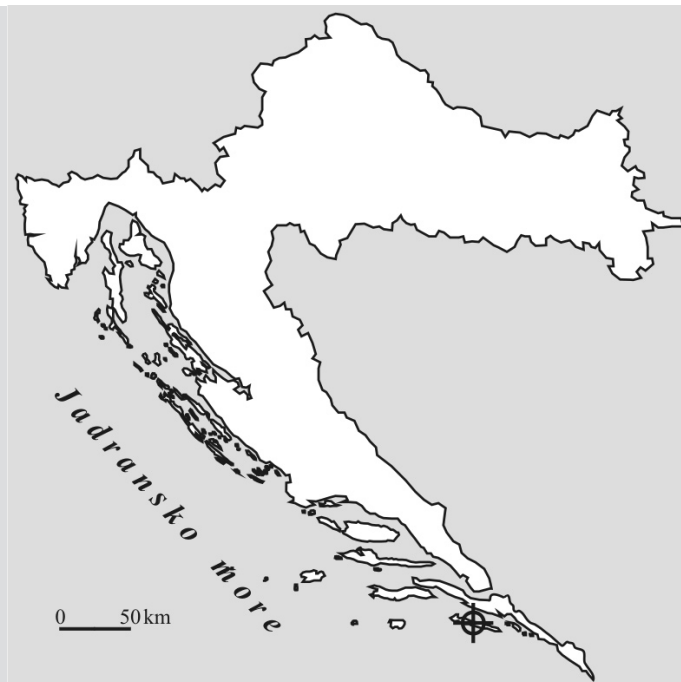


## ISTRAŽIVANJA

# GEOKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA VODA ANHIHALINE JAME U UVALI BJEJAJKA, OTOK MLJET

**PIŠU :mr.sc. Marijana Cukrov**  
Hrvatsko Biospeleološko društvo - Zagreb  
**dr.sc. Neven Cukrov**  
Institut Ruđer Bošković - Zagreb  
**Branko Jalžić**  
Hrvatsko Biospeleološko društvo - Zagreb  
Hrvatski Prirodoslovni Muzej - Zagreb  
**dr. sc. Vlado Cuculić**  
Institut Ruđer Bošković - Zagreb



## Područje istraživanja

Jama u uvali Bjeajka otkrivena je 1994. godine kada je izrađen i njen prvi, nepotpuni nacrt (Ozimec 2002, Ozimec 2003). To je tipična anhihalina jama. Nalazi se na južnom kraju otoka Mljeta unutar granica NP Mljet. Ulaz u jamu je smješten stotinjak metara od obale u uvali Bjeajka u blizini ceste koja vodi oko Malog i Velikog jezera te Solinskog kanala. Jama je duboka 22 m, od čega je 12 m podvodni dio, a duga 40 m. U podzemnom jezeru jame zapažaju se morske mijene, ali smjer i propusnost veze voda jame s okolnim morem nije poznat. Podizanje razine vode u špilji kasni petnaestak minuta za

podizanjem okolnog mora, a dostiže gotovo jednaku maksimalnu vrijednost. Terenskim opažanjem ustanovljeno je da je tijekom snažnih južnih vjetrova razina vode u jami viša od morske. U jezeru se jasno razaznaje vodeni trosloj. Na površini je slatka oborinska voda nakupljena procjeđivanjem, u sredini bočati međusloj, te slani ispod njega.

Iznad jezera u Jami u uvali Bjeajka nalazi se manja kolonija šišmiša dok su na stijenama u podvodnom dijelu opaženi brojni cjevaši. U jezeru i na plažici nakon ulazne vertikale u više navrata pronađeni su uginuli puhovi. Na dnu jezera pronađeni su ulomci keramike nepoznate starosti.

Prva istraživanja jezera anhihalinih špilja duž

kopnene obale i obala otoka Jadranskog mora zbog izuzetno zanimljive faune pokrenuli su biospeleolozi (Sket 1996, Rađa i Rađa 1996). Budući se radi o jedinstvenim staništima, mikrolokacijama, nije iznenađujuća endemnost vrsta koje ga naseljavaju (Rađa 2000, Kršinić 2005a, Kršinić 2005b, Novosel i sur. 2005, Gottstein Matočec i sur. 2006). Anhihaline špilje danas su u Republici Hrvatskoj prepoznate kao jedinstveno stanište i kategorizirane oznakom H1.4. u Pravilniku o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova (NN 7/06). Budući se radi o rijetkom stanišnom tipu navedenim Pravilnikom zahtjeva se provođenje mjera očuvanja.

Zbog zanimljivosti koje se javljaju i u kemizmu vodenih slojeva podzemnih jezera anhihalinih speleoloških objekata, nakon preliminarnih uzorkovanja, započeta su i prva sustavna istraživanja tragova ekotoksičnih metala. Preliminarni rezultati tih istraživanja iz Urinjske špilje prezentirana su na znanstvenom kongresu u Rijeci (Cukrov i sur. 2006). Također su objavljena sustavna istraživanja raspodjela jodata i jodida. Dobiveni rezultati upućuju na odvijanje procesa oksidacije jodida u vodama špilje. Stoga je raspodjela kemijskih vrsta anorganskog joda u pridnenim špiljskim uzorcima slična onoj u dubokim vodama ispod eufotske zone. Rezultati tog istraživanja prikazani su ovom radu, a prvi puta su prezentirani na znanstvenom kongresu u Istanbulu (Žic i sur. 2007). Trenutno je u izradi znanstveni



Spuštanje u jamu Bjeajka

foto Marijana Cukrov

projekt istraživanja bio-geokemijskog ciklusa u anihalinim speleološkim objektima čijom provedbom će mnoga pitanja dobiti odgovore.

#### Metode rada

Uzorkovanje jezerske vode obavio je Branko Jalžić metodom autonomnog ronjenja (Kniewald i sur. 1987) u travnju i rujnu 2006. godine. Uzorkovalo se Pyrex staklenim bocama volumena 250 ml. Temperatura je određena *in situ*, dok su pH, salinitet i otopljeni kisik određeni neposredno nakon uzorkovanja. Koncentracije jodida i jodata određene su voltametrijskom metodom u Laboratoriju Instituta Ruđer Bošković na Martinskoj kraj Šibenika.

#### Rezultati i diskusija

Temperatura jezerske vode nije se značajnije promijenila prilikom dva uzorkovanja. Izmjeren je postupni porast od 13 °C na površini do 14,5 °C na dnu u travnju, te od 14,3 °C na površini do 15 °C na dnu u rujnu 2006. godine. U oba uzorkovanja, na dubini od približno 3 m,

pronađen je sloj miješanog saliniteta (S~8). U pridnenim uzorcima izmjereni su saliniteti od 25 u travnju, odnosno 37 u rujnu, što indirektno ukazuje na dotok morske vode između ta dva uzorkovanja. Dubinski profili otopljenog kisika i pH u rujnu slijede sličan trend, s vrijednostima od 81  $\mu\text{mol L}^{-1}$  i pH = 7,23 na površini te 73  $\mu\text{mol L}^{-1}$  i pH = 7,17 na dnu s nešto nižim vrijednostima (67  $\mu\text{mol L}^{-1}$  i pH = 6,76) na haloklini.

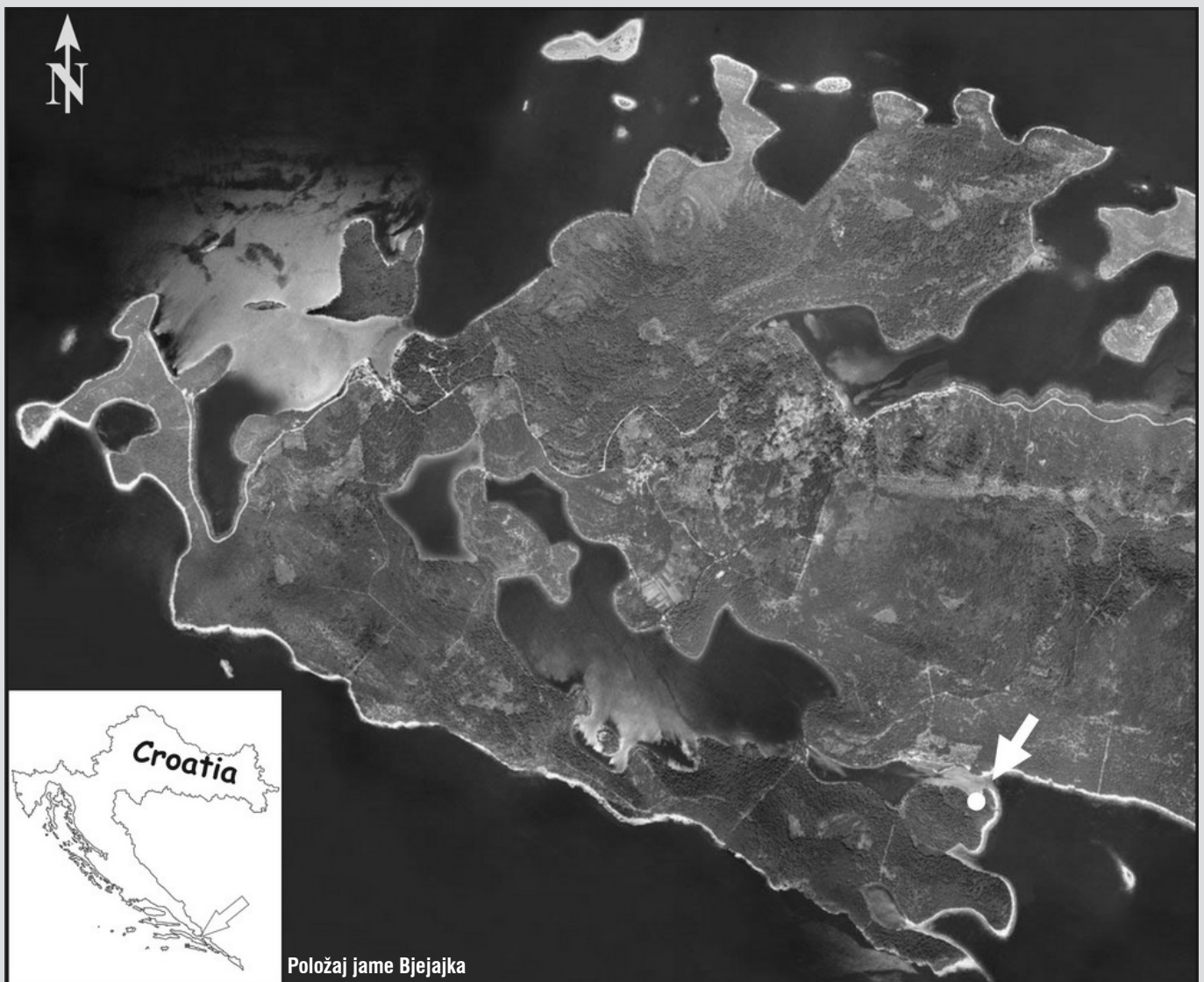
Koncentracije jodida, reducirane kemijske vrste anorganskog joda, u oba uzorkovanja bile su većinom niže od 10  $\text{nmol L}^{-1}$  na svim dubinama, a time i neovisne o promjeni saliniteta. Koncentracije jodata kretale su se u rasponu od 70-465  $\text{nmol L}^{-1}$ , prateći promjene saliniteta. Promjena koncentracije jodata sa salinitetom u pet istraživanih anihalinih špilja duž istočne Jadranske obale (Urinjska špilja – Bakarski zaljev, Vrtare male – Crikvenica, Živa voda – Hvar, Lenga – Mljet, Bjeajka – Mljet), sugerira miješanje dva različita člana. Prvi je bočati s niskim jodatom, a drugi slani s visokim koncentracijama jodata. Gornji kraj regresijske linije odgovara koncentracijama ukupnog anorganskog joda u Jadranu (~ 450  $\text{nmol L}^{-1}$ ), gdje je, međutim, odnos

jodata prema jodidu oko 4 (Žić i Branica 2006). Prisutnost visokog jodata i niskog jodida u jezerskoj vodi Jame u uvali Bjeajka na 10 m dubine u rujnu 2006. godine je vrlo zanimljivo i bitno opažanje.

Salinitet od 37, zajedno s koncentracijom ukupnog anorganskog joda od približno 470  $\text{nmol L}^{-1}$  odgovara ulazu morske vode na dnu jame, kako se i očekivalo. Međutim, u tom slučaju visoke koncentracije jodata u jezerskoj vodi rezultat su oksidacije jodida u morskoj vodi pri ulazu u jamski sustav. Do sada nije opažena ovako izravna oksidacija jodida u morskoj vodi, a samim tim nije ni poznato gdje se događa, kako brzo i pod kojim uvjetima (Truesdale i sur. 2001). Tako je provedeno istraživanje prvo znanstveno poznato opažanje oksidacije jodida u morskom sustavu. Daljnjim istraživanjima detaljnije će se proučiti ova problematika.

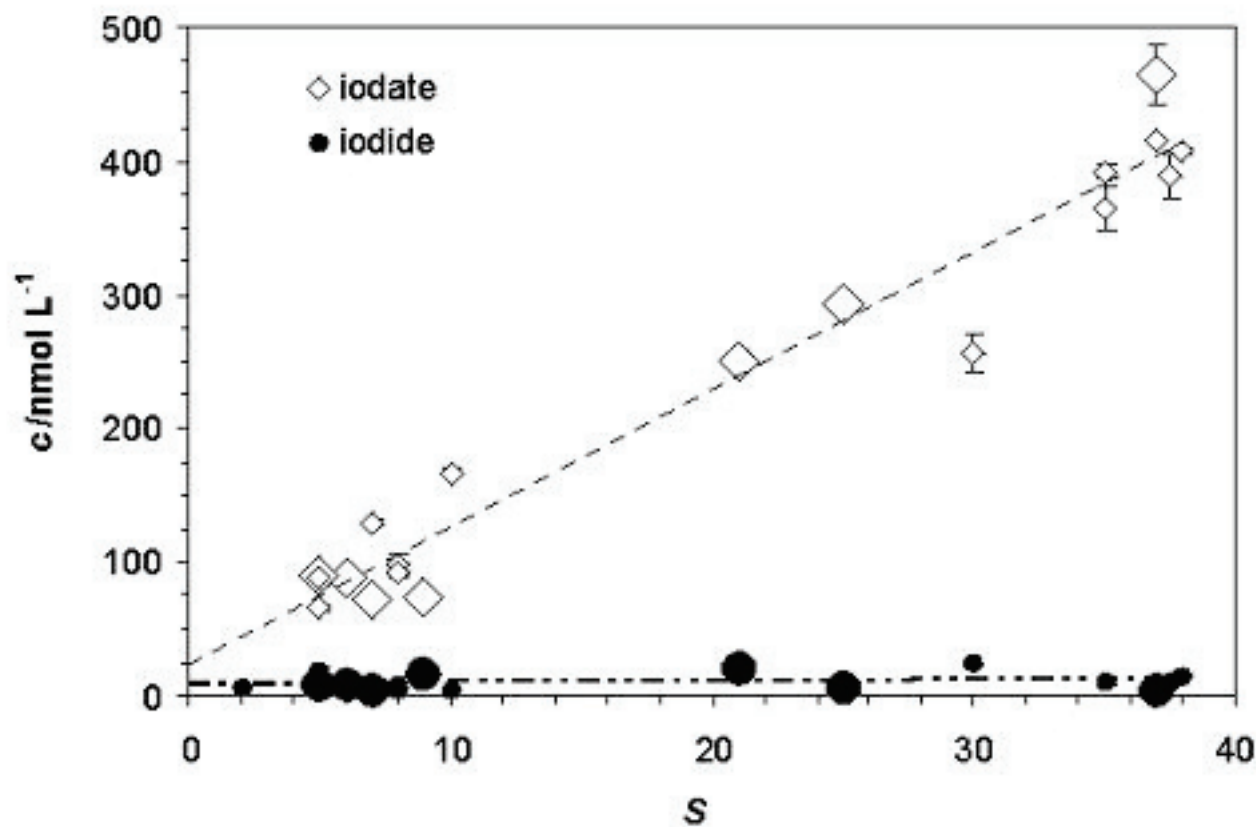
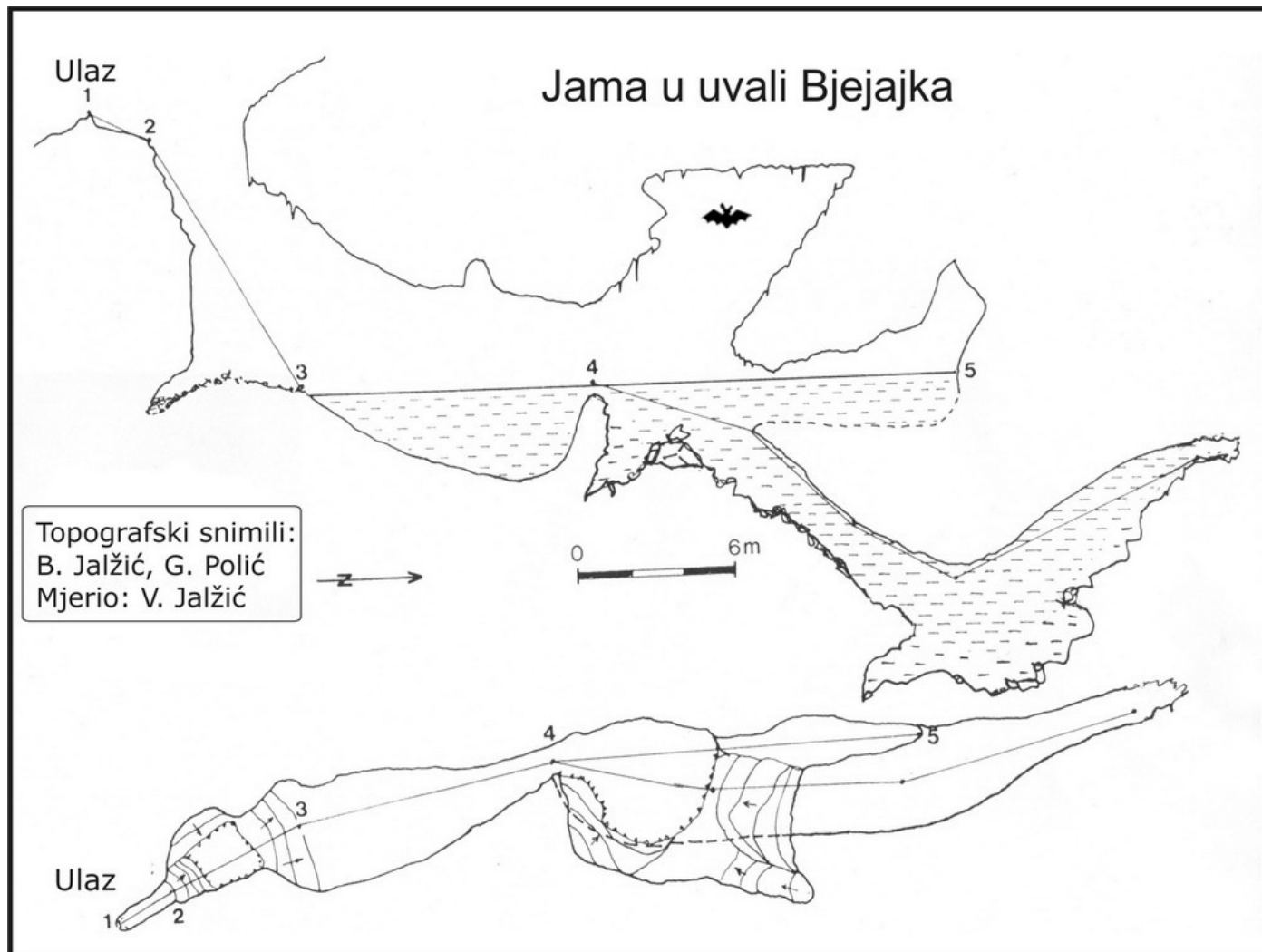
#### Zahvala

Zahvaljujemo dr.sc. Vesni Žić i dr. sc. Victoru W. Truesdaleu na određivanju kemijskih vrsta joda, interpretaciji rezultata te sugestijama pri pisanju ovog rada.



Položaj jame Bjeajka

## ISTRAŽIVANJA



Odnos koncentracija jodida i jodata prema salinitetu u pet anihalinih špilja (Urinjska špilja – Bakarski zaljev, Vrtare male – Crikvenica, Živa voda – Hvar, Lenga – Mljet, Bjeajka – Mljet) duž Jadranske obale. Veći simboli odnose se na Jamu Bjeajka.

**Literatura**

- Cukrov, M., Jalžić, B., Omanović, D., Cukrov, N. 2006: Tragovi metala u vodenom stupcu Urinjske špilje. II. znanstveni skup s međunarodnim sudjelovanjem "Prirodoslovna istraživanja Riječkog područja", 48-49
- Gottstein Matočec, S., Ivković, M., Rađa, B., Kerovec, M. 2006: Morphometric variability of *Niphargus hebereri* (Crustacea Amphipoda Niphargidae) from anchihaline caves in Croatia. Book of Abstracts of the 18th International Symposium of Biospeleology, Cluj-Napoca, Romania
- Kniewald, G., Kwokal, Ž., Branica, M. 1987: Marine sampling by scuba diving. 3. Sampling procedure for measurement of mercury concentrations in estuarine waters and seawater. *Mar. Chem.*, 22 (1987), 343
- Kršinić, F. 2005a: *Speleohvarella gamulini* gen. et sp. nov., a new copepod (Calanoida, Stephidae) from an anchialine cave in the Adriatic Sea. *Journal of plankton research*, 27(6), 607-615
- Kršinić, F. 2005b: *Badijella jalzici* – a new genus and species of calanoid copepod (Calanoida, Ridgewayiidae) from an anchialine cave on the Croatian Adriatic coast. *Marine Biology Research*. 1 (4):281-289
- Novosel, M., Jalžić, B., Novosel, A., Pasarić, M., Požar-Domac, A., Radić, I. 2005: Ecology of an anchialine cave in the Adriatic Sea with special reference to thermal regime. 40th European marine biology symposium, *Marine Biology*, University of Vienna, 29-30.
- Ozimec, R. 2002: Podzemni svijet otoka Mljeta. *Hrvatski Zemljopis*, 62, 62-65
- Ozimec, R. 2003: Otok Mljet-preliminarni speleološko-biološki prikaz otoka. *Subterranea Croatica*, 30-38
- Rađa, T. 2000: Prvi nalaz dubokomorske spužve *Oopsacas minuta* Topsent, 1927 (*Porifera*, *Hexactinellidae*, *Leucopsacacidae*) u jami Živa voda na otoku Hvaru. 7. Hrvatski biološki kongres, Hvar, Zbornik sažetaka, 321-323.
- Rađa, T., Rađa, B. 1996: Biospeleological and Ecological Exploration of Anchihaline Cave "Jama na Bijakl" (Island of Brač, Croatia). XIIIth International Symposium of Biospeleology, Proceedings, Marrakesh
- Sket, B. 1996: The ecology of anchihaline caves. *TREE*, Vol 11, 5, 221-225
- Truesdale, V.W., Watts, S.F. and Rendell, A. R. 2001: On the possibility of iodide oxidation in the near-surface of the Black Sea and its implications to iodine in the general ocean. *Deep-Sea Res. I*, 48: 2397-2412
- Žic, V., Branica, M., 2006. The distributions of iodate and iodide in Rogoznica Lake (East Adriatic Coast). *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, 66: 55-66
- Žic, V., Truesdale, V.W., Cukrov, N., Jalžić, B. 2007: Iodine speciation in anchihaline cave-waters - the first ever observation of iodide oxidation in a marine system? CIESM 38th Congress, Istanbul. *In press*.

**Abstract**

**An exceptional combination of the estuarine- and deep-sea like speciations of dissolved inorganic iodine is found in waters of anchihaline cave Bjejjajka (Island Mljet, Adriatic Sea). Low iodide concentrations below the halocline suggest that the processes of iodide oxidation, which commonly prevail in deep ocean waters, may also exist in these caves.**