integration (CCI) was evaluated at 0.5. Within an excursion to Zadnji Kraj, at least two other subjects on the way can be linked. Even though the area is rather remote, we assessed the integration into the wider area of the excursion (IE) at 0.5. Fieldwork techniques (FT) were evaluated at 1, as the area is appropriate for conducting at least four different fieldwork techniques (e.g. soil profiling, examining soil properties, surveying carbonate content of the bedrock, surveying bedrock by utilizing a geological map, analyzing the landscape, etc.). Teaching materials (TM) were evaluated at 0, as there is no available teaching material for the area. Based on the

calculation, the Educational potential (EP) value is 3.5, which means that Zadnji Kraj is less suitable to suitable for organizing a school excursion.

5.3 Jamski Zaliv

The area of Jamski Zaliv is located in the westernmost part of the polje. It is an enlarged blind valley with a series of ponors and a group of collapse dolines in the adjacent hinterland.

Figure 7: Entrance to the cave Velika Karlovica in the area of Zadnji Kraj (photo: Blaž Repe).



The whole area is accessible by road, while separate elements of geodiversity must be accessed by forest trails. They are not well marked and are partially overgrown; therefore, the accessibility value (A) is 0.25. In general, the area is safe also for younger schoolchildren with exceptions in some areas that can be easily avoided. As a result, safety (S) of the area was evaluated at 0.75. Within the area it is possible to cover at least 11 objectives from curricula; thus geodiversity content coverage with geography school curricula (GCG) was assessed at 1 (Učni načrt, 2011).

Cross-curricular integration (CCI) was evaluated at 1, since geodiversity content of the area can be linked to geography and to at least four other subjects: chemistry, biology, Slovenian language, and history. Even though the area is a bit remote, there is a possibility of including other areas into an excursion; therefore, integration into a wider area of the excursion (IE) was valued at 0.75. The last four school fieldwork techniques (FT) can

be applied in the area (e.g. soil profiling, examining soil properties, surveying carbonate content of the bedrock, surveying bedrock by utilizing geological map, analyzing the landscape, etc.); therefore, this criteria was assessed at 1. Teaching material (TM) was evaluated at 0.75, because of an information board and a variety of literature about the area. The final value of educational potential (EP) of the site is 5.5, which means that the area of Jamski Zaliv is more suitable to very suitable for organizing a school excursion.

6 CONCLUSIONS

The geodiversity definition, evaluation, and recognition is gaining significance within Earth Sciences (Gray, 2013; Melelli, 2014) due to geoconservation management, geotourism enhancement, and educational aspects. Established methods of geodiversity evaluation merged various criteria, which are usually divided into scientific values of geodiversity elements and their additional values (Pereira et al., 2007; Reynard, Coratza, 2007; Zouros, 2007; Gray, 2013). The scientific values aim to assess basic values of the elements in terms of rareness, representativeness, paleogeographical values, etc. (Reynard, 2009). The additional values differ according to the scope of geodiversity evaluation, emphasizing either conservation, touristic, or educational aspects. The majority of established methods of geodiversity evaluation is focused towards geoconservation and geotourism, while the educational aspect is often overlooked.

The new method for the evaluation of educational potential of high-geodiversity sites presented in this article uses two stages of assessment approach. Within the first stage, a geodiversity index within the area was identified. The areas with a high index are allegedly more suitable for educational purposes. Three areas of very high geodiversity index were identified on Cerknica Polje: steephead valley of the Stržen River, Zadnji Kraj, and Jamski Zaliv. Surprisingly, due to the objective methodology, currently the most popular site for excursions in the area of the polje around swallow holes Rešeto and Vodonos was not assessed as a high geodiversity site.

The second stage of assessment identified the added value of the high geodiversity areas. The added value is a combination of criteria that are crucial for organizing an effective and a high-quality excursion. The criteria define basic standards for organizing an excursion as accessibility and safety of the sites. On the other hand, they evaluate quality of the site according to curricula contents. The final assessment was expressed as educational potential of the site.

Application of assessing educational potential of the three selected sites revealed that Zadnji Kraj is the least suitable area for organizing an excursion. Quite low accessibility and safety values suggest that the area is not appropriate nor safe for excursions. Even though the area is appropriate for presenting contents defined by the curricula (Učni načrt, 2011), there are also no teaching materials available. Even though the area exhibits a very high geodiversity index, it is less suitable for an excursion.

The other two sites, the steephead valley of Stržen and Jamski Zaliv, exhibit the same educational potential, which was defined as more to very suitable for organizing excursion. Both places lack ease of access, since paths and forest trails are partially overgrown

and not well marked. Both of them are fairly safe and very suitable for presenting various topics and experiments associated with the geography curricula (Učni načrt, 2011). There are some teaching materials about both places, which presents an advantage for an educator when preparing an excursion. A little effort by the local community, in the form of improved accessibility, information boards, direction signs, and additional teaching materials, would significantly improve their education potential. As a result, both places would become important geodiversity sites of the polje.

The two-stage evaluation method of geodiversity educational potential turned out to be a valuable tool for organizing fieldwork and excursions. It can help educators to evaluate suitability and educational potential of each area, where they would like to organize fieldwork, which certainly contributes to a better quality of an excursion.

References

- Bennett, M. R., Doyle, P., 1997. Environmental geology: geology and the human environment. New York, John Wiley and Sons Ltd., 512 pp.
- Błaszczynski, J. S., 1997. Landform characterization with geographic information systems. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63, 2, pp. 183–191.
- Conrad, O., 2010. Module Terrain Ruggedness Index (TRI); SAGA-GIS Module Library Documentation (v2.1.4).
- Doyle, P., Bennett, M. R., 1998. Earth heritage conservation: past, present and future agendas. In: Bennett, M. R., Doyle, P. (ed.). *Issues in environmental geology: A British Perspective*. London, Geological Society, pp. 41–67.
- Erhartič, B., 2012. Geomorfološka dediščina v Dolini Triglavskih jezer. Ljubljana, Založba ZRC, 187 pp.
- Evans, J., 2015. Calculating topographic ruggedness index ArcGIS Desktop. URL: <http://gis.stackexchange.com/questions/6056/how-to-calculate-topographic-ruggedness-index-in-arcgis-desktop> (accessed 07.09.2015).
- Gams, I., 1978. The polje: the problem of definition: with special regard to the Dinaric karst. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 22, 2, pp. 170–181.
- Gray, M., 2013. *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, Wiley-Blackwell, 508 pp.
- Melelli, L., 2014. Geodiversity: a new quantitative index for natural protected areas enhancement. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 13, 1, pp. 27–37.
- Nunn, N., Puga, D., 2012. Data and replication files for ‘Ruggedness: The blessing of bad geography in Africa’. URL: <http://diegopuga.org/data/rugged/> (accessed 07.09.2015)
- Panizza, M., Piacente, S., 1993. Geomorphological assets evaluation. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 87, 1, pp. 13–18.
- Pereira, P., Pereira, D., Caetano Alves, M. I., 2007. Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). *Geographica Helvetica*, 62, 3, pp. 159–168.
- Pleničar, M., 1963. Tolmač za list Postojna, L 33-77. Ljubljana, Geološki zavod Ljubljana, 58 pp.

- Reynard, E., 2009. Geomorphosites: definitions and characteristics. In: Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (ed.). *Geomorphosites*. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, pp. 9–20.
- Reynard, E., Coratza, P., 2007. Geomorphosites and geodiversity: a new domain of research. *Geographica Helvetica*, 62, 3, pp. 138–139. DOI: 10.5194/gh-62-138-2007.
- Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., Scapozza, C., 2007. A method for assessing “scientific” and “additional values” of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62, 3, pp. 148–158. DOI: 10.5194/gh-62-148-2007.
- Riley, S. J., DeGloria, S. D., Elliot, R., 1999. A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. *Intermountain Journal of Sciences*, 5, 1–4, pp. 23–27.
- Serrano, E., Ruiz-Flaño, P., 2007. Geodiversity. A theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, 62, 3, pp. 140–147. DOI: 10.5194/gh-62-140-2007.
- Serrano, E., Ruiz-Flaño, P., 2009. Geomorphosites and geodiversity. In: Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (ed.). *Geomorphosites*. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, pp. 49–61.
- Učni načrt, Program osnovna šola, Geografija. 2011. URL: http://www.mizs.gov.si/file-admin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/os/prenovljeni_UN/UN_geografija.pdf (accessed 07.09.2016).
- Wilson, R. C. L., Doyle, P., 1994. *Earth heritage conservation*, Geological Society of London in association with the Open University, 272 pp.
- Zouros, N. C., 2007. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece: case study of the Lesbos island – coastal geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62, 3, pp. 169–180. DOI: 10.5194/gh-62-169-2007.