

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN INFORMACIJSKE
TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA
PRIMERJAVA FAVNE IZBRANIH JAM V
JUGOZAHODNI SLOVENIJI

ALENKA MIHELČIČ

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

Primerjava favne izbranih jam v jugozahodni Sloveniji

(Comparison in faunal assemblages of selected caves in southwestern Slovenia)

Ime in priimek: Alenka Mihelčič
Študijski program: Biodiverziteta
Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Koper, julij 2014

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Alenka MIHELČIČ

Naslov zaključne naloge: Primerjava favne izbranih jam v jugozahodni Sloveniji

Kraj: Koper

Leto: 2014

Število listov: 45

Število slik: 13

Število preglednic: 6

Število prilog: 7

Število strani prilog: 4

Število referenc: 55

Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Ključne besede: troglobiont, jamska favna, seznam taksonov, jugozahodna Slovenija

Izvleček:

V zaključni nalogi smo pripravili seznam taksonov in ocenili razlike v sestavi favne sedmih izbranih jam v jugozahodni Sloveniji. Izbrali smo dve jami v flišu (Poljanska buža in Kubik) in pet v apnencu (Pečina v Radotah, Pečina pri Kavičičah, Kraljičevka, Jama Čebina, Vipavska jama). Ugotavljali smo število troglobiontov glede na različne parametre (globina in dolžina jame, oddaljenost od vhoda, prisotnost vode). Zanimala nas je tudi zastopanost favne po posameznih jamah, ujemanje dolžine in globine s številom taksonov, pogostost pojavljanja in število taksonov glede na oddaljenost od vhoda. Analize so pokazale, da je sestava združb v posameznih jamah odvisna predvsem od tipa kamnin in habitata. Ugotovili smo, da so si združbe iz geografsko bližjih jam večinoma bolj podobne kot združbe iz bolj oddaljenih jam. Združbe se razlikujejo tudi glede na dimenzije jam (dolžino, globino), število troglobiontskih taksonov pa z globino in dolžino narašča. Naše rezultate smo primerjali z metapodatki iz študije Polaka in sod. (2012) in kljub razlikam v naši in njihovi metodologiji zbiranja podatkov se naši zaključki ujemajo s tistimi iz omenjene študije.

Key words documentation

Name and SURNAME: Alenka MIHELČIČ

Title of the final project paper: Comparison in faunal assemblages of selected caves in southwestern Slovenia

Place: Koper

Year: 2014

Number of pages: 45

Number of figures: 13

Number of tables: 6

Number of appendix: 7

Number of appendix pages: 4

Number of references: 55

Mentor: assist. prof. Jure Jugovic

Keywords: troglobionts, cave fauna, list of taxa, southwestern Slovenia

Abstract:

In our research we have prepared a list of taxa and estimated the differences in subterranean fauna of seven caves in southwestern Slovenia, two in flysch (Poljanska buža, Kubik) and five in limestone (Pečina v Radotah, Pečina pri Kavčičah, Jama Čebina, Kraljičevka, Vipavska jama) region. We observed number of troglobionts related with different parameters (length and depth, distance from the entrance, the presence of water). In our study we did analyses of representation of fauna in the individual caves, correlation length and depth with number of taxa, frequency of occurrence and number of taxa in relation to the distance from the entrance. We notice that different types of cave habitats and different type of rock host different faunal assemblages. Faunal assemblages are more similar in caves located closer such as those located far. We notice that number of troglobionts increases with the length and depth of the cave. We also compared our results with results from Polak et. al. (2012). Despite the differences in data collection methodology, we obtained similar conclusions.

ZAHVALA

Kot prvo bi se rada zahvalila mentorju doc. dr. Juretu Jugovicu za sprejem pod svoje mentorstvo. Iskreno se zahvaljujem za strokovno vodenje, vse nasvete, ure preživete na terenih in vso pomoč pri determinaciji vzorcev. Na zadnje pa tudi za spodbude in potrpežljivost med nastajanjem zaključne naloge.

Zahvaljujem se Evi Praprotnik, Sari Zupan, Gaji Pavliha in Nini Kompare za vso pomoč na terenih.

Zahvale gredo tudi mag. Blanki Ravnjak, prof. dr. Ivanu Kosu, dr. Nives Pagon, Jožetu Broderju, Toniju Korenu in Katji Kalan za determinacijo nekaterih skupin taksonov.

Hvala tudi doc. dr. Andreju Sovincu in dr. Martini Lužnik za recenzijo zaključne naloge.

Zahvalila bi se tudi vsem ostalim, ki so kakor koli pripomogli k nastanku moje zaključne naloge.

Hvala tudi mojim cimram in sošolcem za vse potrpljenje, spodbude, pomoč, skupne ure preživete za knjigam in vse lepe trenutke, zaradi katerih je bil čas mojega študija nepozaben.

Posebna zahvala gre moji družini, mami in očetu, ki sta mi študij omogočila, mi stala ob strani v težkih trenutkih in se veselila z mano ob uspehih. In seveda mojemu partnerju, ki mi je v težkih trenutkih vedno ponudil ramo in me poslušal, nudil moralno podporo, me spodbujal, prenašal in bodril. Hvala, ker ste verjeli vame in me sprejemali tako kot sem.

KAZALO VSEBINE

KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
SEZNAM KRATIC	X
1 UVOD	1
1.1 Geografski položaj Istre	3
1.2 Jamska favna	3
1.3 Pretekle raziskave sestave jamske favne v Istri in soseščini	4
1.4 Namen naloge in hipoteze	5
2 METODE DELO	6
2.1 Opis jam	6
2.1.1 Poljanska buža (siva Istra, 45.4903°N, 13.7266°E)	6
2.1.2 Kubik (siva Istra, 45.4513°N, 13.8514°E)	6
2.1.3 Pečina pri Kavčičah (bela Istra, 45.4707°N, 13.9863°E)	7
2.1.4 Kraljičevka (bela Istra, 45.5826°N, 13.8782°E)	7
2.1.5 Jama Čebina (bela Istra, 45.6151°N, 13.9073°E)	7
2.1.6 Pečina v Radotah (bela Istra, 45.4561°N, 13.9849°E)	8
2.1.7 Vipavska jama (45.8447°N, 13.9646°E)	8
2.2 Terensko delo	9
2.3 Laboratorijsko delo	10
2.4 Obdelava podatkov	11
3 REZULTATI Z DISKUSIJO	13
3.1 Seznam taksonov	13
3.2 Vzorčeni taksoni glede na status	18
3.3 Podobnost sestave favne med jamami	20
3.4 Korelacija med številom taksonov in dolžino ter globino jam	22
3.5 Pojavljanje taksonov po jamah	22
3.6 Vzorčeni taksoni po posameznih jamah glede na oddaljenost od vhoda	24
3.6.1 Fliš	24

3.6.2	Apnenec	26
3.6.3	Število vseh vzorčenih taksonov po delih posameznih jam	29
3.6.4	Število vseh vzorčenih troglobiontov po delih posameznih jam.....	30
4	ZAKLJUČEK.....	31
5	LITERATURA.....	32

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1. Seznam sedmih jam v jugozahodni Sloveniji z osnovnimi podatki (vir: E-kataster jam). Prisotnost vode smo označili kot sledi -: kopenski habitat, +: majhna prisotnost, občasni izviri, ++: prevladujoč vodni habitat, stalen izvir (v vodnem delu v Pečini pri Radotah nismo vzorčili)	10
Preglednica 2. Seznam taksonov iz sedmih jam v jugozahodni Sloveniji. Okrajšave: Status: Tb – troglobionti, Tf – troglofilni, Tx – troglokseni, Par – paraziti; Jama: 1 – Poljanska buža, 2 – Kubik, 3 – Pečina v Radotah, 4 – Pečina pri Kavčičah, 5 – Kraljičevka, 6 – Jama Čebina, 7 – Vipavska jama.....	14
Preglednica 3. Število in odstotek (%) troglobiontov, troglofilov, trogloksenov in parazitov v sedmih jamah v jugozahodni Sloveniji.....	17
Preglednica 4. Pojavljajoči se taksoni v sedmih jamah v jugozahodni Sloveniji. Status: Tb – troglobionti, Tf – troglofilni, Tx – troglokseni, Par – paraziti. Oznake jam: 1 – Poljanska buža, 2 – Kubik, 3 – Pečina v Radotah, 4 – Pečina pri Kavčičah, 5 – Kraljičevka, 6 – Jama Čebina, 7 – Vipavska jama.....	24
Preglednica 5. Število taksonov glede na status v Poljanski buži in Kubiku (jami v flišu) v posameznem delu jame.....	25
Preglednica 6. Število taksonov glede na status v Pečini v Radotah, Pečini pri Kavčičah, Kraljičevki, Jami Čebini in Vipavski jami (jame v apnencu) po posameznih delih jam. ...	27

KAZALO SLIK

Slika 1. Zemljevid Iste z označeno belo Istro (White Istria), sivo Istro (Grey Istria) in rdečo Istro (Red Istria). Označenih je tudi dvanajst jam iz raziskave jamske favne (povzeto po Polak in sod. 2012).	2
Slika 2. Geografski položaj sedmih jam v jugozahodni Sloveniji. Barve: modra – apnenec (prisotna ponikalnica), rdeča – bela Istra (apnenec, brez stalnega vodotoka), zelena – siva Istra. Terensko delo	9
Slika 3. Število zabeleženih taksonov v posamezni jami.....	18
Slika 4. Število zabeleženih taksonov glede na status v posamezni jami.	18
Slika 5. Število zabeleženih taksonov glede na status.	19
Slika 6. Projekcija sedmih jam v jugozahodni Sloveniji vzdolž prvih dveh osi v NDMS ob upoštevanju favnistične sestave. Črtkana črta: drevo najmanjšega razvejanja. Uporabljeni so podatki o prisotnosti taksonov. Barve: modra – apnenec (prisotna ponikalnica), rdeča – bela Istra (apnenec, brez stalnega vodotoka), zelena – siva Istra.	20
Slika 7. (a) Analiza kopičenja (metoda UPGMA: Jaccardov indeks, prisotnost/odsotnost taksonov) podobnosti v favni med sedmimi jamami v Sloveniji in (b) prikaz geografskih razdalj med jamami. Barve: modra – apnenec (prisotna ponikalnica), rdeča – bela Istra (apnenec, brez stalnega vodotoka), zelena – siva Istra.....	21
Slika 8. Število pojavljanj taksonov po jamah.	22
Slika 9. Število taksonov glede na status v Poljanski buži in Kubiku (jami v flišu) v posameznem delu jame.....	25
Slika 10. Število taksonov glede na status v Pečini v Radotah, Pečini pri Kavčičah, Kraljičevki in Jami Čebina (jame v apnencu) po posameznih delih jam.	28
Slika 11. Število taksonov glede na status v Vipavski jami (jama v apnencu z močnim izviro) po posameznih delih jame.....	28
Slika 12. Število taksonov v sedmih jamah v posameznih delih vsake od jam.	29
Slika 13. Število troglobiontov v sedmih jamah v posameznih delih posamezne jame.	30

KAZALO PRILOG

Priloga A. Število zabeleženih taksonov v posamzenih jamah iz raziskav istrskih jam (Polak

in sod., 2012).

Priloga B. Število zabeleženih taksonov glede na status v posameznih jamah (iz raziskave Polak in sod., 2012).

Priloga C. Število zabeleženih taksonov glede na status (iz raziskave Polak in sod., 2012).

Priloga D. Projekcija dvanajstih jam v Istri vzdolž prvih dveh osi v NMDS. Črtkana črta: drevo najmanjšega razvejanja. Uporabljeni podatki o prisotnosti taksonov (iz raziskave Polak in sod., 2012). Barve: modra – bela Istra, rdeča – rdeča Istra, zelena – siva Istra.

Priloga E. Analiza kopičenja (metoda UPGMA: Jaccardov indeks, prisotnost/odsotnost taksonov) podobnosti v sestavi favne med dvanajstimi jamami v Istri (iz raziskave Polak in sod., 2012). Barve: modra – bela Istra, rdeča – rdeča Istra, zelena – siva Istra.

Priloga F. Analiza kopičenja (metoda UPGMA) med geografskimi razdaljami dvanajstih jam v Istri (iz raziskave Polak in sod., 2012). Barve: modra – bela Istra, rdeča – rdeča Istra, zelena – siva Istra.

Priloga G. Število pojavljanj taksonov po jamah v Istri (iz raziskave Polak in sod., 2012)

SEZNAM KRATIC

MST - Minimum Spanning Tree

NMDS - Non - metric multidimension scaling

UPGMA - Unweighted Pair Group Method with Aritmetic Mean

1 UVOD

Z odkritjem prvega troglobionskega hrošča drobnovratnika (*Leptodirus hochenwartii* Schmidt, 1832) v Sloveniji se je podzemlje začelo resneje obravnavati kot življenjski prostor za različne živali (Polak 2005). Podzemlje naseljujejo raznovrstne skupine bakterij, alg, gliv, praživali, nevretenčarjev in vretenčarjev. Živali so se na edinstvene razmere v jamah prilagodile z različnimi evolucijskimi prilagoditvami (Romero 2009). Te živali imenujemo troglobionti oziroma prave jamske živali in so celoten življenjski cikel vezane na jamsko okolje (Sket 2008).

Jame nastajajo v kamninah, ki se topijo dovolj popolno in enakomerno, da pri tem ne nastajajo delci, ki bi zamašili poti in so dovolj trdne, da se votline v njih ne sesedejo sproti, ko nastajajo. Tem kriterijem zadostijo magmatske, metamorfne in sedimentne kamnine (Šušteršič 2001). Med sedimentne kamnine spadajo tudi karbonatne kamnine, od katerih sta v Sloveniji najbolj pogosta apnenec in fliš (Zupan Hajna 2004). Podzemlje je sestavljeno iz prostorov, ki so lahko napolnjeni z zrakom ali pa s svežo, brakično ali slano vodo (Peck 1990). Torej se jame razlikujejo tudi glede na prisotnost oziroma odsotnost vode. Vodne jame so jame, v katerih je voda prisotna v večjih količinah vsaj občasno (Kranjc 1984). Poznamo več tipov jamskih voda: prenikle vode, tokovi ponikalnic, globinske (freatske) vode, anhialne (obmorske) vode, izviri in ponovni izviri (White in Culver 2012).

V Istri je bilo do sedaj registriranih več kot 2000 jam, največ v apnencu. Na tem območju so jame prisotne tudi na kontaktu apnenca in fliša. Poleg tega je istrski kras relativno dobro izoliran od dinarskega krasa, kar naredi to območje še bolj zanimivo za biološke študije (Polak in sod. 2012).

Polak in sodelavci (2012) so vzorčili dvanajst istrskih jam, šest slovenskih in šest hrvaških (Slika 1). Ugotovili so, da so jame v apnencu (bela Istra) biotsko bolj pestre v primerjavi z jamami v litoralnem apnencu (rdeča Istra) in flišu (siva Istra). Jame na kontaktu fliša in apnenca v sivi Istri naseljuje presenetljivo visoko število troglobiontov. Našli so tudi taksone, za katere so z novimi odkritji močno razširili območja znane razširjenosti. Odkrili so tudi nekaj za znanost novih taksonov. Na kratko so opisali splošne ekološke razmere v jamah in ocenili potencialne grožnje jamski favni. Ocenili so, da podzemlje najbolj ogrožajo odlaganje odpadkov in organskega materiala najbolj ogrožajo podzemlje. Jame, ki ležijo bližje naseljem, so prepoznali kot bolj ranljive. Organizirani obiski manjših jam v Istri (npr. Polina peč, Markova jama Piskovica) lahko resno ogrozijo kolone netopirjev in poškodujejo jamske habitate. Jamsko favno v turistični jami Dimnice so prepoznali kot neogroženo. Vodne habitate najbolj ogrožajo onesnažila s površja, vendar pa so prepoznali čistost voda v nekaterih jamah (Jama pod Krogom, Kubik, Piskovica, Dimnice, Pincinova

jama), kar potrjuje tudi visoka biotska pestrost vodnih jamskih organizmov. Ker istrske jame naseljuje razmeroma visoko število endemičnih troglobiontskih taksonov, to regijo uvrščajo med najbolj biotsko raznovrstne v Dinarski regiji.



Slika 1. Zemljevid Iste z označeno belo Istro (White Istria), sivo Istro (Grey Istria) in rdečo Istro (Red Istria). Označenih je tudi dvanajst jam iz raziskave jamske favne (povzeto po Polak in sod. 2012).

1.1 Geografski položaj Istre

Istra je največji jadranski polotok. Leži v severozahodnem delu Jadranskega morja. Istra je s treh strani obdana z morjem, na severni strani pa mejo polotoka omejujemo približno z linijo med Miljskim zalivom v Italiji in najbolj severno točko Kvarnerskega zaliva zahodno od Reke na Hrvaškem. Istro si delijo tri države: skrajni severni del leži v Italiji in Sloveniji, največji južni del pa pripada Hrvaški (Mojškerc 2010). Istra sestoji iz treh glavnih geomorfoloških enot, ki se od severozahoda do jugozahoda raztezajo od notranjega gorskega apnenca (»bela« Istra), prek vmesne hidrološke bariere fliša (»siva« Istra), do zunanjega nizkega apnenca s tipično rdečo prstjo *terro rosso* (»rdeča« Istra) (Krebs 1907, cit. po Polak 2012; Slika1).

1.2 Jamska favna

Razmere v jamskih ekosistemih so drugačne kot na površini. V jamskih ekosistemih je vegetacija prisotna skoraj izključno samo na vhodnih delih jam. Lahko se pojavlja tudi bolj v notranjosti jame, kamor še seže sončna svetloba, vendar je primarna produkcija v teh delih močno zmanjšana. Globoko v notranjosti jam, kjer vlada popolna tema, so razmere bolj ali manj stalne (Poulson in White 1969). Povprečna temperatura v slovenskih jamah je okrog 10°C, visoka pa je tudi vlažnost zraka (Zupan Hajna 2006). Ena izmed opaznih značilnosti jamskega okolja je pomanjkanje hrane (Sket 1999). Živali so se na take razmere prilagodile s podaljšanimi okončinami, specializacijo čutilnih organov, redukcijo oči in pigmenta, podaljšanjem življenjskega cikla, upočasnjem metabolizmom in v večini primerov tudi z zmanjšanim znotraj vrstnim tekmovanjem (Culver in sod. 1995). Te prilagoditve so značilne za prave jamske živali oziroma troglobionte, ki so vezani na pravo jamsko okolje in se izven tega ne pojavljajo. V jamah se srečamo tudi z evtroglofilii, ki predstavljajo površinske vrste, ki so zmožne ustvariti trajno podzemeljsko populacijo, ter subtroglofilii, ki so nagnjeni k trajnemu ali občasnemu bivanju v podzemlju, a vsaj za eno življenjsko funkcijo morajo na površje (dnevno, sezonsko ali tekom življenja). Troglokseni pa so vrste, ki zaidejo v podzemlje le slučajno ali občasno in predstavljajo t.i. naključne obiskovalce, ki v jamo zaidejo po nesreči in nimajo posebnih prilagoditev na jamsko okolje ter niso vezane nanj (Sket 2008). Različni avtorji za našete skupine jamskih živali uporabljajo različno terminologijo. V speleobiologiji je najbolj uporabljena klasična terminologija po Schinerju in Racovitzi, ki definirata le tri ekološke kategorije: troglobionte, trogloksene in troglofile (skupen izraz za ev in sub troglofile) (Camacho 1992).

1.3 Pretekle raziskave sestave jamske favne v Istri in soseščini

Jamsko favno Istre so raziskovali že mnogi naravoslovci (cit. po Zakšek in Polak 2011). Objave raziskav so razpršene po raznih literaturnih virih, zaradi politične delitve Istre na tri države (Slovenijo, Hrvaško in Italijo) pa celovitega pregleda jamske favne ni, oziroma obstaja samo za nekatere taksonomske skupine (cit. po Zakšek in Polak 2011). Istra velja za območje z visoko stopnjo endemizma, zato so bile na tem območju nedavno odkrite številne nove vrste, tako vodne (npr. Gorički 2006; Fišer 2011; Zakšek in sod. 2009), kot kopenske (npr. Nonveiller in sod. 2002; Karaman in sod. 2009, cit. po Zakšek in Polak 2011).

Že obstoječi literaturni podatki različnih avtorjev, ki so jih večinoma zbrali v svojem delu Polak in sod. (2012), pričajo o aktivnosti speleobiologov na tem področju. V jami Polina peč sta bila prvič najdena hrošča *Anophthalmus schmidti istriensis* (Müller 1909) in *Mahaerites novissimus* (Nonveiller in Pavičević 2001, cit. po Polak in sod. 2012). Poleg izvornih opisov vrst so iz Poline peči objavljeni še favnistični podatki Polaka (1997). Račiška pečina je nahajališče hrošča *Typhlotrechus bilimeki istrus* in izopodnega raka *Mesoniscus graniger* (Verhoeff 1933), podatke o favni Račiške pečine pa je objavil tudi Polak (1997). V Dimnicah so prvič našli paščipalca *Neobisium spelaeum istriacum*, ter hrošča *Anophthalmus spectabilis istrianus* in *Oryotus schmidti subdentatus* (cit. po Polak in sod. 2012). Netopirje v jami spremljajo že od leta 1991 (Presetnik in sod. 2009, cit. po Polak in sod. 2012). O favni hroščev Medvedjaka so poročali številni koleopterologi, objavljeni so bili tudi podatki o favni netopirjev (Presetnik in sod. 2009), opisan pa je bil tudi nov rod hroščov leptodirinov in hrošč *Prospelaebates vrezeci* (Giachino in Etonti 1996, cit. po Polak in sod. 2012). Rabakova špilja je nahajališče dvojnonoge *Verhoeffodesmus gracilipes* (Strasser 1959) in do zdaj tudi edina znana lokaliteta te vrste (cit. po Polak in sod. 2012). Jamsko favno je preučevalo tudi nekaj slovenskih speleobiologov: Bole (Bole 1974), Velkovrh, Sket in Mršič (Mršič 1994), obiskal pa jo je tudi nizozemska raziskovalka pajkov Deeleman–Reinhold (Deeleman-Reinhold 1978, cit. po Polak in sod. 2012). Radota jamo so raziskovali speleobiologi Bole, Drovenik (Bole 1974) in leta 2001 Ozimec (Ozimec 2001, neobjavljeno, cit. po Polak in sod. 2012). Jamo Piskavco je speleobiološko edini raziskal Ozimec v letu 1998 in 2001 (Ozimec 1998 in 2001, neobjavljeno, cit. po Polak in sod. 2012). V Jami pri Buričih je bil prvič odkrit na Hrvaškem paščipalec *Troglochthonius doratodactylus* (Ozimec 2002, cit. po Polak in sod. 2012). V Pincinovi jami pa so odkrili endemičnega močerila *Proteus* sp. nov. (Gorički & Trontelj 2006) in druge pomembne troglobiontske vodne vrste (Rađa 1980; Sket 1994; Zakšek in sod. 2009, cit. po Polak in sod. 2012).

1.4 Namen naloge in hipoteze

V zaključni nalogi smo ocenili razlike v sestavi favne sedmih jam: dveh iz sive, štirih iz bele ter iz Vipavske jame, ki je po sestavi kamnine najbolj podobna jamam iz bele Istre. Naše rezultate smo primerjali tudi z raziskavo dvanajstih istrskih jam, v kateri sta bili zajeti dve jami iz sive, tri jame iz rdeče in sedem jam iz bele Istre (Polak in sod. 2012). Ugotavljali smo deleže pravih jamskih živali (troglobiontov in stigobiontov) v posameznih jamah glede na različne parametre: globino in dolžino jame, oddaljenost od vhoda, geološko podlago ter prisotnost vode. Zanimala nas je tudi zastopanost favne po posameznih jamah, ujemanje števila taksonov z dolžino in globino jam, pogostost pojavljanja taksonov ter število taksonov glede oddaljenosti od vhoda jame. Postavili smo naslednje hipoteze:

1. Razlike v habitatnem tipu in tipu topne kamnine se odražajo v vrstni sestavi.
2. Jame, ki so si geografsko blizu, imajo bolj podobno favno kot jame, ki ležijo daleč narazen.
3. Število taksonov je odvisno od globine in dolžine jame, pri čemer število vrst troglobiontov in stigobiontov z dolžino in globino jame naraščata.

2 METODE DELA

2.1 Opis jam

2.1.1 Poljanska buža (siva Istra, 45.4903°N, 13.7266°E)

Poljanska buža (katastrska številka 2091) je vodoravna jama, dolga 876 metrov. Z 91 metri globine je ena izmed najdaljših, občasno ponornih flišnih jam v Sloveniji. Jama se nahaja v Pučah (Slika 2). Odkrita je bila 23. septembra 1961 (E-kataster jam). Vhod je delno zaraščen in zelo ozek. Razvit je v spodnjem delu apnene plasti, kasneje spodnja ploskev apnenca tvori strop, v stenah pa se prečno izmenjujejo plasti laporja in peščenjaka. Rovi so ozki, nizki in pretežno ravni. V začetnih delih jame so rovi široki do sedem metrov in na nekaterih delih visoki do štiri metre. V povprečju višina rovov ne meri več kot pol metra, prav tako pa ne doseže več kot tri metre širine (Mestna občina Koper).

Poljansko bužo smo za namen analiz sestave favne razdelili na dva dela, vhodnega, ki obsega prvih 50 metrov in drugega, ki predstavlja preostali, notranji del. V prvem delu so bile prisotne razpadajoče veje, listje in drugi organski material.

2.1.2 Kubik (siva Istra, 45.4513°N, 13.8514°E)

Kubik (katastrska številka 4524) je 292 metrov dolga in deset metrov globoka flišna jama. Jamo najdemo v bližini naselja Brezovica pri Gradinu (Slika 2). Odkrita je bila 12. avgusta 1976 (E-kataster jam). Kubik je vodoravna jama, rov je pretežno raven in se proti koncu se razdeli na dva dela. Levi del je krajši od desnega. Oba dela merita le nekaj deset metrov. Glavni rov je bolj ali manj po celotni dolžini jame enako širok in enako visok. Kubik je občasno ponorna jama, ki je ob večjih deževjih poplavljena. V jami so lepo izoblikovane ponvice.

Kubik smo razdelili na tri dele. Vhodni del sega do 50 metrov od vhoda. V drugem delu je ob stiku fliša in apnenca v času naših obiskov tekkel potok, tretji del pa predstavlja vodni del jame. V prvem in drugem delu je prisoten organski material, kot so veje in listje. V jami je prisotnih tudi nekaj smeti.

2.1.3 Pečina pri Kavčičah (bela Istra, 45.4707°N, 13.9863°E)

Pečina pri Kavčičah (katastrska številka 1406) je 42 metrov dolga in sedem metrov globoka jama. Najdemo jo v bližini naselja Rakitovec (Slika 2). Odkrita je bila 3. maja 1975 (E-kataster jam). Proti vrhu travnatega Kavčiča na robu s prepadom najdemo pretežno zaraščen vhod v Pečino pri Kavčičah. Sam vhod v jamo je dolg nekaj metrov, nato sledi približno tri metre visoka polica, nad katero je majhna dvorana.

Jamo smo razdelili na dva dela: vhodnega, ki predstavlja vzorčno površino do približno tri metre visoke police, polica in del za njo pa predstavljata drugi del. V jami razen dežnih luž na vhodu vode ni bilo. Na vhodnem delu se nahaja precej organskega materiala (suho listje, veje), saj je skoraj celoten vhodni del pod vplivom zunanjih dejavnikov. Glede na težjo dostopnost, majhnost in nezanimivost jame za turistične ogledje je jama precej čista, saj nismo bilo zaznati prisotnosti odpadkov.

2.1.4 Kraljičevka (bela Istra, 45.5826°N, 13.8782°E)

Kraljičevka (katastrska številka 4531) je 46 metrov dolga in sedem metrov globoka jama. Odkrita je bila 9. septembra 1976 pri naselju Kastelec (Slika 2) (E-kataster jam). Vhod v jamo je približno tri metrska stopnja, nato sledi ozek prehod v dvorano. Jama je nizka in široka le nekaj metrov.

Na vhodu jame najdemo organski material, ki ga je proti notranjosti vedno manj. V jami ni prisotne stoječe vode. Čeprav je jama prosto dostopna v njej ni nobenih odpadkov, predvidoma zaradi majhnosti in posledično zaradi manjšega zanimanja javnosti zanjo. Jamo smo razdelili na dva dela: vhodnega, do kamor je segala sončna svetloba in notranjega, v katerem je bilo pravo jamsko okolje.

2.1.5 Jama Čebina (bela Istra, 45.6151°N, 13.9073°E)

Jama Čebina (katastrska številka 6167) je dolga 31 metrov in globoka dvanajst metrov. Nahaja se v naselju Mihele (Slika 2). Odkrita je bila 7. junija 1990 (E-kataster jam). Vhod v jamo je v samem naselju Mihele. Jama je ozek in kratek rov, ki nas pripelje do dela jame, v katerega se spustimo po leseni lestvi približno tri metre globoko. Tam je nekaj metrski prostor, na koncu tega prostora pa še približno tri metrsko brezno. Končni del jame znaša nekaj kvadratnih metrov.

Jamo Čebino smo razdelili na vhodni del, do kamor je še segala sončna svetloba in notranji del, za njim. V jami ni stalnega vodotoka, po celi jami pa je prisoten organski material. Našli smo veliko različnih odpadkov, predvidoma zato, ker se jama nahaja neposredno v naselju in je zelo lahko dostopna. O redni prisotnosti ljudi priča tudi lesena lestev in napeljana vrv za lažji dostop v zadnji del jame.

2.1.6 Pečina v Radotah (bela Istra, 45.4561°N, 13.9849°E)

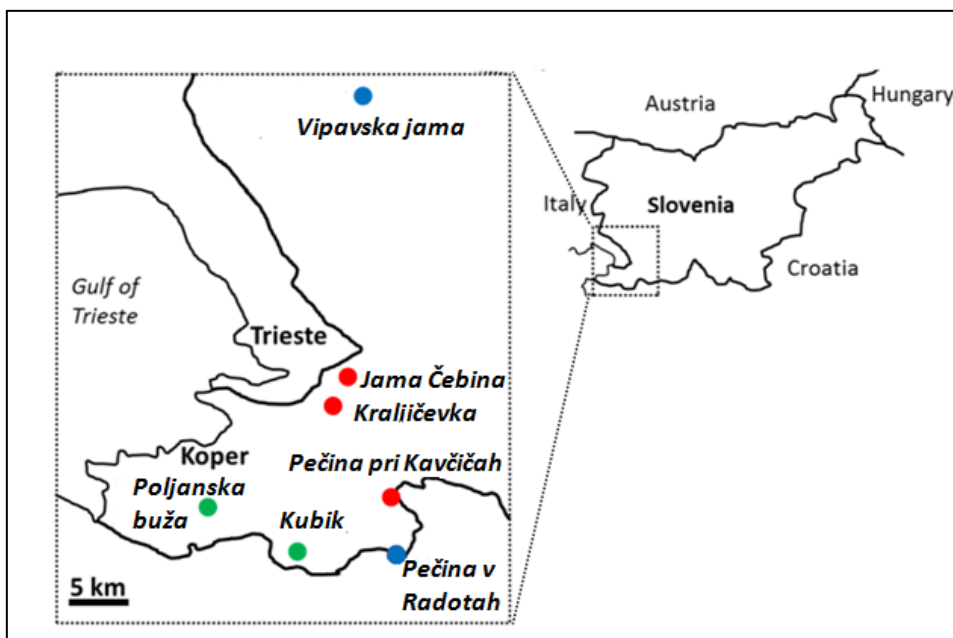
Pečina v Radotah (katastrska številka 649) je 402 metra dolga in 168 metrov globoka jama v bližini naselja Rakitovec. Jama se nahaja tik ob meji s Hrvaško (Slika 2). Odkrita je bila 2. maja 1975 (E-kataster jam). Ob vstopu v jamo naletimo na nekaj metrski ravni rov, ki navzdol pripelje v veliko dvorano. Na začetku rova je tudi manjši stranski slepi rov, ki ima zelo ozek vhod. Na koncu dvorane nas prehod, na katerem so izoblikovani jamski stebri, vodi do deloma vertikalnega 150 - metrskega brezna, na dnu katerega je občasni bazen z vodo (Polak in sod. 2012).

Jamo Pečina v Radotah smo razdelili na dva dela. Vhodni del sega 50 metrov od vhoda, za njim je drugi del. Teren je precej razgiban. V jami najdemo bazene z vodo, blato in pesek. V notranjosti se nahaja tudi organski material kot so veje in listje, našli pa smo tudi okostje lisice (*Vulpes vulpes*). V dvorani je prisotnih nekaj odpadkov, na stenah pa so vidni grafiti. Opazili smo polomljene kapnike, kar priča o prisotnosti človeka v jami in morebitnih grožnjah tamkajšnji favni.

2.1.7 Vipavska jama (45.8447°N, 13.9646°E)

Vipavska jama (kataserska številka 1752) je 1932 metrov dolga in 64 metrov globoka jama, odkrita 11. aprila 1959 leta v samem naselju Vipava (E-kataster jam). Leži na robu kraške planote (Slika 2). Začenja se z votlino dolgo deset metrov. V 19. stoletju so v iskanju živosrebrne rude začeli kopati rov. Tako je nastal 238 - metrski umetni tunel, ki vodi v veliko dvorano z jezerom. Jezero je elipsoidne oblike in meri približno 180 m². Dvorana z Velikim jezerom predstavlja naravni del Vipavske jame. Po desni strani jezera nas pot vodi do naslednjega umetnega tunela, ki se ravno nadaljuje 178 metrov. Na desni strani, nekje na sredini drugega umetnega tunela se odpira ozek naravni rov (Jamarsko društvo Danilo Remškar Ajdovščina). Zaradi sesutja stropa v preteklosti je dostop v nadaljevanje jame po drugem umetnem tunelu onemogočen. Jama skriva še obsežen naraven jamski sistem v ozadju. Vipavska jama je bila v preteklosti zaklenjena, o čemer pričajo železna vrata na začetku prvega umetnega tunela, ki so sedaj odklenjena.

Vipavsko jamo smo razdelili na tri dele. Prvi del je predstavljal prvi umetni tunel, drugega naravna dvorana z Velikim jezerom, tretji del pa je predstavljal drugi umetni tunel.



Slika 2. Geografski položaj sedmih jam v jugozahodni Sloveniji. Barve: modra – apnenec (prisotna ponikalnica), rdeča – bela Istra (apnenec, brez stalnega vodotoka), zelena – siva Istra.

2.2 Terensko delo

Vsako od sedmih jam smo obiskali dvakrat. Osnovni podatki o jamah so podani v Preglednici 1. Del terenov je potekal v okviru tabora Biocamp002 (2012), društva varstvenih biologov Biodiva. Vzorce kopenske favne smo nabirali makroskopsko s pomočjo pincete, stigobionte pa smo vzorčili s pomočjo vodne mrežice. Kopenske živali smo iskali na jamskih stenah, stropih in tleh. Večino živali smo popisali na terenu, le posamezne primerke, ki jih nismo znali prepoznati, pa smo shranili v 70 % etanolu za kasnejšo determinacijo. Vzorčili smo samo nevretenčarje, vendar smo zabeležili tudi prisotnost vretenčarjev. Vzorce smo ločevali glede na oddaljenost od vhoda (Preglednica 1).

Poljansko bužo smo vzorčili približno do polovice, saj nam je voda v času obiskov preprečila nadaljevanje. Kubik smo ob prvem obisku vzorčili po celotni dolžini, ob drugem obisku pa smo vzorčili samo do razpotja rovov, saj je voda onemogočila prehod. Pečino v Radotah smo vzorčili samo do brezna, ostale izbrane jame pa smo vzorčili v celoti.

Preglednica 1. Seznam sedmih jam v jugozahodni Sloveniji z osnovnimi podatki (vir: E-kataster jam). Prisotnost vode smo označili kot sledi -: kopenski habitat, +: majhna prisotnost, občasni izviri, ++: prevladujoč vodni habitat, stalen izvir (v vodnem delu v Pečini pri Radotah nismo vzorčili)

	Poljanska buža	Kubik	Pečina v Radotah	Pečina pri Kavčičah	Kraljičevka	Jama Čebina	Vipavska jama
Datum							
1. obisk	31.3.2012	23.9.2012	25.9.2012	25.9.2012	6.11.2012	6.11.2012	24.9.1012
2. obisk	11.9.2012	11.3.2013	6.11.2012	6.11.2012	11.3.2013	11.3.2013	26.9.2012
WGS-84							
	45.4903° N 13.7266° E	45.4513° N 13.8514° E	45.4561° N 13.9849° E	45.4707° N 13.9863° E	45.5826° N 13.8782° E	45.6151° N 13.9073° E	45.8447° N 13.9646° E
Dolžina (m)	876	292	402	42	46	31	1932
Globina (m)	91	10	168	7	7	12	64
Delitev jame							
1. del	Vhodni (< 50 m)	Vhodni (< 50 m)	Vhodni (< 50 m)	Vhodni (do police)	Vhodni (sončna svetloba)	Vhodni (sončna svetloba)	Prvi umetni tunel
2. del	Notranji (> 50 m)	Notranji	Notranji (> 50 m)	Notranji (nad polico)	Notranji (popolna tema)	Notranji (popolna tema)	Dvorana Veliko jezero
3. del		Vodni (končni)					Drugi umetni tunel
Kamnina	Fliš	Fliš	Apnenec	Apnenec	Apnenec	Apnenec	Apnenec
Prisotnost vode	+	+	(+)	-	-	-	++

2.3 Laboratorijsko delo

Določevanje organizmov je potekalo v laboratoriju s pomočjo lupe (Leica MZ 12.5) in določevalnih ključev. Živali, ki jih nismo uspeli določiti do vrste, smo medsebojno morfološko primerjali za čim natančnejšo identifikacijo. Vseh živali nismo uspeli določiti do vrste zaradi pomanjkanja specialistov in juvenilne faze nekaterih živali.

Pri določevanju smo si pomagali z naslednjimi viri:

- Mehkužci (Mollusca):
Bole J. 1969. Ključi za določevanje živali. Mehkužci. Ljubljana. Univerza v Ljubljani
- Pajki (Aranea):
Kostanjšek R. 2000. ARANEA Ključ za določevanje pajkov srednje Evrope. Ljubljana.
Roberts M. J. 1995. Spiders of Britain and Northern Europe (Collins Field Guide). Harper Collins Publishers.
- Raki (Crustacea):
Niphargus. <http://niphargus.info/> (datum dostopa: 18. 4. 2013)

- Ravnokrilci (Orthoptera):

Fontana P., Buzzetti F.M., Cogo A., Ode B. 2002. Handbook to the Grasshoppers and Allied Insects of the Veneto Region: Guida al riconoscimento e allo studio di Cavallette, Grilli, Mantidi e Insetti Affini del Veneto. Museo Naturalistico Vicenza.

- Talne živali (različne skupine):

Mršič Narcis. 1997. Živali naših tal: uvod v pedozoologijo - sistematika in ekologija s splošnim pregledom talnih živali. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.

Pri determinaciji nekaterih skupin so nam pomagali tudi specialisti za posamezne skupine: Crustacea Isopoda (mag. Blanka Ravnjak), Myriapoda (prof. dr. Ivan Kos), Myriapoda – Diplopoda (dr. Nives Pagon), Coleoptera (Jože Broder), Lepidoptera (Toni Koren), Diptera (Katja Kalan).

2.4 Obdelava podatkov

Najprej smo pripravili seznam taksonov. Za vsak takson smo določili naslednje kategorije oziroma status taksona: troglobiont/stigobiont, troglofil, trogloksen in parazit. Status taksona smo določili po klasični Schiner-Racovitza terminologiji: troglobionti – prave jamske živali, vključno z vodnimi taksoni, troglofili – živali, ki so del življenja vezani na življenje v jamah in troglokseni – naključne živali v jamah (Romero 2009).

Preverili smo ujemanje števila taksonov z dolžino in globino jam. Uporabili smo Pearsonov korelacijski koeficient, ki predstavlja numerični povzetek moči linearnega razmerja med dvema spremenljivkama. Vrednost koeficienta se giblje med -1 (močno negativna povezava) in +1 (močno pozitivna povezava), za vrednost 0 pa lahko sklepamo, da linearno razmerje ne obstaja (Scott in sod. 2013).

Pogostost posameznih taksonov na območju raziskave smo preverili s pojavljanjem taksonov po posameznih jamah. Pregledali smo razlike v sestavi favne med posameznimi jamami, kot tudi glede na posamezne dele jam. Izračunali smo tudi deleže taksonov z različnimi statusi za vsako jamo in del jame posebej.

Z multivariantnimi statističnimi analizami smo želeli preveriti podobnost združb med posameznimi jamami. Te smo naredili s programom Palaeontological Statistics 2.16 (PAST 2012). V ta namen smo pripravili graf nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja NMDS (ang. *Non-metric multidimensional scaling*). Nemetrično multidimenzionalno skaliranje je indirektna gradientna metoda, ki podatke prikazuje v poljubnem številu dimenzij (Legendre in Legendre 1998). Metoda ne ohranja dejanskih vrednosti, ampak so razdalje rangirane (nemetrično skaliranje). Objekte, ki so si bolj

podobni, postavi bolj skupaj in obratno (Palmer 2008). NMDS iterativno išče rešitev in ustavi računanje, ko je sprejemljiva rešitev najdena ali se ustavi po določenem številu poskusov računanja (Holland 2008). Projekcijo jam vzdolž prvih dveh osi smo povezali z daljicami drevesa najmanjšega razvejanja (ang. *Minimal spanning tree*).

Pripravili smo tudi analizo kopičenja po metodi UPGMA (ang. *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) z Jaccardovim indeksom. Jaccardov indeks oziroma Jaccardov koeficient podobnosti je algoritem, ki se uporablja za primerjavo podobnosti parov. Formula za izračun je: $Jc = a / a + b + c$, kjer a predstavlja število skupnih vrst v vzorcu a in b , b predstavlja vrste, ki se pojavijo le v vzorcu a in ne tudi v b in c vrste, ki se pojavijo le v vzorcu b in ne tudi v vzorcu a (Real in Vargas 1996). UPGMA je metoda neponderirane aritmetične sredine. Predstavlja najlažjo metodo konstruiranja dreves. Metoda UPGMA deluje na algoritmu zaporednega kopičenja (Opperdoes 1997).

S sestavo matrike enostavnih koeficientov poiščemo par z najmanjšo vrednostjo. Ta par predstavljata posamezni drevesi, kateri združimo, razcepišče postavimo na polovični razdalji vrednosti enostavnega koeficienta. Ker smo dva koeficienta združili, je v matriki en podatek manj, zato sestavimo novo matriko, ki vsebuje združen par. Postopek ponavljamo, dokler ne pridemo do zadnjega para (Opperdoes 1997).

Razlike v sestavi združb smo skušali razložiti z oddaljenostjo med jamami ter razlikami v geološki podlagi in okoljskimi parametri, kot je prisotnost vode. Za primerjavo z našimi rezultati smo uporabili metapodatke iz raziskave Polaka in sod. (2012), v kateri so raziskovali med 12 jam, med njimi tudi dve iz naše raziskave (Kubik in Pečina v Radotah). Za analize, priprave grafov in preglednic smo uporabili Microsoft Excel (2007). Za izračun geografskih razdalj med pari jam smo uporabili program Google Zemlja 7.1.2.2041 (Google Earth 2013).

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Seznam taksonov

Skupaj je bilo v sedmih jamah zabeleženih devetdeset taksonov (Preglednica 2). Največ taksonov smo zabeležili v Kubiku (35 taksonov), sledi Poljanska buža (33 taksonov), Vipavska jama (26 taksonov), Pečina v Radotah (20 taksonov), Pečina pri Kavčičah (20 taksonov), Jama Čebina (15 taksonov) in Kraljičevka z najmanj zabeleženimi taksoni (deset taksonov; Preglednica 2, Slika 3). Število po posameznih jamah glede na status prikazujeta Preglednica 3 in Slika 4.

Največ taksonov je bilo najdenih v flišu, v Poljanski buži in Kubiku. Ti dve jami sta bili med največjimi vzorčenimi jamami. Poleg tega so njuni rovi ozki, le na nekaterih redkih mestih lahko stojimo, sicer pa se je potrebno plaziti, zato smo lahko tudi bolj pozorni na živali in lažje vzorčimo po tleh, stenah in stropu. Sicer sta obe jami občasno ponorni in je v njiju prisotna voda. Tudi v Vipavski jami smo zabeležili relativno veliko število taksonov. Tudi ta jama je po dimenzijah velika, poleg tega smo v njej vzorčili dolgo časa. V ostalih jamah smo zabeležili manj taksonov, morda tudi zaradi tega, ker so preostale jame bistveno manjše. Od preostalih jam bi samo še Pečino v Radotah lahko pripisali večjim jamam iz naše raziskave, vendar je bila vzorčena samo do brezna, vodni del pa je ostal nevtorčen.

Naši rezultati se od rezultatov raziskave Polaka in sod. (2012) razlikujejo zaradi drugačnih metod dela. Sami pasti nismo postavljali, poleg tega pa so v omenjeni raziskavi jame vzorčili vsaj tolikokrat kot mi, oziroma do dvakrat več. Seznam taksonov iz študije Polaka in sod. (2012) je popolnejši tudi zato, ker študija vključuje poleg vzorčenih živali tudi literaturne podatke (Prilogi A in B). V jamah, kjer smo vzorčili tako v naši raziskavi kot tudi v pretekli raziskavi (Pečina v Radotah in Kubik) smo opazili naslednje podobnosti in razlike. V Kubiku smo zabeležili 35 taksonov, Polak in sod. (2012) pa 22. Zabeležili smo le osem istih taksonov: *Nesticus eremita*, *Monolitra bericum hadzii*, *Eschatocephalus vespertilionis*, *Niphargus krameri*, Staphylinidae sp., *Bathysciotes khevenhuelleri*, *Troglophilus neglecta* in *Rhinolophus hipposideros*. Zabeležili smo dodatnih 27 taksonov, Polak in sod. (2012) pa 14. V Pečini v Radotah smo zabeležili 20 taksonov, Polak in sod. (2012) 22, od tega pet skupnih *Laemostenus cavicola*, *Titanethes dahli*, *Troglophilus neglecta*, *Rhinolophus hipposideros* in *Rhinolopus ferrumequinum*. Dodatno smo torej zabeležili 15 taksonov, Polak in sod. (2012) pa še 18. Ob več obiskih jam bi verjetno našli tudi več enakih taksonov. Opazne so tudi razlike zaradi metodologije zbiranja podatkov. V naši raziskavi smo vzorčili tudi vhodne dele in s tem popisali več površinskih taksonov.

Preglednica 2. Seznam taksonov iz sedmih jam v jugozahodni Sloveniji. Okrajšave: Status: Tb – troglobionti, Tf – troglofili, Tx – troglokseni, Par – paraziti; Jama: 1 – Poljanska buža, 2 – Kubik, 3 – Pečina v Radotah, 4 – Pečina pri Kavčičah, 5 – Kraljičevka, 6 – Jama Čebina, 7 – Vipavska jama.

Višji taksoni	Rod, vrsta (podvrsta)	Status	Jama						
			1	2	3	4	5	6	7
Gastropoda									
Pulmonata									
Carychiidae	<i>Zospeum</i> spp.	Tb		X					
Zonitidae	<i>Aegopinella inermis</i> (Forcart, 1959)	Tx		X					
	<i>Aegopis verticillus</i> (Lamarck, 1822)	Tx		X		X	X	X	X
	<i>Daudebardia rufa</i> (Draparnaud, 1805)	Tx	X			X			
Clausiliidae	Clausiliidae spp.	Tx	X	X					
Pomatiasidae	<i>Pomatias elegans</i> (Müller, 1774)	Tx	X			X			
Orculidae	<i>Orcula dolium</i> (Draparnaud, 1801)	Tx		X					
Helicidae	<i>Candidula</i> sp.	Tx		X					
Chondrinidae	<i>Abida frumentum</i> (Draparnaud, 1801)	Tx	X	X					
	<i>Chondrina avenacea</i> (Bruguière, 1792)	Tx	X			X			
Succineidae	<i>Oxyloma elegans</i> (Risso, 1826)	Tx			X	X			
Oleacinidae	<i>Poiretia algira</i> (Bruguière, 1792)	Tx	X						
Cochlostoma	Cochlostoma spp.	Tx			X				
Nedoločeno	sp. 1	Tx	X						
	sp. 2	Tx				X			
Clitellata									
Oligochaeta	sp. 1	Tx	X						
Lumbricidae	Lumbricidae spp.	Tx		X	X	X	X	X	
ARTHROPODA									
Arachnida									
Araneae									
Metidae	<i>Meta menardi</i> (Latreille, 1804)	Tf	X	X	X	X	X	X	X
Pholcidae	<i>Pholcus</i> sp.	Tx						X	X
Nesticidae	<i>Nesticus eremita</i> (Simon, 1879)	Tf	X	X			X	X	X
Oxyopidae	Oxyopidae sp.	Tx		X					
Tetragnathidae	Tetragnathidae sp. 1	Tx							X
	Tetragnathidae sp. 2	Tx		X					
Araneidae	Araneidae sp. 1	Tx							X
	Araneidae sp. 2	Tx							X
Cybaidae	Cybaidae sp. 1	Tx							X
	Cybaidae sp. 2	Tx	X						
	Cybaidae sp. 3	Tx	X						
	Cybaidae sp. 4	Tx		X					
Scytodidae	Scytodidae sp.	Tx		X					
Nedoločeno	sp. 1	Tx							X

(se nadaljuje)

Višji taksoni	Rod, vrsta (podvrsta)	Status	Jama						
			1	2	3	4	5	6	7
Pseudoscorpiones									
Neobisiidae	<i>Neobisium</i> sp. 1	Tb	X	X					
	<i>Neobisium</i> sp. 2	Tx							X
Opiliones									
Nemastoma	Nemastoma sp.	Tx				X			
Ixodea									
Ixodidae	<i>Eschatocephalus vespertilionis</i> (Koch 1844)	Par	X	X					
	<i>Ixodes ricinus</i> (Linnaeus, 1758)	Par	X						
Crustacea									
Malacostraca									
Eumalacostraca									
Peracarida									
Amphipoda									
Niphargidae	<i>Niphargus labacensis</i> (Sket, 1956)	Tb	X						
	<i>Niphargus krameri</i> (Schellenberg, 1935)	Tb		X					
	<i>Niphargus orcinus</i> (Joseph, 1869)	Tb							X
	<i>Niphargus stygius</i> (Schiödte, 1847)	Tb	X						
Isopoda									
Porcelionidae	<i>Porcelio laevis</i> (Latreille, 1804)	Tx						X	
Sphaeromatidae	<i>Monolistra bericum hadzii</i> (Sket, 1959)	Tb	X	X					
Trachelipodidae	<i>Trachelipus</i> sp.	Tb		X		X			X
	<i>Trachelipus arcuatus</i> (Budde-Lund, 1885)	Tb				X			
	<i>Trachelipus ratzeburgii</i> (Brandt, 1833)	Tb			X	X			
Trichoniscidae	Trichoniscidae sp.	Tb	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Titanethes dahli</i> (Verhoeff, 1926)	Tb		X	X	X	X		X
	<i>Hyloniscus</i> sp.	Tb	X						
Eucarida									
Decapoda									
Caridea									
Atyidae	<i>Troglocaris anophthalmus sontica</i> (Jugovic, Jalžić, Prevorčnik & Sket, 2012)	Tb							X
Myriapoda									
Chilopoda									
Litobiomorpha									
Lithobiidae	<i>Lithobius</i> sp.	Tx		X	X				
	<i>Eupolybothrus</i> sp.	Tx			X				

(se nadaljuje)

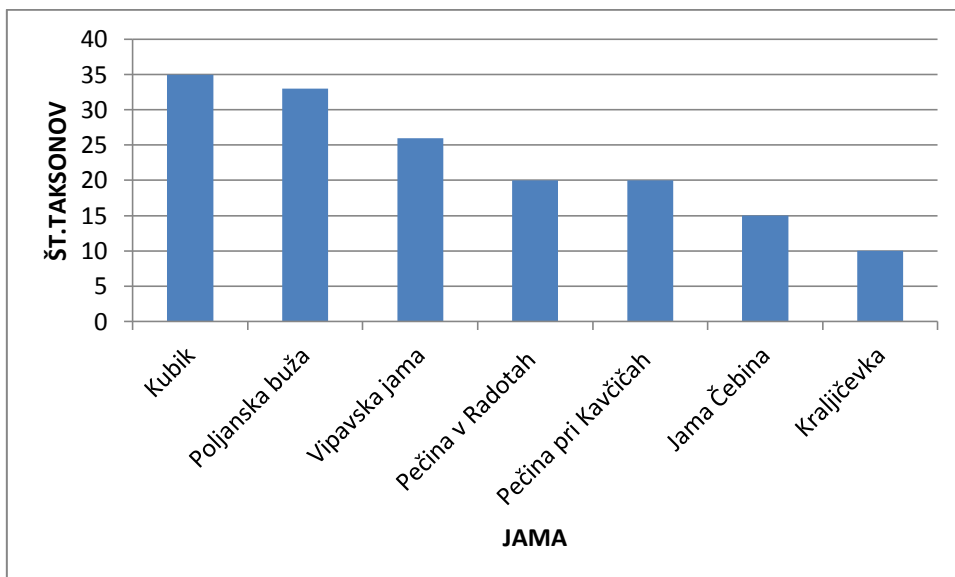
Višji taksoni	Rod, vrsta (podvrsta)	Status	Jama						
			1	2	3	4	5	6	7
Scolopendromorpha									
Cryptopidae	<i>Cryptops anomalans</i> (Newport, 1844)	Tx	X						
Chilopoda	Chilopoda sp.	Tx	X						
Chondrodridae	Chondrodridae sp.	Tx	X						
Diplopoda									
Calipodida	Calipodida sp.	Tx	X	X					
Julida									
Julidae	Julidae spp.	Tx	X						
Polydasmidae									
Machilidae									
Machilinae	Machilinae sp.	Tx			X				
Praemachilinae	Praemachilinae sp.	Tx			X				
Collembola									
Entomobryomorpha									
Entomobryidae	Entomobryidae sp.	Tb					X		
Tomoceridae	Tomoceridae sp.	Tb			X				
Poduromorpha									
Onychiuridae	<i>Onychiurus</i> sp.	Tb							X
Symphypleona									
Sminturidae	Sminturidae sp.	Tx			X				
INSECTA									
Coleoptera									
Bathysciina	<i>Bathysciotes khevenhuelleri</i> (Miller, 1852)	Tb	X		X				
Carabidae	<i>Abax carinatus</i> (Duftschmid, 1812)	Tx		X					
	<i>Laemostenus elongatus</i> (Dejean, 1828)	Tf	X		X				
	<i>Laemostenus cavicola</i> (Schaum, 1858)	Tf		X	X		X		
	<i>Laemostenus schreibersii</i> (Kuster, 1846)	Tx							X
	<i>Molops piceus</i> (Panzer, 1793)	Tx							X
	<i>Platynus scrobiculatus</i> (Fabricius 1801)	Tx		X					
Cholevidae	<i>Choleva</i> sp.	Tf							X
Staphylinidae	Staphylinidae sp.	Tx		X					
	<i>Atheta</i> sp.	Tx	X	X					
	<i>Ocypus olens</i>	Tx	X						
	<i>Quedius</i> sp.	Tx	X	X					
Tenebrionidae	<i>Enoplopus velikensis</i> (Solier, 1848)	Tx							X
Orthoptera									
Rhaphidophoridae	<i>Troglophilus cavicola</i> (Kollar, 1833)	Tf		X			X		
	<i>Troglophilus neglecta</i> (Krauss, 1879)	Tf	X	X	X	X	X	X	X

(se nadaljuje)

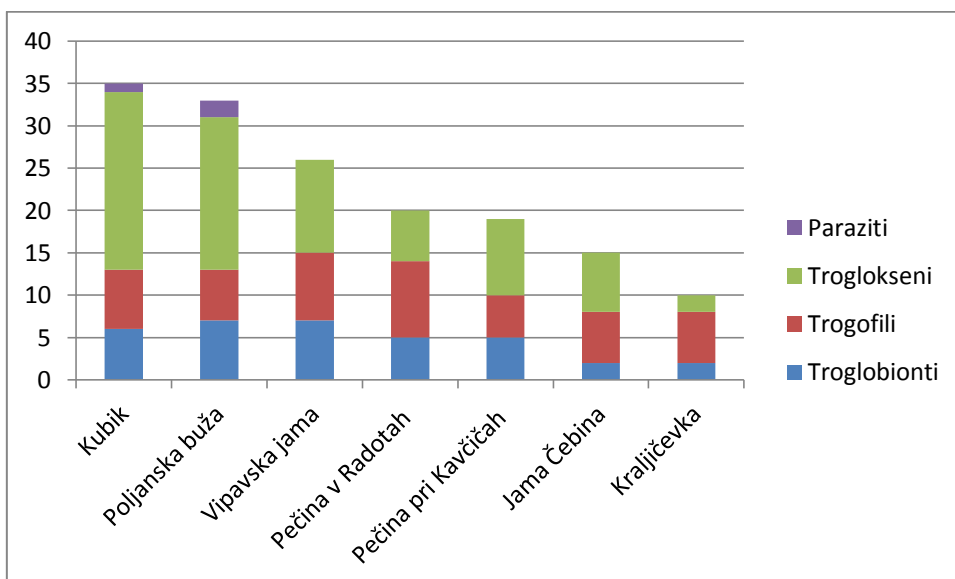
Višji taksoni	Rod, vrsta (podvrsta)	Status	Jama						
			1	2	3	4	5	6	7
Trichoptera									
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)	Tx		X					
Lepidoptera									
Geometridae	<i>Triphosa dubitata</i> (Linnaeus, 1758)	Tf				X		X	X
Noctuidae	<i>Apopestes spectrum</i> (Esper, 1787)	Tf			X				
	<i>Scoliopteryx libatrix</i> (Linnaeus, 1758)	Tf							X
Diptera									
Limoniidae	Limoniidae spp.	Tf	X	X	X	X			X
Mycetophilidae	Mycetophilidae spp.	Tf			X	X	X	X	
Culicidae	Culicidae sp.	Tx							X
Hymenoptera	Hymenoptera sp.	Tx		X					
Amphibia									
Caudata	<i>Proteus anguinus</i> (Laurenti, 1768)	Tb							X
Anura	<i>Rana latastei</i> (Boulenger, 1879)	Tx							X
	<i>Rana temporaria</i> (Linnaeus, 1758)	Tx							X
Mammalia									
Chiroptera									
Rhinolophidae	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	Tf	X	X	X			X	X
	<i>Rhinolopus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)	Tf			X				
Število taksonov			33	35	20	19	10	15	26

Preglednica 3. Število in odstotek (%) troglobiontov, troglofilov, trogloksenov in parazitov v sedmih jamah v jugozahodni Sloveniji.

Status	Poljanska buža	Kubik	Pečina v Radotah	Pečina pri Kavičah	Kraljičevka	Jama Čebina	Vipavska jama
Troglobionti	7 (21.2%)	6 (17.1%)	5 (25%)	5 (26.3%)	2 (20%)	2 (13.3%)	7 (26.9%)
Troglofili	6 (18.2%)	7 (20%)	9 (45%)	5 (26.3%)	6 (60%)	6 (40%)	8 (30.8%)
Troglokseni	18 (54.5%)	21 (60%)	6 (30%)	9 (47.4%)	2 (20%)	7 (46.7%)	11 (42.3%)
Paraziti	2 (6.1%)	1 (2.9%)	0	0	0	0	0
Skupaj	33	35	20	19	10	15	26



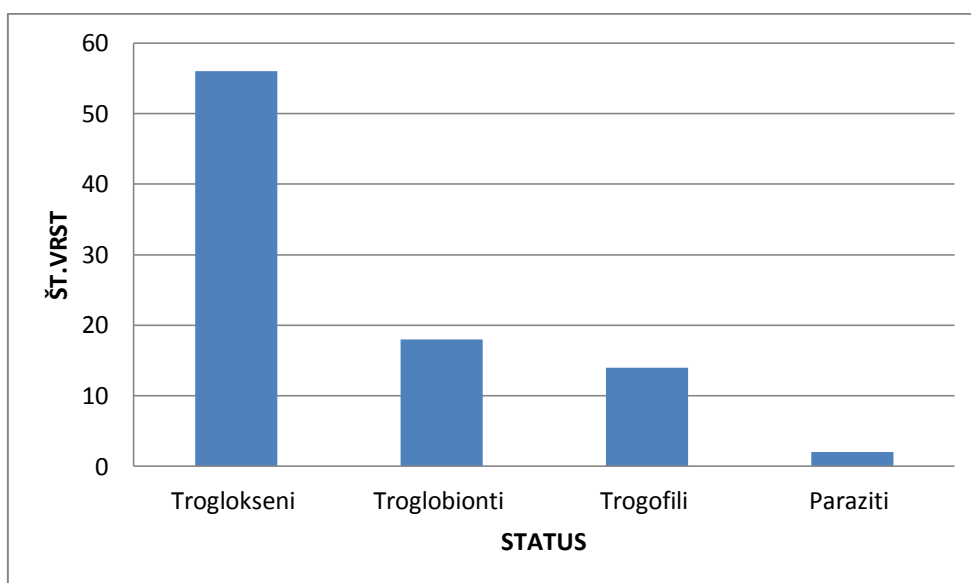
Slika 3. Število zabeleženih taksonov v posamezni jami.



Slika 4. Število zabeleženih taksonov glede na status v posamezni jami.

3.2 Vzorčeni taksoni glede na status

Od vseh devetdeset najdenih taksonov je bilo determiniranih kot troglobiontskih osemnajst (20 %) taksonov, 56 (62.2%) taksonov je bilo trogloksenov in štirinajst (15.6%) troglofilov. Zabeležili smo tudi dva (2.2%) parazitska taksona (Slika 5).



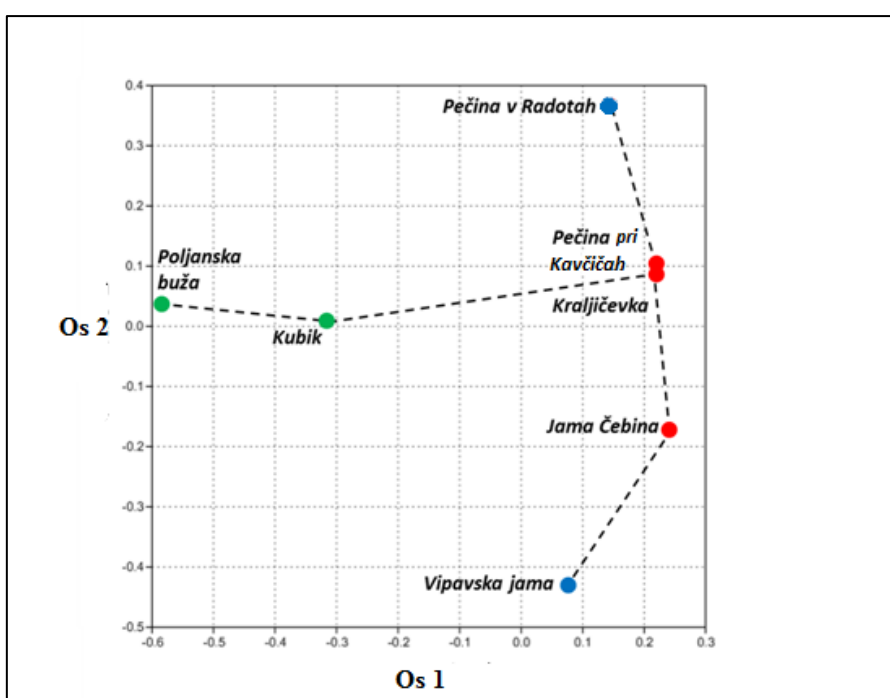
Slika 5. Število zabeleženih taksonov glede na status.

Od vseh taksonov smo zabeležili največ trogloksenov, le-te večinoma najdemo na vhodnih delih jam, kamor še sega sončna svetloba in je še prisotna primarna produkcija. Razlog za tako število zabeleženih trogloksenov bi bil lahko tudi velikost vzorčenih jam, saj imajo krajše jame manj habitata z značilnim jamskim okoljem in troglokseni lažje in hitreje pridejo tudi v končne dele takih jam. Troglokseni se lahko znajdejo v jami tudi zaradi vodnega toka. Troglobiontskih vrst je pričakovano manj in so večinoma manj pogoste od tistih, ki jih najdemo na vhodnih delih jam, zato jih tudi lažje in hitreje spregledamo. Vsako od sedmih jam smo vzorčili dvakrat, večkratno vzorčenje bi verjetno pripomoglo k več zabeleženim taksonom, med drugim tudi troglobiontov.

Naši rezultati se razlikujejo od rezultatov Polaka in sod. (2012; Priloga C). Od 157 taksonov so zabeležili 59 (37.6%) troglobiontov, 50 (31.9%) troglofilov, 35 (22.3%) trogloksenov, 11 (7%) edafskih taksonov, enega (0.6%) parazita in en takson (0.6%), ki je ostal neopredeljen. V naši študiji smo skupaj zabeležili 20 % troglobiontov, Polak in sod. (2012) pa 37.6%. V študiji Polaka in sod. (2012) je morda razlog za višji odstotek troglobiontov tudi večkratno in bolj učinkovito vzorčenje kot v naši študiji, z večjim poudarkom na vzorčenju troglobiontov. Poleg tega so Polak in sod. (2012) vzorčili druge jame, kot smo jih mi v naši študiji.

3.3 Podobnost sestave favne med jamami

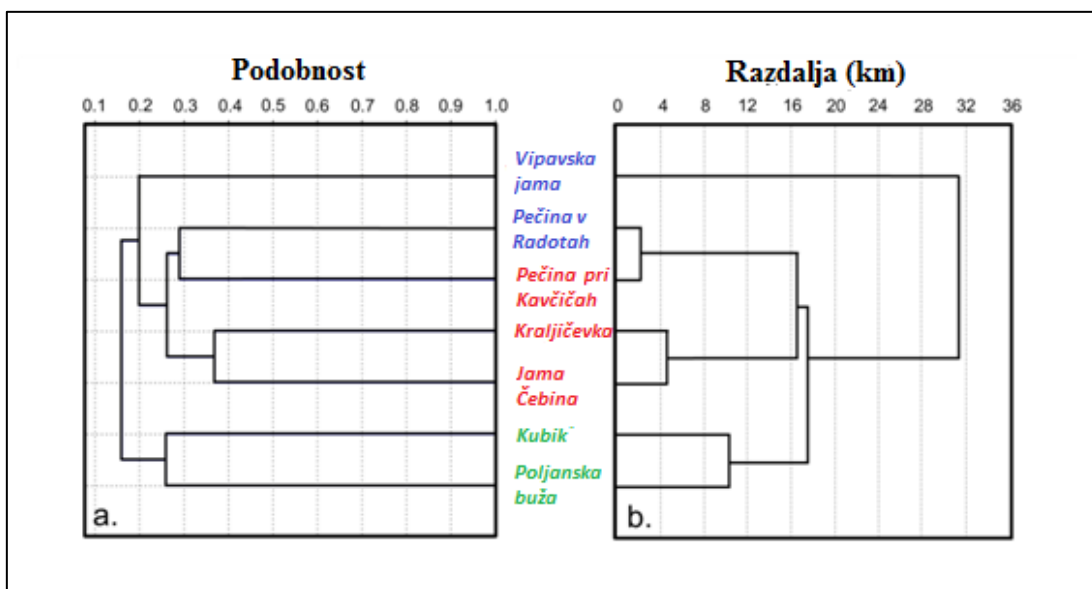
Projekcija sedmih jam vzdolž prvih dveh osi v analizi NMDS je pokazala na jasne razlike v združbah med posameznimi jamami (Slika 6). Daljice drevesa najmanjšega razvejanja kažejo na visoko stopnjo podobnosti v združbah iz jam s podobnimi okoljskimi razmerami. Na eni strani se združita v skupino obe jami v flišu (siva Istra), na drugi strani pa pet jam v apnencu (bela Istra in Vipavska jama). Povezava med obema skupinama poteka med Kraljičevko iz bele ter Kubikom iz sive Istre. Geografsko najbolj oddaljena Vipavska jama je povezana z Jamo Čebino (bela Istra), edina jama iz bele Istre s stalnim vodotokom (Pečina v Radotah) pa z njej najbližjo Pečino pri Kavčičah.



Slika 6. Projekcija sedmih jam v jugozahodni Sloveniji vzdolž prvih dveh osi v NMDS ob upoštevanju favnistične sestave. Črtna črta: drevo najmanjšega razvejanja. Uporabljeni so podatki o prisotnosti taksonov. Barve: modra – apnenec (prisotna ponikalnica), rdeča – bela Istra (apnenec, brez stalnega vodotoka), zelena – siva Istra.

Projekcija dvanajstih jam (Polak in sod., 2012) vzdolž dveh osi v analizi NMDS je prav tako pokazala jasne razlike v združbah med posameznimi jamami (Priloga D). Tako kot v naših rezultatih drevo najmanjšega razvejanja (MST) nakazuje visoko stopnjo podobnosti v združbah iz jam s podobnimi okoljskimi razmerami. Vse jame iz rdeče Istre so tesno skupaj, prav tako jame iz sive Istre. Blizu so si tudi jame iz bele Istre, le Jama pod Krogom je daleč stran od preostalih jam te skupine in hkrati najbolj podobna Pincinovi jami iz rdeče Istre. Jama pod Krogom je bila v tej študiji edina z močnim izviro in je verjetno zato bolj podobna drugim vodnim jamam, čeprav te ležijo na drugačni geološki podlagi.

Podobnost sestave favne smo preverjali tudi z metodo UPGMA. Ugotovili smo, da so združbe posameznih jam zelo različne, saj celo med jamama Kraljičevka in Jama Čebina, ki sta si najbolj podobni, stopnja podobnosti ne presega 40 % (Slika 7). Kljub temu pa se jame razporedijo v skupine skladno s tremi dejavniki: (1) geološko podlago, (2) geografsko oddaljenostjo ter (3) prisotnostjo vode. Vipavska jama z najbolj posebno združbo je jama z močnim izvirom, poleg tega pa je tudi geografsko najbolj oddaljena od preostalih analiziranih jam.



Slika 7. (a) Analiza kopičenja (metoda UPGMA: Jaccardov indeks, prisotnost/odsotnost taksonov) podobnosti v favni med sedmimi jamami v Sloveniji in (b) prikaz geografskih razdalj med jamami. Barve: modra – apnenec (prisotna ponikalnica), rdeča – bela Istra (apnenec, brez stalnega vodotoka), zelena – siva Istra.

Metoda UPGMA je pokazala, da so si združbe v dvanajstih jamah (Polak in sod., 2012) zelo različne, podobno kot v naši raziskavi. Sestava favne je bila najbolj podobna v Račiški pečini in Medvedjaku (bela Istra) ter Markovi jami in Jami pri Buričih (hrv. Jama kod Burići, rdeča Istra). Podobnost v sestavi favne je zopet močno odražala podobnosti v geološki podlagi. V sestavi favne se tudi v tej analizi izkaže kot posebna Jama pod Krogom, ki je jama z močnim izvirom. Geografske razdalje med jamami se večinoma ujemajo s podobnostjo v sestavi favne med njimi. Tako se tudi večina jam iz bele Istre združi tesno skupaj. Še najdlje od preostalih leži Rabakova špilja, ki je z izjemo že omenjene Jame pod Krogom tudi favnistično najbolj drugačna od preostalih jam bele Istre. Leži že na skrajnem robu bele Istre in je po zračni razdalji bližje jamam iz sive Istre. Jame so se razporedile bolj tesno skupaj glede na geološko podlago in prisotnost vode kot glede na razdaljo (gl. Priloge E in F).

3.4 Korelacija med številom taksonov in dolžino ter globino jam

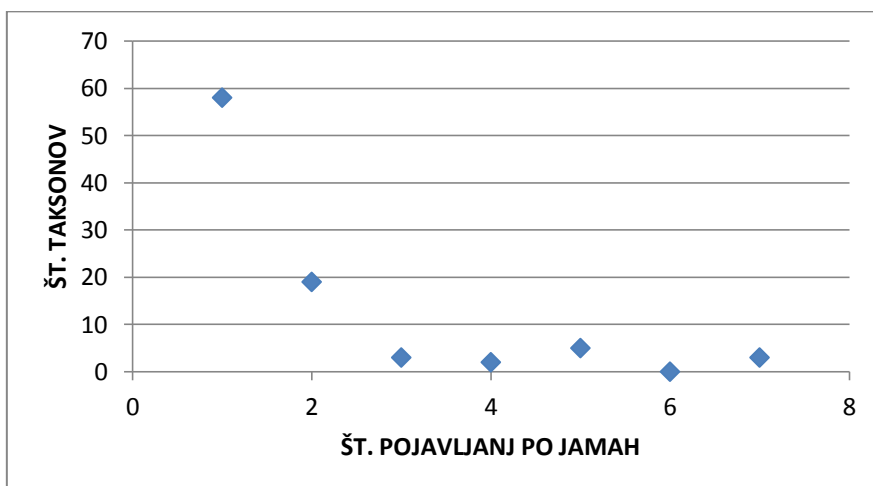
Korelacija med številom taksonov in dolžino jam je pozitivna (Pearsonov koeficient korelacije = 0.44). Prav tako je pozitivna korelacija med številom taksonov in globino jam, vendar je ta šibka (Pearsonov koeficient korelacije = 0.17).

Korelacija med številom taksonov in dolžino jam ter številom taksonov in globino jam sta se izkazali za pozitivni tudi v analizi Polaka in sod. (2012), vendar je tudi v tem primeru povezava šibka oziroma je zanemarljiva (Pearsonov koeficient korelacije: število taksonov – dolžina jam = 0.24; število taksonov – globina jam = 0.04)

Predvidevamo, da je v daljših in globljih jamah več taksonov prisotnih zaradi več razpoložljivega prostora, poleg tega pa je v globljih jamah tudi večje število troglobiontov, se pa zato delež preostalih skupin močno zmanjša. Ne glede na to, več različnih habitatov naseljuje večje število vrst. Čeprav ni nujno, je to verjetno povezano z večjimi dimenzijami jame. Predvidevamo, da je še posebej nizka korelacija iz raziskave Polaka in sod. (2012) posledica tega, da so se raziskovalci osredotočili predvsem na vzorčenje jamskih in zelo malo površinskih živali.

3.5 Pojavljanje taksonov po jamah

Preverili smo, koliko taksonov se po posameznih jamah pojavlja ter rezultate predstavili grafično (Slika 8). Največji delež taksonov (58 taksonov, 64.4 %) smo zabeležili v eni sami jami. V dveh jamah se pojavi devetnajst (21.1 %) taksonov, trikrat se pojavijo trije (3.3 %), štirikrat se pojavita dva taksona (2.2 %), petkrat pa se pojavi pet (5.6 %) taksonov. V vseh sedmih jamah smo zabeležili le tri (3.3 %) pojavljajoče se taksone.



Slika 8. Število pojavljanj taksonov po jamah.

Podobni so tudi rezultati raziskave Polaka in sod. (2012, Priloga G). Prav tako se je največ taksonov nahajalo v samo eni jami (88 taksonov, 56 %). Samo po en takson je bil zabeležen v vseh dvanajstih (*Troglophilus neglectus*) oziroma v devetih jamah (*Troglopedetes palidus*). Po dva taksona sta bila zabeležena v osmih (*Rhinolophus hipposideros*, *Oncopodur* sp.) oziroma sedmih jamah (*Limonia* sp., *Rhinolophus ferrumequinum*). Krivulja prav tako strmo pada. V obeh primerih je bilo največ taksonov zabeleženih v samo eni jami, kar lahko nakazuje na edinstvenost favne v vsaki jami.

V vseh sedmih jamah smo zabeležili tri taksone: *Meta menardi*, Trichoniscidae sp. in *Troglophilus neglecta*. Pogosto, v petih jamah, smo zabeležili še šest taksonov: *Aegopis verticillus*, Lumbricidae spp., *Nesticus eremita*, Limoniidae spp., *Rhinolophus hipposideros*, *Titanethes dahli*. V štirih jamah smo zabeležili Mycetophilidae spp. in v treh jamah tri taksone: *Trachelipus* sp., *Laemostenus cavicola*, *Triphosa dubitata* (Preglednica 4). V le dveh jamah smo zabeležili devetnajst in v le eni jami 58 taksonov (gl. Preglednico 2). Število ponovitev taksonov v posameznih jamah prikazuje Preglednica 4 (izvzeti so taksoni, ki smo jih zabeležili v dveh ali le v eni jami).

Med najbolj pogoste taksone spada pajek *Meta menardi*, verjetno zato, ker je na celotnem območju popisa splošno razširjen. Enakonožni raki iz družine Trichoniscidae so prav tako pogosti, a moramo poudariti, da niso bili določeni do vrste, kar pomeni, da je lahko tu dejansko več vrst. Tudi jamska kobilica *Troglophilus neglecta* je tako kot *M. menardi* v vhodnih delih jam pogosta vrsta na preiskovanem območju. Ostali taksoni se pogosto pojavljajo po jamah zaradi svojega širokega območja razširjenosti, nekateri taksoni paprav tako kot že omenjeni izopodni raki niso določeni do vrst.

Najpogostejši troglobiontski taksoni so bili: izopodni raki Trichoniscidae sp. in *Trachelipus* sp, ter mokrica *Titanethes dahli*. Med najbolj pogosto zabeleženimi vrstami pa prevladujejo troglifili (osem vrst), najmanj pogosti pa so troglokseni (2 vrsti; Preglednica 4).

Preglednica 4. Pojavljajoči se taksoni v sedmih jamah v jugozahodni Sloveniji. Status: Tb – troglobionti, Tf – troglofilni, Tx – troglokseni, Par – paraziti. Oznake jam: 1 – Poljanska buža, 2 – Kubik, 3 – Pečina v Radotah, 4 – Pečina pri Kavčičah, 5 – Kraljičevka, 6 – Jama Čebina, 7 – Vipavska jama.

Takson	Status	Število jam	1	2	3	4	5	6	7
<i>Meta menardi</i>	Tf	7	X	X	X	X	X	X	X
Trichoniscidae sp.	Tb	7	X	X	X	X	X	X	X
<i>Troglophilus neglecta</i>	Tf	7	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aegopis verticillus</i>	Tx	5		X		X	X	X	X
Lumbricidae spp.	Tx	5		X	X	X	X	X	
<i>Nesticus eremita</i>	Tf	5	X	X			X	X	X
Limoniidae spp.	Tf	5	X	X	X	X			X
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Tf	5	X	X	X			X	X
<i>Titanethes dahli</i>	Tb	5	X	X	X	X			X
Mycetophilidae spp.	Tf	4			X	X	X	X	
<i>Trachelipus</i> sp.	Tb	3		X		X			X
<i>Laemostenus cavicola</i>	Tf	3		X	X		X		
<i>Triphosa dubitata</i>	Tf	3				X		X	X

3.6 Vzorčeni taksoni po posameznih jamah glede na oddaljenost od vhoda

3.6.1 Fliš

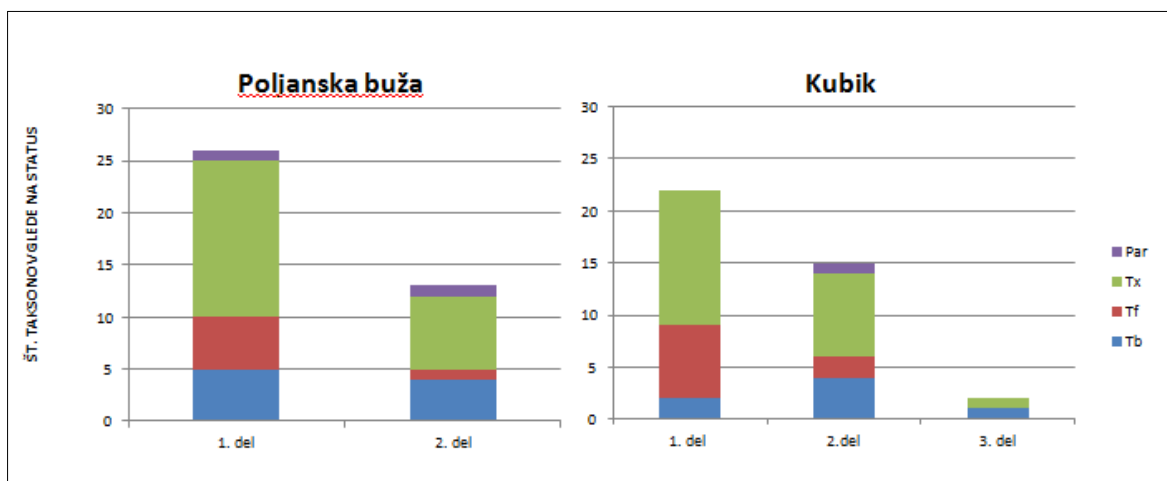
V prvem delu Poljanske buže (<50 metrov od vhoda) smo zabeležili 26 taksonov. Od tega smo zabeležili po pet troglobiontov in troglofilov, petnajst trogloksenov in enega parazita. V drugem delu (>50 metrov od vhoda) smo zabeležili trinajst taksonov, od tega štiri troglobionte, enega troglofila in parazita ter sedem trogloksenov (Preglednica 5, Slika 9). V obeh delih smo zabeležili šest taksonov: Clausiliidae spp., *Monolistra bericum hadzii*, Calipodida spp., Julidae spp., *Bathysciotes khevenhuelleri*, *Atheta* spp.

V prvem delu Kubika (<50 metrov od vhoda) smo zabeležili 22 taksonov. Od tega smo zabeležili dva troglobionta, sedem troglofilov in trinajst trogloksenov. V drugem delu (>50 metrov od vhoda) smo zabeležili petnajst taksonov: štiri troglobionte, dva troglofila, osem trogloksenov in enega parazita. V zadnjem vodnem delu smo našli dva taksona, po enega troglobionta in parazita (Preglednica 5, Slika 9). V prvih dveh delih smo zabeležili prisotnost štirih taksonov (*Laemostenus cavicola*, Trichoniscidae spp., *Nesticus eremita*, Clausiliidae spp.).

Največ taksonov je bilo zabeleženih v prvem delu obeh omenjenih jam. Vzorčili smo neposredni vhod, kjer jamsko okolje še ni izrazito, zato je bila biotska pestrost favne v prvih delih obeh jam bistveno višja kot v notranjosti. V obeh jamah smo v drugem delu zabeležili več troglobiontskih taksonov. Razlog, da smo tudi v drugem delu našli površinske vrste, je lahko posledica naše delitve jam. Smatrali smo vse, kar je bilo več kot 50 metrov od vhoda za drugi del, kar pa je še vedno relativno blizu vhoda in so tam, čeprav v manjšem številu, površinske živali še lahko prisotne.

Preglednica 5. Število taksonov glede na status v Poljanski buži in Kubiku (jami v flišu) v posameznem delu jame.

	Troglobionti	Trogofili	Troglokseni	Paraziti	Skupaj
POLJANSKA BUŽA					
1. del	5	5	15	1	26
2. del	4	1	7	1	13
KUBIK					
1. del	2	7	13	0	22
2. del	4	2	8	1	15
3. del	1	0	1	0	2



Slika 9. Število taksonov glede na status v Poljanski buži in Kubiku (jami v flišu) v posameznem delu jame.

3.6.2 Apnenec

V prvem delu Pečine v Radotah (<50 metrov od vhoda) smo zabeležili devet taksonov, od tega enega troglobionta, pet troglofilov in tri trogloksene. Dvanajst taksonov smo zabeležili v drugem delu jame, od tega štiri troglobionte, pet troglofilov in tri trogloksene (Preglednica 6, Slika 10). Samo en takson, malega podkovnjaka (*Rhinolophus hipposideros*) smo zabeležili v obeh delih jame.

V prvem, vhodnem delu smo v Pečini pri Kavčičah zabeležili petnajst taksonov, tri troglobionte, deset troglofilov in dva trogloksena. Devet taksonov smo zabeležili v drugem delu jame, od tega po štiri troglobionte in troglofile ter enega trogloksena (Preglednica 6, Slika 10). Trije taksoni so bili zabeleženi v obeh delih: *Titanethes dahli*, Trichoniscidae spp. in *Aegopis verticillus*.

V prvem delu Kraljičevke smo zabeležili sedem taksonov, pet troglofilov in dva trogloksena. Osem taksonov smo zabeležili v drugem delu jame, od tega dva troglobionta in šest troglofilov (Preglednica 6, Slika 10). V obeh delih smo zabeležili pet taksonov: Mycetophilidae spp., *Triglophilus neglecta*, *Triglophilus cavicola*, *Nesticus eremita* in *Meta menardi*.

V vhodnem delu Jame Čebina smo zabeležili trinajst taksonov, šest troglofilov in sedem trogloksenov. V drugem je bilo prisotnih devet taksonov, po dva troglobionta in trogloksena in pet troglofilov (Preglednica 6, Slika 9). V obeh delih smo zabeležili sedem taksonov: *Aegopis verticillus*, Pholcidae spp., *Nesticus eremita*, *Troglophilus neglecta*, *Triphosa dubitata*, Mycetophilidae spp. in *Rhinolophus hipposideros*.

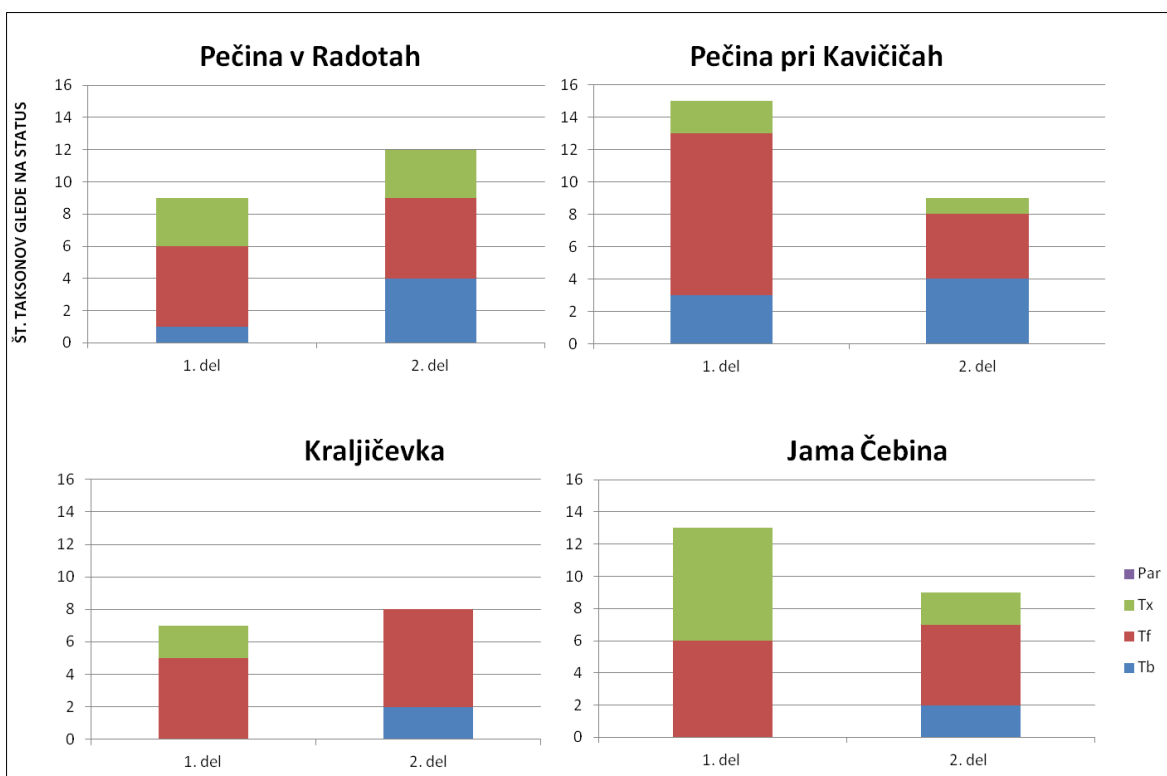
V prvem delu Vipavske jame smo zabeležili osemnajst taksonov: od tega enega troglobionta, sedem troglofilov in deset trogloksenov. Sedem taksonov smo zabeležili v drugem delu: pet troglobiontov in po enega troglofila in trogloksena. V tretjem delu smo zabeležili dva taksona, po enega troglobionta in troglofila (Preglednica 6, Slika 11). Samo en takson, mali podkovnjak (*Rhinolophus hipposideros*) se je ponovil v dveh delih, v drugem in tretjem.

Pečina pri Kavčičah ima relativno velik vhod, zato je celoten vhodni del podvržen dejavnikom s površja, kar pomeni, da tam lahko najdemo tudi večjo vrstno pestrost predvsem na račun površinskih živali. Pravo jamsko okolje predstavlja le nekaj kvadratnih metrov nad trimetrsko polico, kjer smo našli največ troglobiontov. V Jami Čebina smo zabeležili edina dva troglobionta v drugem delu. Jama je precej onesnažena, zato bi bil lahko to tudi razlog za majhno število troglobiontov, saj organski material lahko daje

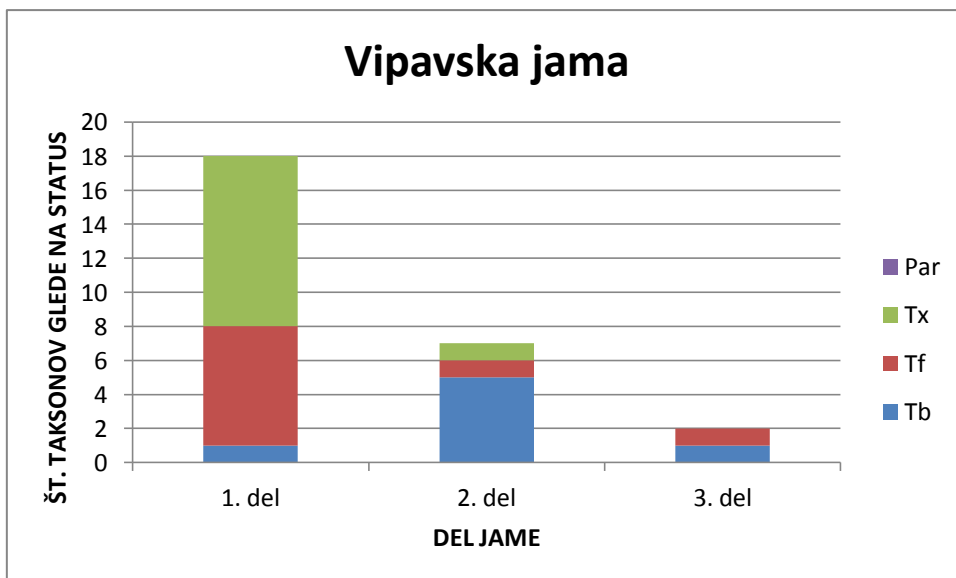
prednost površinskim vseljencem, ki so jim troglobionti težko konkurenčni (Sket 1999a; Polak 2012). V Pečini v Radotah in Kraljičevki prav tako delež pravih jamskih taksonov v drugem delu naraste (gl. Slika 10).

Preglednica 6. Število taksonov glede na status v Pečini v Radotah, Pečini pri Kavčičah, Kraljičevki, Jami Čebini in Vipavski jami (jame v apnencu) po posameznih delih jam.

	Troglobionti	Troglofilni	Troglokseni	Paraziti	Skupaj
PEČINA V RADOTAH					
1. del	1	5	3	0	9
2. del	4	5	3	0	12
PEČINA PRI KAVČIČAH					
1. del	3	10	2	0	15
2. del	4	4	1	0	9
KRALJIČEVKA					
1. del	0	5	2	0	7
2. del	2	6	0	0	8
JAMA ČEBINA					
1. del	0	6	7	0	13
2. del	2	5	2	0	9
VIPAVSKA JAMA					
1. del	1	7	10	0	18
2. del	5	1	1	0	7
3. del	1	1	0	0	2



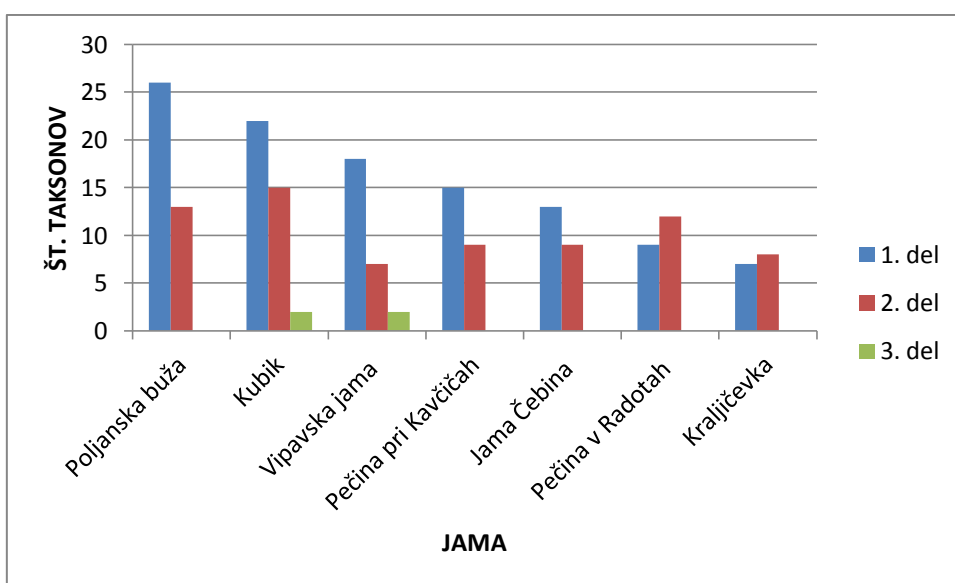
Slika 10. Število taksonov glede na status v Pečini v Radotah, Pečini pri Kavčičah, Kraljičevki in Jami Čebina (jame v apnencu) po posameznih delih jam.



Slika 11. Število taksonov glede na status v Vipavski jami (jama v apnencu z močnim izvirom) po posameznih delih jame.

3.6.3 Število vseh vzorčenih taksonov po delih posameznih jam

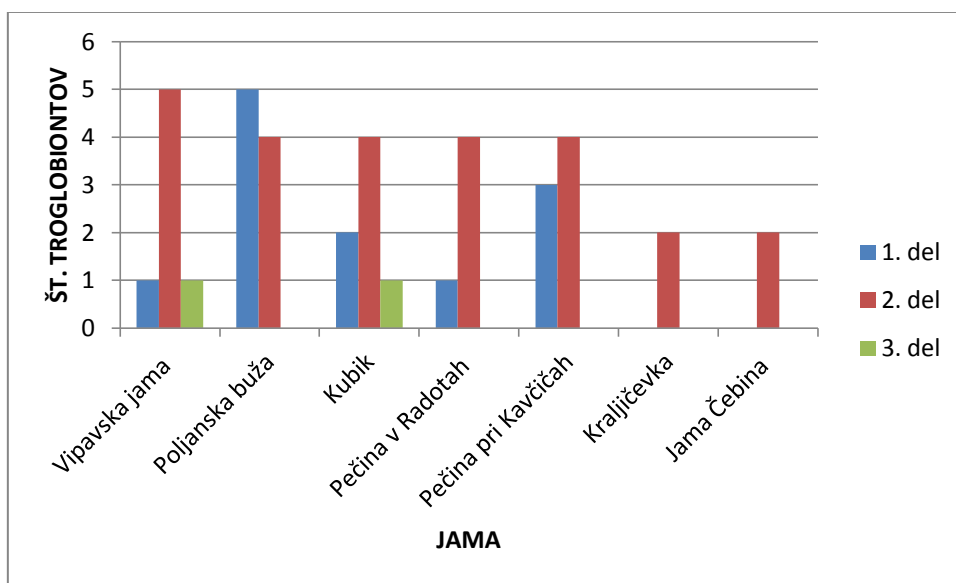
V petih jamah je največ taksonov zabeleženih v prvem delu jame (Poglavje 3.6.1 in 3.6.2). V prvem delu smo jih največ zabeležili v Poljanski buži (26), Kubiku (22), Pečini pri Kavčičah (15), Jami Čebina (13) in Vipavski jami (18). V drugem delu pa smo največ taksonov zabeležili v Pečini v Radotah (12) in Kraljičevki (8) (Slika 12). Razlog je lahko naša delitev jame, saj drugi del Pečine v Radotah predstavlja relativno majhno dolžino od vhoda, ali pa smo bili pri vzorčenju na vhodu manj pozorni. Na to vpliva dimenzija jame, saj so s tem tudi povezani vplivi s površja. Samo dvema jamama smo dodelili tretji del, v katerem smo v skladu s pričakovanji vedno zabeležili najmanj taksonov. Tja površinske vrste (razen naključno, npr. pod vplivom vodnega toka) zaradi razdalje težko zaidejo, poleg tega pa jim pravo jamsko okolje ne ustreza. V pravih jamskih razmerah praviloma najdemo manjše število taksonov, ker je pravih jamskih živali manj (Romero 2009).



Slika 12. Število taksonov v sedmih jamah v posameznih delih vsake od jam.

3.6.4 Število vseh vzorčenih troglobiontov po delih posameznih jam

Troglobiontski taksoni so se pogosteje pojavljali v notranjih delih jam. Tako smo troglobionte v obeh najkrajših jamah (Jama Čebina in Kraljičevka) našli le v končnem delu obeh jam. Tudi v ostalih jamah je bilo število troglobiontov nižje v vhodnih delih kot v drugem delu jam. Izjema je le Poljanska buža, kjer smo že v prvem delu zabeležili večino troglobiontskih taksonov, verjetno zaradi ozkih rovov in pravega jamskega okolja že v končnem predelu vhodnega dela, kot smo ga definirali sami. V najglobljem delu jam v Kubiku in Vipavski jami smo sicer zabeležili le malo troglobiontskih taksonov, kar bi bila lahko posledica tega, da smo v teh delih tudi vzorčili najmanj časa. V prvem delu smo zabeležili pet troglobiontov v Poljanski buži, kar predstavlja večino zabeleženih troglobiontov. Po štiri smo zabeležili v Kubiku, v Pečini v Radotah in v Pečini pri Kavčičah, po dva v Kraljičevki in v Jami Čebini in pet v Vipavski jami. V samo dveh jamah smo definirali tretji del, po en troglobiont je bil zabeležen v Kubiku in Vipavski jami (Slika 13).



Slika 13. Število troglobiontov v sedmih jamah v posameznih delih posamezne jame.

4 ZAKLJUČEK

V zaključni nalogi smo raziskovali biodiverzitetu sedmih jam v jugozahodni Sloveniji. Naše podatke smo primerjali tudi s podatki iz literature (Polak in sod., 2012). Ker je podzemna favna relativno malo raziskana, naši rezultati predstavljajo prispevek k poznavanju favne sedmih jam iz jugozahodne Slovenije. Sezname vrst namreč predstavljajo temelj za oceno biodiverzitet in njeno ohranitev. V zaključni nalogi smo potrdili vse postavljene hipoteze. Primerjava sestave favne analiziranih jam je pokazala, da različne tipe jamskih habitatov in različne tipe kamnine naseljujejo zelo različni taksoni. Favna bližnjih analiziranih jam, ki geografsko ležijo bolj skupaj, si je bolj podobna v primerjavi z jamami, ki so bolj oddaljene. Analize so prav tako pokazale, da se združba razlikuje glede na dimenzije (dolžino in globino) jam ter, da so večje jame biotsko bolj pestre in v njih najdemo več troglobiontov, ki so z globino in dolžino številčnejši. Poleg tega pa je znano, da je specializirana jamska favna vrstno manj bogata od površinske zaradi majhne raznolikosti habitatov in omejenosti virov hrane (Sket 1999a, 1999b). Vsaka jama zase je edinstvena, kar skupaj z relativno dobro zastopanostjo različnih taksonov v preiskovanih jamah dokazuje visoko biotsko pestrost jam. Tudi to je lahko povod za nadaljnja prizadevanja k čimvečji ohranitvi podzemlja, saj so jame zelo krhki ekosistemi. Človek jamam predstavlja veliko grožnjo s posegi neposredno v podzemlje in z dejavnostmi na površini, kot so na primer turizem, neodgovorno ravnanje z odpadnimi vodami, kmetijstvo, gradnja infrastrukture ter odlagališča odpadkov v neposredni bližini ali v jamah samih (gl. Polak in sod. 2012). Ker podzemlje velja tudi za zelo pomemben zbiralnik pitne vode, je prihodnost našega zdravja tudi v bodočem skrbnem ravnanju in ohranitvi jam.

5 LITERATURA

- Bole J. 1969. Ključi za določevanje živali. Mehkužci. Ljubljana. Univerza v Ljubljani
- Bole J. 1974. Rod *Zospeum* Bourguignat 1856 (Gastropoda, Ellobiidae) v Jugoslaviji. Razprave SAZU, Cl. IV, 17(5): 249-291.
- Camaco A. I. 1992. The Natural History of Biospeleology. Barcelona, CSIC Press.
- Culver C. D., Kane T. C., Fong D. W. 1995. Adaptation and Natural Selection in Caves: the evolution of *Gammarus minus*. Harvard University Press.
- Deeleman-Reinhold C. L. 1978. Revision of the cave-dwelling and related spiders of the genus *Troglohyphantes* Joseph (Linyphiidae), with special reference to the Yugoslav species. Razprave SAZU, Cl. IV, 23(6): 1-221.
- E-kataster jam. <http://www.katasterjam.si/> (datum dostopa: 31. 12. 2013).
- Fišer Ž. 2011. Znotrajvrstna raznolikost istrske slepe postranice *Niphargus krameri*. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta.
- Fontana P., Buzzetti F.M., Cogo A., Ode B. 2002. Handbook to the Grasshoppers and Allied Insects of the Veneto Region: Guida al riconoscimento e allo studio di Cavallette, Grilli, Mantidi e Insetti Affini del Veneto. Museo Naturalistico Vicenza
- Giachino P.M., Etonti M. 1996. *Prospelaebates* gen. nov. e due sp. nov. di Leptodirinae delle Isole del Quarnero e dell'Istria (Coleoptera: Cholevidae). Acta entomologica Slovenica 4(2): 63-71.
- Google Zemlja verzija 7.1.2.2041. <http://www.google.com/intl/sl/earth/> (datum dostopa: 27. 4. 2014).
- Gorički Š. 2006. Filogeografska in morfološka analiza populacij močerila (*Proteus anguinus*). Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani.
- Gorički Š., Trontelj P. 2006. Structure and evolution of the mitochondrial control region and flanking sequences in the European cave salamander *Proteus anguinus*. Gene 378: 31-41.
- Holland M. S. 2008. Non-Metric Multidimensional Scaling (MDS). University of Georgia, Department of Geology.

Jamarsko društvo Danilo Remškar Ajdovščina. <http://www.jddr.org/index.html> (datum dostopa: 31. 12. 2013).

Karaman I. M., Bedek J., Horvatovid M. 2009. *Thaumatoniscellus speluncae* n. sp. (Isopoda: Oniscidea: Trichoniscidae), a new troglobitic oniscid species from Croatia. *Zootaxa* 2158: 57-64.

Kostanjšek R. 2000. ARANEA Ključ za določevanje pajkov srednje Evrope. Ljubljana

Kranjc A.A. 1984. Raziskovanje vodnih jam na Slovenskem: Pregled od antike do danes. *Kronika časopis za slovensko krajevno zgodovino* 32: 35-43.

Krebs N. 1907. Die Halbinsel Istrien Landeskundliche Studie, Geograph. Abhandl. hg. v. A. Penck IXj2, Leipzig.

Legendre P., Legendre L. 1998. Numerical Ecology. Second English edition, Developments in environmental modelling 20. Elsevier.

Mestna občina Koper. <http://www.koper.si/index.php> (datum dostopa: 31. 12. 2013).

Mojškerc K., 2010. Regionalni razvoj Istrske županije po koncu domovinske vojne. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani.

Mršić N. 1994. The Diplopoda (Myriapoda) of Croatia (Dvojnonoge (Diplopoda: Myriapoda) Hrvatske). *Razprave SAZU, Cl. IV*, 35(12): 219-296.

Mršić N. 1997. Živali naših tal: uvod v pedozoologijo - sistematika in ekologija s splošnim pregledom talnih živali. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.

Niphargus. <http://niphargus.info/> (datum dostopa: 18. 4. 2013)

Nonveiller G., Pavićević D. 2001. Description d'une sous-espece nouvelle et de six especes nouvelles du genre *Machaerites* Miller, 1855 de Slovenie et de Croatie (Coleoptera, Pselaphinae, Bythinini). *Nouvelle Revue d'Entomologie* 18(4): 317-333.

Nonveiller G., Pavičević D., Ozimec R. 2002. Description d'un nouveau Pselaphidae cavernicole d'Istrie (Croatie): *Pauperobythus globuliventris* n. gen., n. sp. (Coleoptera, Pselaphinae, Bythinini). Bulletin de la Societe entomol de France 107(1): 13-18.

Opperdoes Fred. 1997. Construction of a distance tree using clustering with the Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA). <http://www.icp.ucl.ac.be/~opperd/private/upgma.html> (datum dostopa: 16. 4. 2014).

Ozimec R. 2002. Review of genus Troglochthonius Beier, 1939 (Arachnida, Pseudoscorpiones, Chthoniidae), Abstracts of 16th International Symposium of Biospeleology. 815 September 2002, Verona, Italy: 56-57.

Palmer M.W. 2008. Ordination Methods – an Overview. http://www.monitor2manage.com.au/userdata/downloads/p_/Ordination%20Methods%20-%20an%20Overview.pdf (datum dostopa: 28. 6. 2014).

Peck S. B. 1990. Eyeless arthropods of the Galapagos Islands, Ecuador: composition and origin of the Cryptozoic fauna of a young, tropical, oceanic archipelago. Biotropica 22(4): 366–381.

Polak S. 1997. Prispevek k poznavanju podzemeljske favne nekaterih jamskih objektov Matarskega podolja, jugozahodna Slovenija. V: Bedjanič, M. (ur.): Raziskovalni tabor študentov biologije Podgrad '96. ZOTKS, Gibanje znanost mladini: 45 - 54.

Polak S. 2005. Importance of the discovery of the first cave beetle *Leptodirus hochenwartii* Schmidt, 1832. Endins 28: 71–80.

Polak S. 2012. Projektna naloga: Monotoring terestrične troglobiontske favne v turističnem delu Škocjanskih jam (Spremljanje posebnosti določenih vrst kraškega podzemlja) DS2: Monotoring in analiza vplivov podnebnih sprememb na biodiverzitetu. Končno poročilo. Notranjski muzej Postojna.

Polak S., Bedek J., Ozimec R., Zakšek V. 2012. Subterranean Fauna of Twelve Istrian Caves. Annales, Ser. hist. nat 22(1): 7-24.

Poulson T. L., White W. B., 1969. The cave Environment. Science 165(3897): 971-981.

Presetnik P., Koselj K., Zagmajster M. 2009. Atlas netopirjev (Chiroptera) Slovenije. Atlas faunae et florae Slovenia 2. Center za kartografijo favne in flore.

Rađa T. 1980. Čovječa ribica u Pincinovo jami kod Poreča. Priroda 48(7/8): 179-181.

Real R., Vargas J. M. 1996. The Probabilistic Basis of Jaccard's Index of Similarity. *Systematic Biology* 45(3): 380-385.

Roberts M. J. 1995. *Spiders of Britain and Northern Europe (Collins Field Guide)*. Harper Collins Publishers.

Romero A. 2009. *Cave biology: Life in Darkness*. New York, Cambridge University Press

Scott M., Flaherty D., Currall J. 2013. Statistics: are we related? *Journal of Small Animal Practice* 54: 124-128.

Sket B. 1994. Distribution patterns of some subterranean Crustacea in the territory of the former Yugoslavia. *Hydrobiologia* 287: 65-75

Sket B. 1999. Živalstvo kraških jam. V: Kranjec A. (ur.). KRAS Pokrajina – življenje – ljudje. Ljubljana, Založba ZRC (ZRC SAZU): 125-133.

Sket B. 1999a. High biodiversity in hypogean waters and its endangerment - the situation in Slovenia, the Dinaric Karst, and Europe. *Crustaceana* 72(8): 767-779.

Sket B. 1999b. The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity and Conservation* 8: 1319-1338.

Sket B. 2008. Can we agree on an ecological classification of subterranean animals? *Journal of Natural History* 42: 1549–1563.

Strasser K. 1959. *Verhoeffodesmus* n. g., ein Höhlendiplopode aus Istrien (*Polydesmoidea*). *Acta Carsologica* 2: 99-106.

Šušteršič F. 2001. Nastanek jam. V: Urankar R. (ur.). *Ne hodi v jame brez glave*. Ljubljana, Društvo za raziskovanje jam: 11-28.

Verhoeff K. W. 1933. Arthropoden aus sudostalpinen Höhlen, gesammelt von Karl Strasser. *Mitteilungen über Höhlen – und karstforschung* 4: 1-21.

Zakšek V., Gottstein S., Franjević D., Sket B., Trontelj P. 2009. The limits of cryptic diversity in groundwater: phylogeography of the cave shrimp *Trogocaris anophthalmus* (Crustacea: Decapoda: Atyidae). *Mol. Ecol.* 18: 931-946.

Zakšek V., Polak S. 2011. Biospeleološke raziskave s spremljajočimi aktivnostmi v okviru projekta Karst Underground Protection. Končno poročilo. Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta.

Zakšek V., Sket B., Gottstein S., Franjevid D., Trontelj P. 2009. The limits of cryptic diversity in groundwater: phylogeography of the cave shrimp *Troglocaris anophthalmus* (Crustacea: Decapoda: Atyidae). *Molecular ecology* 18,: 931-946.

Zupan Hajna N. 2004. Karst in Slovenia. Slovenia: a geographical overview: 39-44.

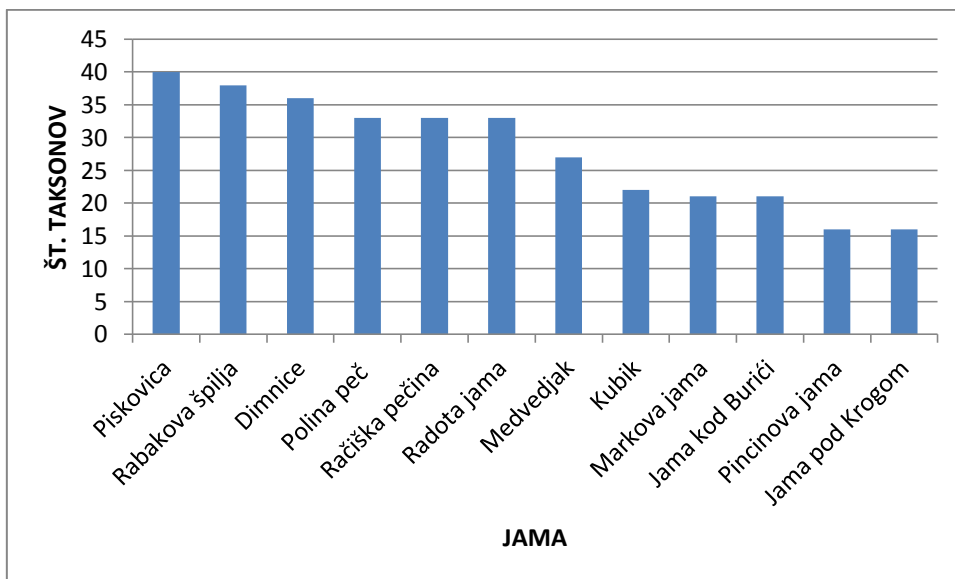
Zupan Hajna N. 2006. Sadrini kristali v kraški jami južno od Velenja. *Scopolia Suppl* 3: 216-218.

Palaeontological Statistics verzija 2.16 PAST: <http://folk.uio.no/ohammer/past/> (datum dostopa: 27. 4. 2014).

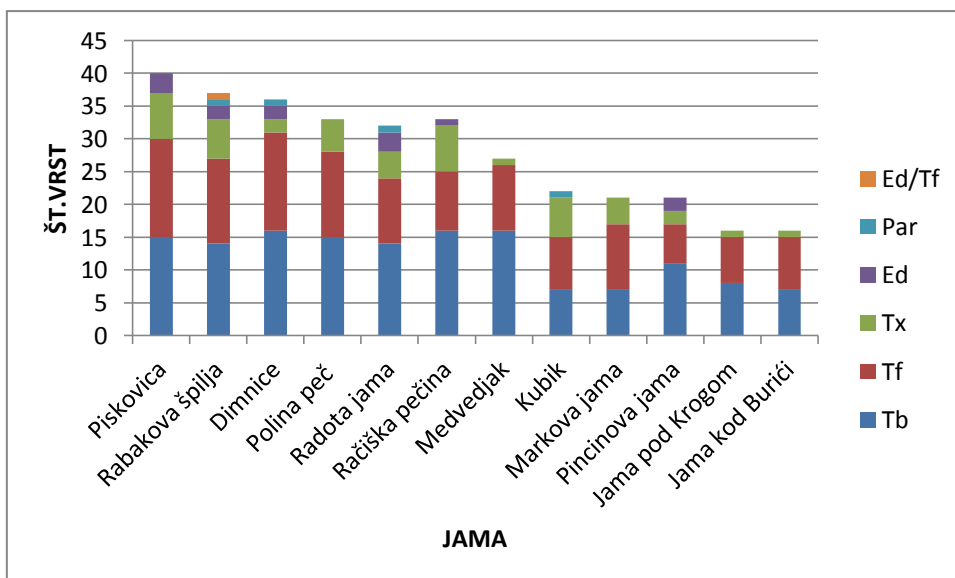
White W.B., Culver D.C. 2012. *Encyclopedia of Caves*. Second edition. Elsevier, Academic Press.

PRILOGE

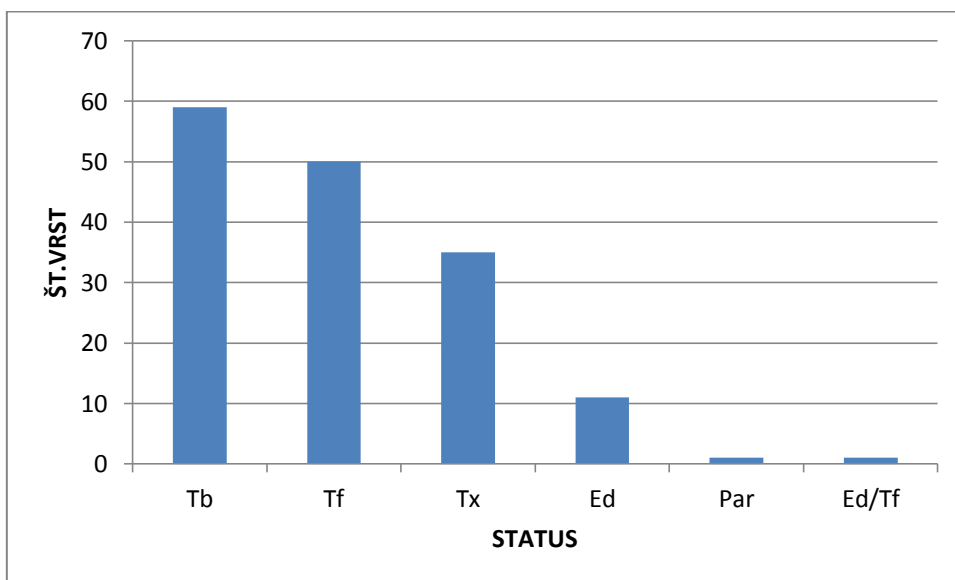
Priloga A. Število zabeleženih taksonov v posameznih jamah iz raziskav istrskih jam (Polak in sod., 2012).



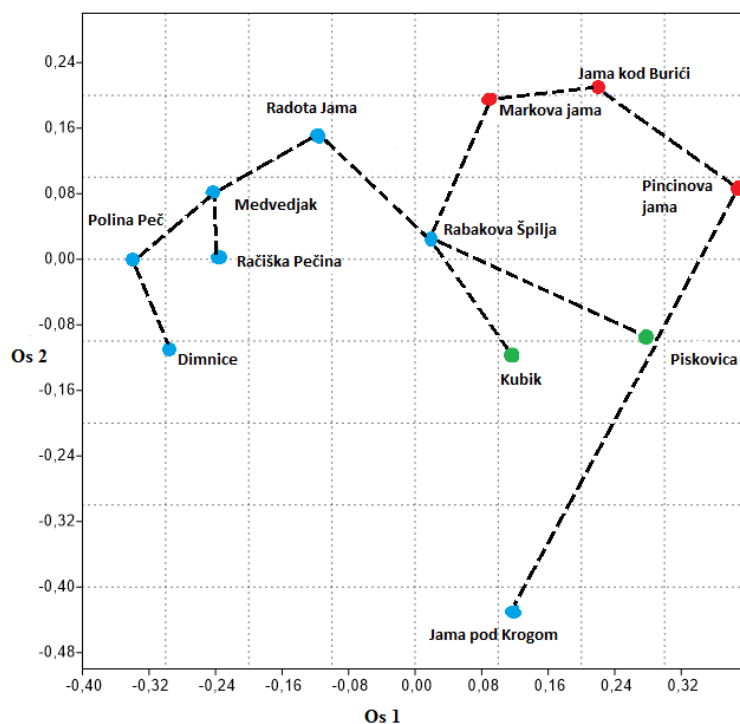
Priloga B. Število zabeleženih taksonov glede na status v posameznih jamah (iz raziskave Polak in sod., 2012).



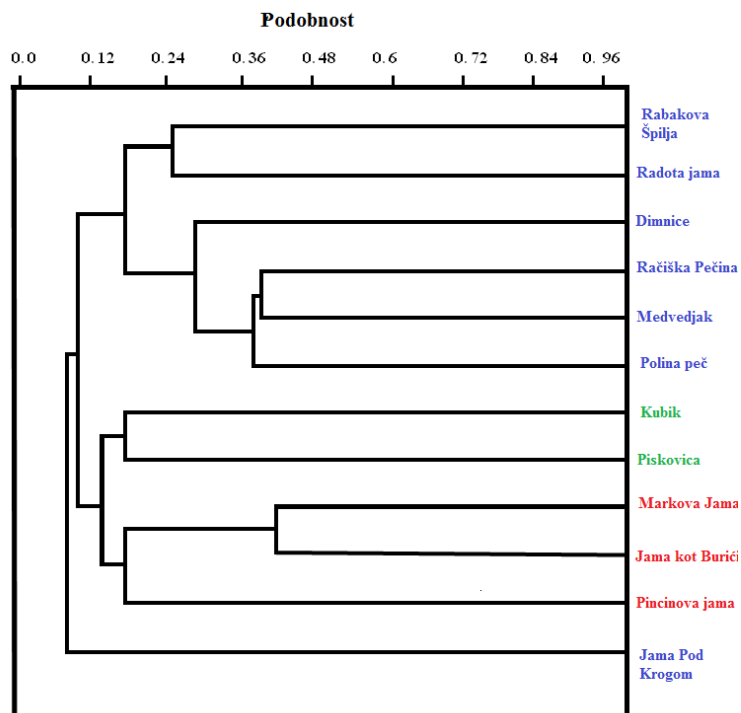
Priloga C. Število zabeleženih taksonov glede na status (iz raziskave Polak in sod., 2012).



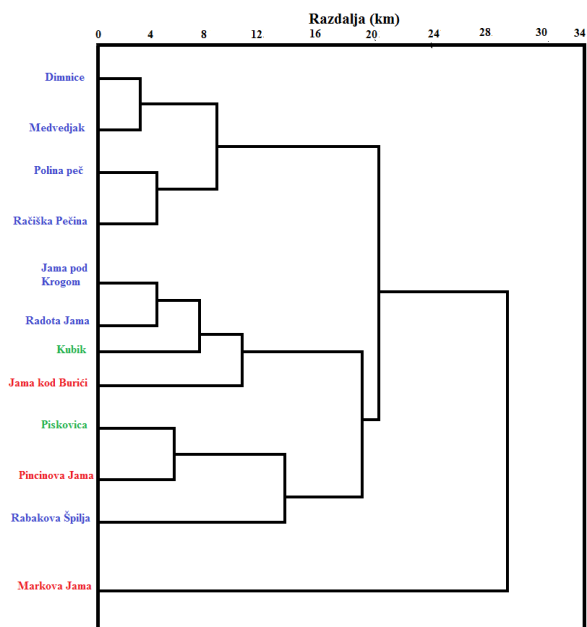
Priloga D. Projekcija dvanajstih jam v Istri vzdolž prvih dveh osi v NMDS. Črtkana črta: drevo najmanjšega razvejanja. Uporabljeni podatki o prisotnosti taksonov (iz raziskave Polak in sod., 2012). Barve: modra – bela Istra, rdeča – rdeča Istra, zelena – siva Istra.



Priloga E. Analiza kopičenja (metoda UPGMA: Jaccardov indeks, prisotnost/odsotnost taksonov) podobnosti v sestavi favne med dvanajstimi jamami v Istri (iz raziskave Polak in sod., 2012). Barve: modra – bela Istra, rdeča – rdeča Istra, zelena – siva Istra.



Priloga F. Analiza kopičenja (metoda UPGMA) med geografskimi razdaljami dvanajstih jam v Istri (iz raziskave Polak in sod., 2012). Barve: modra – bela Istra, rdeča – rdeča Istra, zelena – siva Istra.



Priloga G. Število pojavljanj taksonov po jamah v Istri (iz raziskave Polak in sod., 2012).

