



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



NÁRODNÍ  
PLÁN OBNOVY

Číslo spisu: S/04218/JM/23

Číslo jednací: 04218/JM/23

popfk-166/73/23

115V342003800

## SMLOUVA O DÍLO

**UZAVŘENÁ DLE USTANOVENÍ § 2586 A NÁSL. ZÁK. Č. 89/2012 SB., OBČANSKÉHO  
ZÁKONÍKU, VE ZNĚNÍ POZDĚJŠÍCH PŘEDPISŮ**

### I. Smluvní strany

#### 1.1 Objednatel

**Česká republika - Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky**

**Regionální pracoviště: Regionální pracoviště Jižní Morava**

Sídlo: Kaplanova 1931/1, 148 00 Praha 11 - Chodov

Zastoupený: RNDr. František Pelc, ředitel AOPK ČR

Bankovní spojení: ČNB Praha, Číslo účtu: 18228011/0710

IČO: 629 33 591

DIČ: neplátce DPH

Kontaktní adresa: Svitavská 29, 678 01 Blansko

V rozsahu této smlouvy osoba zmocněná k jednání se zhotovitelem, k věcným úkonům a k převzetí díla: [redacted] RP Jižní Morava ([redacted], tel: [redacted]); [redacted], pracovníka AOPK, SOPK Praha, vedoucí oddělení obecné ochrany přírody ([redacted], tel: [redacted]).

(dále jen „objednatel“)

a

#### 1.2 Zhotovitel

**Biologické centrum AV ČR, v. v. i.**

IČO: 60077344

DIČ: CZ60077344

Adresa sídla: Branišovská 1160/31, 370 05 České Budějovice

Zastoupená: Prof. RNDr. Libor Grubhoffer, CSc., dr. h. c. mult., ředitel

Bankovní spojení: ČSOB, a.s., č.ú.: [redacted]

Společnost zapsaná v rejstříku veřejných výzkumných institucí vedeným MŠMT

V rozsahu této smlouvy osoba zmocněná k jednání s objednatelem: [redacted],

[redacted], email: [redacted], telefon: [redacted],

(dále jen „zhotovitel“)

## II. Předmět smlouvy

- 2.1 Tato smlouva je uzavírána na základě nabídky zhotovitele ze dne 13.11.2024 na plnění veřejné zakázky „**Studie - Biospeleologický výzkum se zaměřením na bezobratlé živočichy ve veřejnosti zpřístupněných jeskyních ČR**“. Uzavření této smlouvy předcházelo zadávací řízení na uvedenou veřejnou zakázku dle ust. § 53 zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, ve znění pozdějších předpisů
- 2.2 Na základě této smlouvy se zhotovitel zavazuje provést na svůj náklad a nebezpečí dílo specifikované v čl. 2.2 této smlouvy a předat jej objednateli. Objednatel se zavazuje dílo převzít a zaplatit za něj zhotoviteli dohodnutou cenu.
- 2.3 Dílem se rozumí: Monitoring oživení bezobratlými živočichy včetně posouzení dalších biotických (funkční struktura mikrobiomu jeskynních substrátů) a abiotických parametrů (mikroklimatické poměry, vybrané charakteristiky jeskynních substrátů a vody) v turisticky zpřístupněných nebo jinak intenzivněji využívaných částech jeskynní a jeskynních systémů a porovnat je s údaji z na ně navazujících běžně nepřístupných úseků. Získaná data a jejich porovnání mezi využívanými a méně ovlivněnými a méně pozměněnými úseky poslouží pro posouzení stávajícího stavu a pro případné usměrnění provozních a ochranných opatření ve sledovaných jeskyních a jeskynních systémech.
- Podrobná specifikace díla je uvedena v příloze smlouvy č. 3.  
(dále jen „dílo“)
- 2.4 Při provádění díla je zhotovitel vázán pokyny objednatele. Objednatel si vyhrazuje právo v průběhu provádění díla aktualizovat metodické dokumenty, a to především s ohledem na nové znalosti v jeskynním prostředí, případně po upozornění na nové nepředvídatelné skutečnosti zhotovitelem. Dále také změnu rozsahu sledovaných parametrů na základě výsledků předchozích analýz, při dodržení rozsahu díla a počtu stacionářů v jeskyních. Jakákoliv změna je možná pouze na základě písemné dohody podepsané oprávněnými zástupci smluvních stran.
- 2.5 Zhotovitel potvrzuje, že se detailně seznámil s rozsahem a povahou díla, že jsou mu známy veškeré podmínky nezbytné ke zpracování díla a že disponuje takovými kapacitami a odbornými znalostmi, které jsou nezbytné pro realizaci díla za dohodnutou smluvní cenu stanovenou podle této smlouvy.
- 2.6 Objednatel je oprávněn v průběhu platnosti smlouvy jednostranně omezit rozsah díla v dosud neprovedené části, a to především s ohledem na přidělování finančních prostředků objednateli ze státního rozpočtu. Při snížení rozsahu díla bude přiměřeně snížena jeho cena.

## III. Cena díla a platební podmínky

- 3.1 Cena díla je stanovena v souladu s právními předpisy:

Cena bez DPH: 2.598.400,- Kč

DPH 21 %: 545.664,- Kč

Cena včetně DPH: 3.144.064,- Kč

Zhotovitel je plátcem DPH.

Podrobný položkový rozpočet je uveden v příloze č. 1 této smlouvy.

- 3.2 Dohodnutá cena je stanovena jako nejvýše přípustná. Ke změně může dojít pouze při změně zákonných sazeb DPH, ale pouze za předpokladu, že zhotovitel je plátcem DPH. U neplátce DPH, který do ceny díla DPH nepromítne, nebude cena měněna ani v případě, že by se v průběhu plnění plátcem DPH stal, tj. veškeré s tím související náklady jdou k jeho tíži.
- 3.3 Veškeré náklady vzniklé zhotoviteli v souvislosti s prováděním díla jsou zahrnuty v ceně díla.
- 3.4 Cena za dílo bude vyúčtována po provedení každé části díla. Zhotovitel je povinen daňový doklad (fakturu) za části 1 a 2 vystavit a doručit objednateli nejpozději do 15 pracovních dnů po předání a převzetí díla na základě předávacího protokolu na adresu: AOPK ČR, RP Jižní Morava, Správa CHKO Moravský kras, Svitavská 29, 678 01 Blansko nebo elektronicky na emailovou adresu: <bude doplněno>@nature.cz.
- 3.5 Za třetí tj. závěrečnou část díla je zhotovitel povinen vystavit daňový doklad (fakturu) a doručit objednateli nejpozději do 15. 10. 2025 na základě předávacího protokolu na adresu dle čl. 3.4.
- 3.6 Daňový doklad (faktura) musí mít náležitosti daňového resp. účetního dokladu podle platných obecně závazných právních předpisů; označení daňového dokladu (faktury) a jeho číslo; číslo této smlouvy, den jejího uzavření a předmět smlouvy; označení banky zhotovitele včetně identifikátoru a čísla účtu, na který má být úhrada provedena; jméno a adresu zhotovitele; položkové vykázání nákladů, konečnou částku; den odeslání dokladu a lhůta splatnosti.
- 3.7 Daňový doklad (faktura) vystavený zhotovitelem je splatný do 30 kalendářních dnů po jeho obdržení objednatelem. Objednatel může daňový doklad (fakturu) vrátit do data jeho splatnosti, pokud obsahuje nesprávné nebo neúplné náležitosti či údaje. Lhůta splatnosti počne běžet doručením opraveného a bezvadného daňového dokladu (faktury).
- 3.8 Smluvní strany se dohodly, že objednatel nebude poskytovat zálohové platby.

#### IV. Doba a místo plnění

- 4.1 Zhotovitel se zavazuje provést dílo a předat jej objednateli nejpozději do: 15. 10. 2025. Zhotovitel předá dílo objednateli v elektronické podobě. Zhotovitel se zavazuje provést dílo, za každou část odevzdá dílčí zprávu, která bude obsahovat základní údaje o realizovaných výkonech, průběhu řešení a bude doplněna o již vyhodnocené výsledky. Závěrečná zpráva bude vypracována na konci studie, bude souhrnem všech dosažených výkonů a výsledků a bude předána objednateli nejpozději do 15. 10. 2025.
- 4.2 Zhotovitel předá dílčí zprávy do 30 dnů po skončení sledovaného období (neplatí pro závěrečnou zprávu), tzn.:
  - 1) sledované období (12 stacionářů) části 1 je stanoveno od účinnosti smlouvy do 28. 02. 2025,
  - 2) sledované období (28 stacionářů) části 2 je stanoveno od 01. 03. 2025 do 31. 05. 2025,

- 3) sledované období (18 stacionářů) části 3 je stanoveno od 01. 06. 2025 do 15. 10. 2025, závěrečná zpráva bude odevzdána nejpozději do 15. 10. 2025.
- 4.3 Pokud zhotovitel dokončí dílo před dohodnutým termínem, zavazuje se objednatel, že převezme dílo i v dřívějším nabídnutém termínu, pokud bude bez vad a nedodělků.
- 4.4 Místo plnění je uvedeno v mapovém zákresu, který je přílohou č. 2 této smlouvy.

## V. Další ujednání

- 5.1 Zhotovitel je povinen provést dílo v kvalitě, formě a obsahu, které vyžaduje tato smlouva a která je obvyklá pro díla obdobného typu. Zhotovitel je povinen postupovat s odbornou péčí v souladu s platnými a účinnými právními předpisy, případně technickými normami. Zhotovitel je povinen disponovat oprávněním k podnikání v rozsahu nezbytném pro provádění díla, a to po celou dobu trvání této smlouvy a na požádání takové oprávnění kdykoliv prokázat. Zhotovitel je povinen neprodleně oznamovat objednateli všechny okolnosti významné pro plnění díla.
- 5.2 Zhotovitel je povinen po celou dobu provádění díla dbát pokynů objednatele. Zhotovitel je povinen upozornit objednatele bez zbytečného odkladu na nevhodnou povahu pokynů daných mu objednatelem při plnění předmětu smlouvy, jestliže zhotovitel mohl a měl tuto nevhodnost zjistit při vynaložení odborné péče.
- 5.3 Objednatel je oprávněn kontrolovat provádění díla. Zjistí-li objednatel, že zhotovitel provádí dílo v rozporu se svými povinnostmi, je oprávněn zhotovitele na tuto skutečnost upozornit a dožadovat se provádění díla řádným způsobem. Jestliže tak zhotovitel neučiní ani ve lhůtě mu k tomu poskytnuté, je objednatel oprávněn od této smlouvy odstoupit doručením písemného odstoupení zhotoviteli.
- 5.4 Bude-li mít dílo podle této smlouvy povahu autorského díla ve smyslu § 2 zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona (dále jen „autorský zákon“), poskytuje zhotovitel objednateli nevýhradní oprávnění k výkonu práva dílo užít (licenci), a to v původní, zpracované i jinak změněné podobě, všemi způsoby užití, v neomezeném rozsahu, bez prostorového omezení, na dobu trvání zhotovitelových majetkových autorských práv k dílu. Zhotovitel je oprávněn dílo užít. Smluvní strany sjednávají, že objednatel je oprávněn dílo a jeho název volně užívat všemi způsoby, upravovat jej, zpracovávat, a to včetně překladu, spojovat s jiným dílem, zařazovat do díla souborného, dokončit nehotové dílo apod., jakož i zveřejňovat a publikovat jej, a to písemně i elektronicky, prostřednictvím webových stránek, a distribuovat koncovým uživatelům, úplatně i bezúplatně. Objednatel je oprávněn užívat dílo i k jiným účelům, než je sjednáno v této smlouvě. Zhotovitel výslovně souhlasí s tím, že objednatel může postoupit tuto licenci zcela nebo zčásti třetí osobě. Objednatel je oprávněn poskytnout podlicenci třetí osobě. Licenci podle tohoto odstavce není objednatel povinen využít.
- 5.5 Objednatel si vyhrazuje výlučné vlastnické právo ke všem podkladům případně předaným zhotoviteli za účelem provedení díla, přičemž bez předchozího písemného souhlasu objednatele není zhotovitel oprávněn tyto podklady použít k jinému účelu či je poskytnout třetí osobě. Byla-li zhotoviteli za účelem provedení díla poskytnuta ze strany objednatele elektronická data nebo databáze, je zhotovitel povinen tyto po předání díla objednateli odstranit ze všech svých datových úložišť. Zhotovitel je povinen chránit elektronická data nebo databáze poskytnuté objednatelem minimálně tak, jako jaké své obchodní tajemství.

- 5.6 Zhotovitel se zavazuje, že zhotovením díla nebude z jeho strany zasahováno do autorských práv či jiných práv duševního vlastnictví třetích osob, v opačném případě odpovídá za újmu objednatele tím způsobenou.
- 5.7 Zhotovitel odpovídá za svoji bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Je nutná zvýšená pozornost při pohybu ve specifickém speleologickém prostředí. Do jeskyní musí vždy vstupovat nejméně dvě osoby, v doprovodu odborného pracovníka AOPK ČR, případně zaškoleného člena speleologické společnosti, která má v jeskyni povolené pracoviště nebo pracovníka Správy jeskyní České republiky.
- 5.8 Zadavatel si dle § 100 odst. 1 zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, ve znění pozdějších předpisů vyhrazuje změnu závazku ze smlouvy spočívající v posunutí průběžných termínů plnění zhotovitele v případě prokazatelného nepředvídatelného znemožnění prací z důvodu nepříznivých klimatických podmínek. V tomto případě jde především o zvýšené vodní stavy, zaplavení jeskyně nebo zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> nad rámec bezpečných limitů pro pohyb v jeskyni. Po dohodě smluvních stran může být upraveno rozložení jednotlivých částí díla, rozsah jednotlivých částí díla), příp. termíny dokončení jednotlivých částí díla. Zhotovitel je povinen zadavatele, o stavu zvýšené vodní hladiny, zaplavení jeskyně nebo zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> nad rámec bezpečných limitů pro pohyb v jeskyni, informovat a rovněž je povinen prokázat, že vyvolaný stav nedovolující plnění díla trvá a má přímý vliv na možnost plnění průběžných termínů díla, resp. jejich dokončení. V případě, že nastane situace popsaná v tomto odstavci, uzavřou smluvní strany dodatek ke smlouvě obsahující odpovídající posun termínu/ů plnění zhotovitele. Možnost posunutí termínu se netýká závěrečného termínu dle čl. 4.1.
- 5.9 Pro práce, jejichž realizace bude probíhat na území evropsky významné lokality, je zhotovitel povinen zjistit, zda konkrétní činnost nepředstavuje zásah, který by mohl vést k nežádoucím důsledkům ve smyslu § 45c odst. 2 věty druhé a/nebo § 10 odst. 3 zákona č. 114/1992 Sb. Pokud ano, je zhotovitel povinen požádat příslušný orgán ochrany přírody o vydání předchozího souhlasu k takovému zásahu podle § 45c odst. 2, případně pověření podle § 10 odst. 3 zákona č. 114/1992 Sb.
- 5.10 Zhotovitel je povinen po celou dobu trvání této smlouvy disponovat kvalifikací, kterou prokázal v rámci zadávacího řízení, jež předcházelo uzavření této smlouvy. Porušení povinnosti je považováno za podstatné porušení této smlouvy.
- 5.11 Zhotovitel není oprávněn při realizaci díla využít jiné poddodavatele a ve větším rozsahu, než který uvedl v nabídce, kterou podal do zadávacího řízení, jež předcházelo uzavření této smlouvy. Změna poddodavatele je možná pouze se souhlasem objednatele. Pokud jde o poddodavatele, jímž zhotovitel prokazoval část kvalifikace v zadávacím řízení, musí nový poddodavatel splňovat kvalifikaci alespoň v takovém rozsahu, v jakém ji splňoval původní poddodavatel. Porušení povinností je považováno za podstatné porušení této smlouvy.
- 5.12 Zhotovitel je povinen zabezpečit ve svých poddodavatelských smlouvách splnění veškerých povinností vyplývajících zhotoviteli z této smlouvy.

## VI. Předání a převzetí díla

- 6.1 O předání každé části díla vyhotoví smluvní strany dílčí předávací protokol podepsaný oběma smluvními stranami. O předání závěrečné zprávy vyhotoví smluvní strany závěrečný předávací protokol podepsaný oběma smluvními stranami. Objednatel není povinen převzít část díla vykazující byť drobné vady či nedodělky.
- 6.2 Objednatel má právo převzít i takovou část díla, která vykazuje drobné vady a nedodělky, které samy o sobě ani ve spojení s jinými nebrání řádnému užívání díla. V tom případě je zhotovitel povinen odstranit tyto vady a nedodělky v termínu stanoveném objednatelem uvedeném v předávacím protokolu.
- 6.3 V případě, že příslušná část díla nebude v termínu dokončena, aniž by důvod nedokončení ležel na straně objednatele, má objednatel právo převzít i takovou částečně provedenou část díla a dokončení zbytku části díla nepožadovat, resp. rozsah příslušné části díla tím jednostranně omezit. Odstoupení podle předchozí věty vyznačí objednatel v předávacím protokolu a uvede důvody, proč nebylo možné předmětnou část díla provést kompletně. Strany souhlasně prohlašují, že písemným vyznačením odstoupení v předávacím protokolu se odstoupení podle předchozí věty považuje za doručené zhotoviteli. Cena díla dle čl. 3.1 této smlouvy tak bude přiměřeně snížena a bude oběma stranami podepsán dodatek na méněpráce.

## VII. Odpovědnost za vady, za škodu a další povinnosti zhotovitele

- 7.1 Zhotovitel odpovídá za vady, jež má dílo (resp. část díla) v době jejího předání objednateli, byť se vady projeví až později.
- 7.2 Objednatel je povinen případné vady písemně reklamovat u zhotovitele bez zbytečného odkladu po jejich zjištění, nejpozději však do 2 měsíců ode dne převzetí příslušné části díla. V reklamaci musí být vady popsány a uvedeno, jak se projevují. Dále v reklamaci objednatel uvede, v jaké lhůtě požaduje odstranění vad.
- 7.3 Neodstraní-li zhotovitel reklamované vady ve lhůtě 14 pracovních dnů ode dne doručení reklamace či v jiné, smluvními stranami dohodnuté, lhůtě, je objednatel oprávněn pověřit odstraněním reklamované vady jinou odborně způsobilou právnickou, nebo fyzickou osobou. Veškeré takto vzniklé náklady uhradí zhotovitel do 14 dnů ode dne, kdy obdržel písemnou výzvu objednatele k uhrazení těchto nákladů. Uhrazením nákladů na odstranění vad jinou odborně způsobilou osobou podle tohoto odstavce není dotčeno právo objednatele požadovat na zhotoviteli zaplacení smluvní pokuty dle této smlouvy.
- 7.4 Objednatel je oprávněn požadovat odstranění vady opravou, poskytnutím náhradního plnění nebo slevu ze sjednané ceny. Výběr způsobu nápravy náleží objednateli.
- 7.5 Zhotovitel odpovídá za veškerou škodu, kterou způsobí on sám nebo osoby, které použije k plnění předmětu smlouvy a které vzniknou následkem chybného zpracování díla.
- 7.6 Zhotovitel není oprávněn bez souhlasu objednatele postoupit práva a povinnosti vyplývající z této smlouvy třetí osobě.
- 7.7 Zhotovitel je povinen zachovávat povinnost mlčenlivosti ohledně skutečností, o kterých se dozví a u kterých to jejich ochrana vyžaduje, tj. zejména takových, které se týkají obchodního tajemství dle § 504 a důvěrných informací dle § 1730 zákona č. 89/2012

Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů, a to i po ukončení této smlouvy. Zhotovitel odpovídá za škodu způsobenou porušením výše uvedené povinnosti.

### VIII. Sankce

- 8.1 V případě, že zhotovitel nedodrží termín provedení a předání jednotlivých částí díla anebo termín odstranění vad a nedodělků uvedený v předávacím protokolu nebo termín uvedený v písemné reklamaci dle odst. 7.3 této smlouvy, je zhotovitel povinen zaplatit objednateli smluvní pokutu ve výši 0,1 % z ceny části díla bez DPH, s jejímž provedením je v prodlení, za každý den prodlení. Jestliže je zhotovitel v prodlení s více než jedním dílčím termínem, je zhotovitel povinen zaplatit objednateli smluvní pokutu dle věty první za každé takové prodlení.
- 8.2 V případě prodlení objednatele s placením vyúčtování je objednatel povinen zaplatit zhotoviteli úrok z prodlení z nezaplacené částky v zákonné výši.
- 8.3 Ustanoveními o smluvní pokutě není dotčen nárok oprávněné smluvní strany požadovat náhradu škody v plném rozsahu.
- 8.4 Smluvní pokutu nelze požadovat, způsobí-li porušení smluvní povinnosti zásah vyšší moci, a to po celou dobu trvání zásahu vyšší moci. Za zásah vyšší moci se považuje zejména nemožnost plnění vzniklá živelnou událostí nebo událost naplňující znaky uvedené v § 2913 odst. 2 zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku.

### IX. Odstoupení od smlouvy

- 9.1 Smluvní strany jsou oprávněny od smlouvy odstoupit za podmínek stanovených zákonem č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů a objednatel je dále také oprávněn od smlouvy odstoupit pokud:
- a) prodlení zhotovitele s dokončením díla dle čl. IV. této smlouvy delším než 30 dnů,
  - b) prodlení zhotovitele s odstraněním reklamované vady delším než 30 dnů
  - c) zhotovitel provádí dílo v rozporu se svými povinnostmi a pokyny objednatele dle této smlouvy,
  - d) pokud zhotovitel uvedl v nabídce do veřejné zakázky informace nebo doklady, které neodpovídají skutečnosti a měly nebo mohly mít vliv na výsledek zadávacího řízení,
  - e) zhotovitel porušil povinnost dle odst. 7.6 a 7.7 této smlouvy,
  - f) zhotovitel je v insolvenčním řízení, jehož předmětem je dlužníkův úpadek nebo hrozící úpadek,
  - g) ostatní případy v této smlouvě výslovně uvedené jako podstatné porušení smlouvy.
- 9.2 Odstoupení od smlouvy musí být učiněno písemně. Odstoupení je účinné dnem doručení písemného oznámení druhé smluvní straně.
- 9.3 Na zhotovitelem předané a objednatelem převzaté dílo se i po ukončení této smlouvy vztahují ustanovení o odpovědnosti za vady, smluvních pokutách (s výjimkou odst. 9.4 níže) a náhradě škody, případně další aplikovatelná ustanovení této smlouvy.

- 9.4 Při odstoupení objednatele od smlouvy nevzniká zhotoviteli nárok na žádné zákonné ani smluvní sankce.

## **X. Vyšší moc**

- 10.1 Pro účely této smlouvy se za vyšší moc považují případy, kdy smluvní strana prokáže, že jí ve splnění povinnosti ze smlouvy dočasně nebo trvale zabránila mimořádná nepředvídatelná a nepřekonatelná překážka vzniklá nezávisle na vůli této smluvní strany. Za okolnosti vyšší moci se považují okolnosti, které vznikly po uzavření této smlouvy, zejména (nikoli však výlučně) válečný konflikt, přírodní katastrofa (např. povodeň), masivní výpadek elektrické energie nebo dodávek ropy, embargo nebo epidemie, popřípadě krizové opatření vyhlášené orgánem veřejné moci při epidemii.
- 10.2 Za vyšší moc se pro účely této smlouvy nepovažuje překážka vzniklá z poměrů smluvní strany, která se překážky dle odstavce 10.1 dovolává, nebo vzniklá až v době, kdy byla tato smluvní strana v prodlení s plněním smluvené povinnosti.
- 10.3 Smluvní strana postižená vyšší mocí je povinna neprodleně druhou smluvní stranu o výskytu vyšší moci písemně informovat.
- 10.4 Vpřípadě vyšší moci se prodlužuje lhůta ke splnění smluvních povinností o dobu, během které budou následky vyšší moci trvat včetně doby prokazatelně nutné k jejich odstranění. O ukončení vyšší moci a odstranění následků musí postižená smluvní strana druhou stranu písemně informovat.

## **XI. Závěrečná ustanovení**

- 11.1 Tato smlouva může být měněna a doplňována pouze písemnými a očíslovanými dodatky podepsanými oprávněnými zástupci smluvních stran, není-li v této smlouvě uvedeno jinak.
- 11.2 Ve věcech touto smlouvou neupravených se řídí práva a povinnosti smluvních stran příslušnými ustanoveními zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku.
- 11.3 Zhotovitel bere na vědomí, že tato smlouva může podléhat povinnosti jejího uveřejnění podle zákona č. 340/2015 Sb., o zvláštních podmínkách účinnosti některých smluv, uveřejňování těchto smluv a o registru smluv (zákon o registru smluv), zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, ve znění pozdějších předpisů a/nebo jejího zpřístupnění podle zákona č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím, ve znění pozdějších předpisů a tímto s uveřejněním či zpřístupněním podle výše uvedených právních předpisů souhlasí.
- 11.4 Tato smlouva je vyhotovena v elektronickém originále.
- 11.5 Smlouva nabývá platnosti dnem podpisu oprávněným zástupcem poslední smluvní strany. Smlouva nabývá účinnosti dnem přidělení finančních prostředků na realizaci díla ze strany Ministerstva životního prostředí ČR. Podléhá-li však tato smlouva povinnosti uveřejnění prostřednictvím registru smluv podle zákona o registru smluv, nenabude účinnosti dříve, než dnem jejího uveřejnění. Smluvní strany se budou vzájemně o nabytí účinnosti smlouvy neprodleně informovat.

11.6 Obě smluvní strany prohlašují, že se seznámily s celým textem smlouvy včetně jejích příloh a s celým obsahem smlouvy souhlasí. Současně prohlašují, že tato smlouva nebyla sjednána v tísní ani za jinak nápadně nevýhodných podmínek.

11.7 Nedílnou součástí smlouvy jsou tyto přílohy:

Příloha č. 1 Položkový rozpočet

Příloha č. 2 Mapa s lokalizací opatření

Příloha č. 3 Podrobná specifikace díla

Příloha č. 4 Metodika biospeleologického průzkumu jeskyní a krasových jevů - bezobratlí živočichové.

V Praze dne dle. el. podpisu

V Českých  
Budějovicích

dne dle el. podpisu

Objednatel

Zhotovitel

*(elektronický podpis)*

RNDr. František Pelc  
ředitel AOPK ČR

Prof. RNDr. Libor Grubhoffer, CSc., dr.  
h. c. mult., ředitel

**Příloha č. 1 Smlouvy o dílo – popfk-166/73/23****Podrobný položkový rozpočet studie****Biospeleologický výzkum se zaměřením na bezobratlé živočichy ve veřejnosti zpřístupněných jeskyních ČR**

|                    |                                    |
|--------------------|------------------------------------|
| <b>Zhotovitel:</b> | Biologické centrum AV ČR, v. v. i. |
| <b>Plátce DPH:</b> | Ano                                |

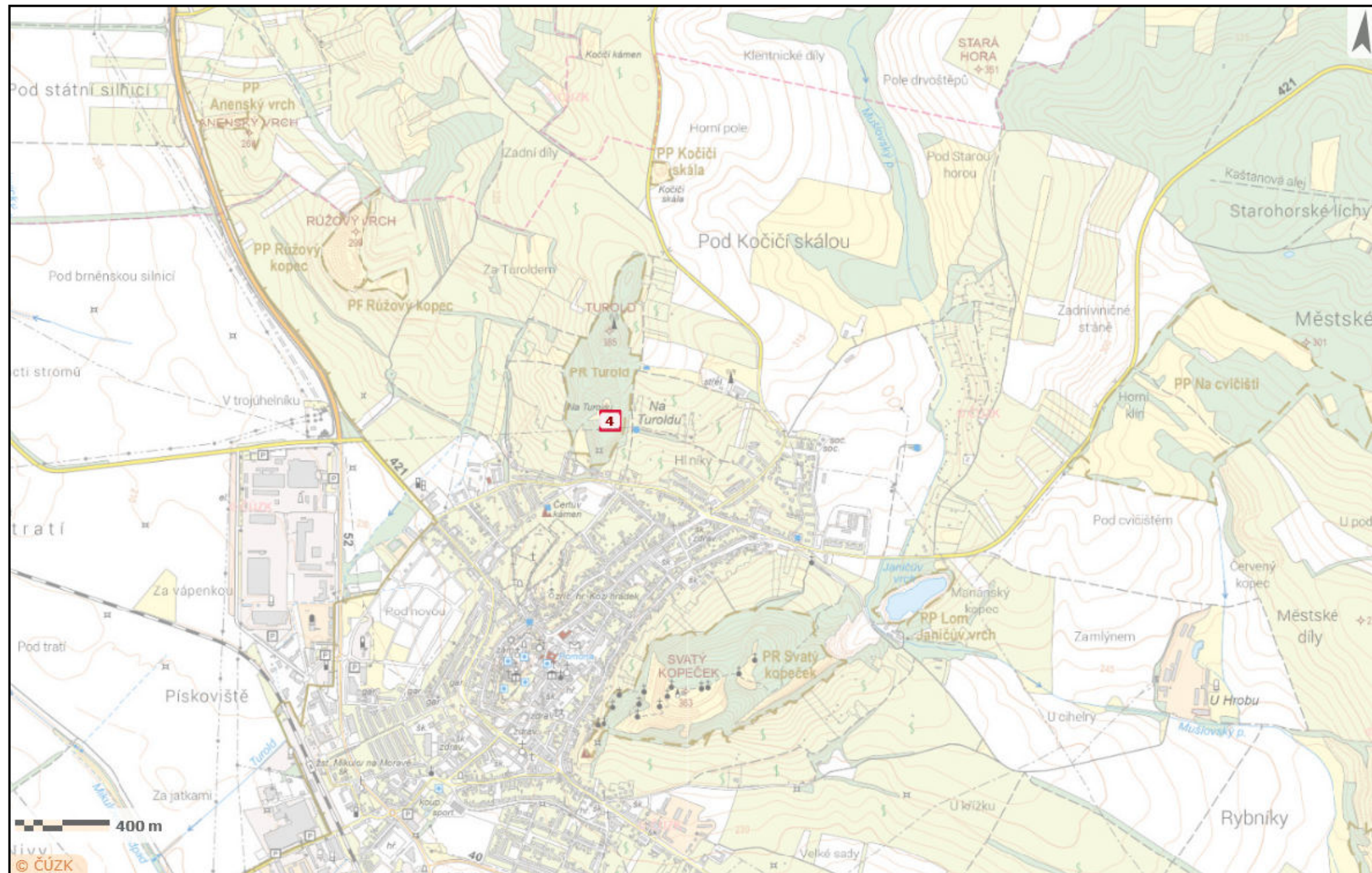
|                                              | 1 stacionář<br>ceny v Kč bez DPH |
|----------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>terestričtí bezobratlí</b>                |                                  |
| mesofauna - Acari                            | 2 200,00 Kč                      |
| mesofauna - Collembola                       | 3 700,00 Kč                      |
| ostatní mesofauna                            | 500,00 Kč                        |
| makrofauna - Aranea                          | 500,00 Kč                        |
| makrofauna - Lumbricidae                     | 500,00 Kč                        |
| makrofauna - Diplopoda-Chilopoda-Oniscidea   | 500,00 Kč                        |
| makrofauna - Coleoptera                      | 500,00 Kč                        |
| makrofauna - Diptera                         | 500,00 Kč                        |
| ostatní makrofauna                           | 500,00 Kč                        |
| <b>vodní bezobratlí</b>                      |                                  |
| larvy vodního hmyzu, vodní červi aj.         | 2 000,00 Kč                      |
| materiálové náklady vč.měření mikroklimatu   | 5 000,00 Kč                      |
| cestovné (2-3 výjezdy), služby, poštovné     | 3 000,00 Kč                      |
| technická výpomoc                            | 5 800,00 Kč                      |
| koordinátor-zoo                              | 5 800,00 Kč                      |
| kordinátor-terén                             | 5 800,00 Kč                      |
| <b>celkem</b>                                | <b>36 800,00 Kč</b>              |
| <b>jeskynní substráty</b>                    |                                  |
| pH, konduktivita, dostupné živiny (C, N, P), | 1 500,00 Kč                      |
| respirace, mikrobiální biomasa               | 2 500,00 Kč                      |
| <b>celkem</b>                                | <b>4 000,00 Kč</b>               |
| <b>microbiální molekulární analýzy</b>       |                                  |
| DNA extrakce                                 | 600,00 Kč                        |
| sekvenování 16S                              | 1 500,00 Kč                      |
| sekvenování ITS                              | 1 500,00 Kč                      |
| MasterMix                                    | 100,00 Kč                        |
| litterbag metoda                             | 200,00 Kč                        |
| spotřební materiál                           | 100,00 Kč                        |
| <b>celkem</b>                                | <b>4 000,00 Kč</b>               |
| <b>cena celkem pro 1 stacionář</b>           | <b>44 800,00 Kč</b>              |

|                                        |                        |
|----------------------------------------|------------------------|
| <b>Celkem 58 stacionářů (bez DPH):</b> | <b>2 598 400,00 Kč</b> |
| <b>DPH 21 %</b>                        | <b>545 664,00 Kč</b>   |
| <b>Cena celkem včetně DPH</b>          | <b>3 144 064,00 Kč</b> |



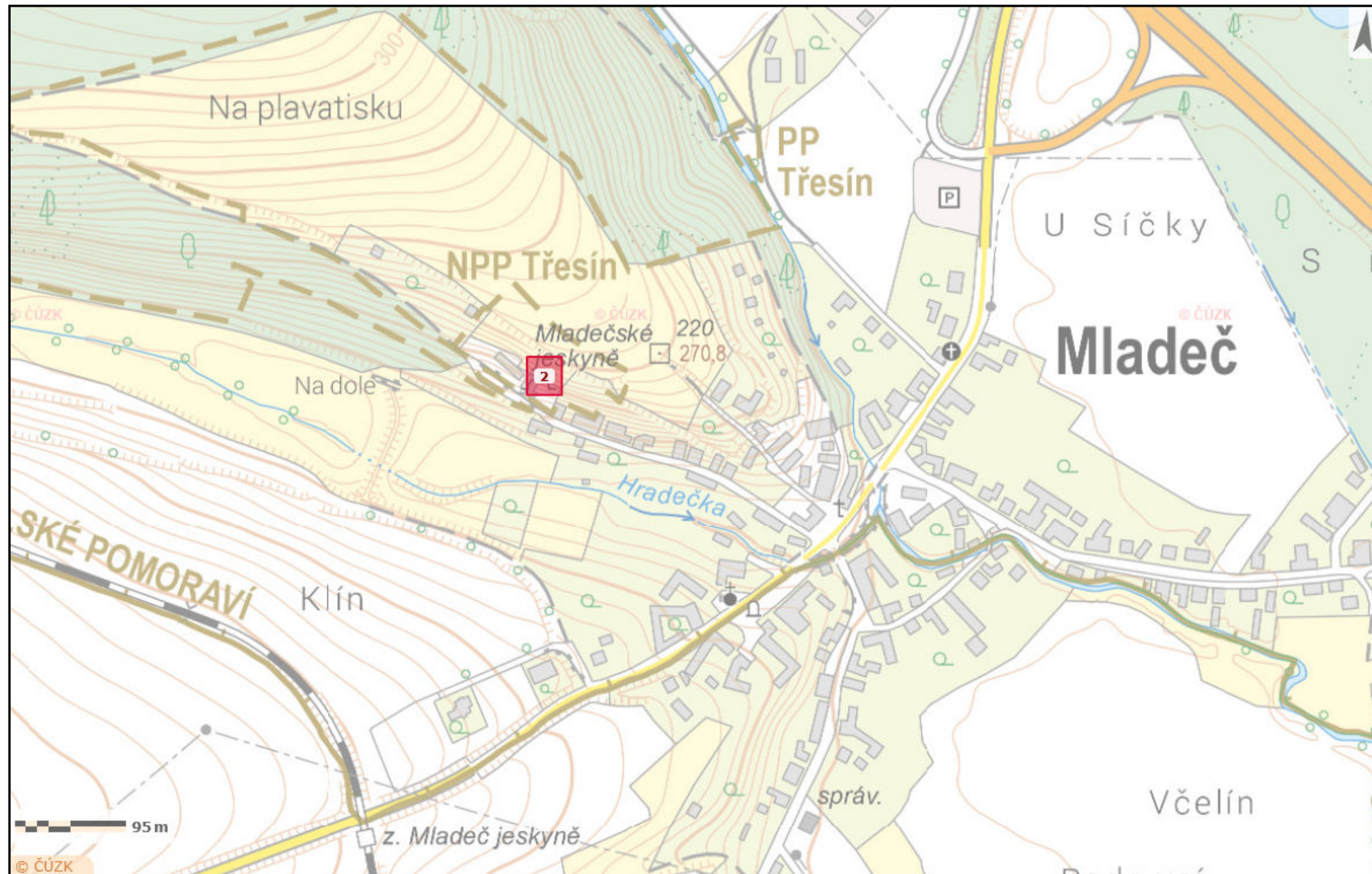


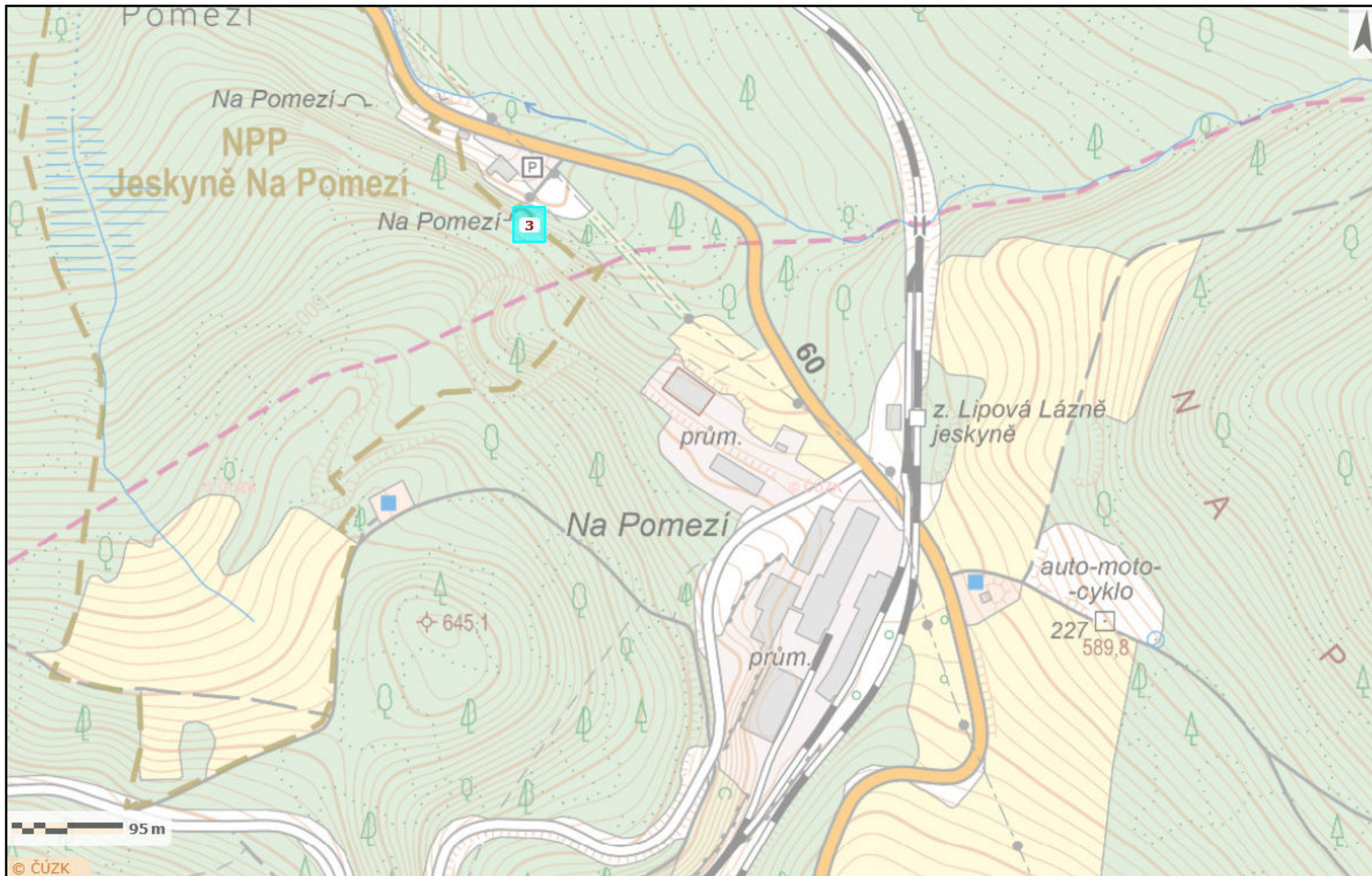


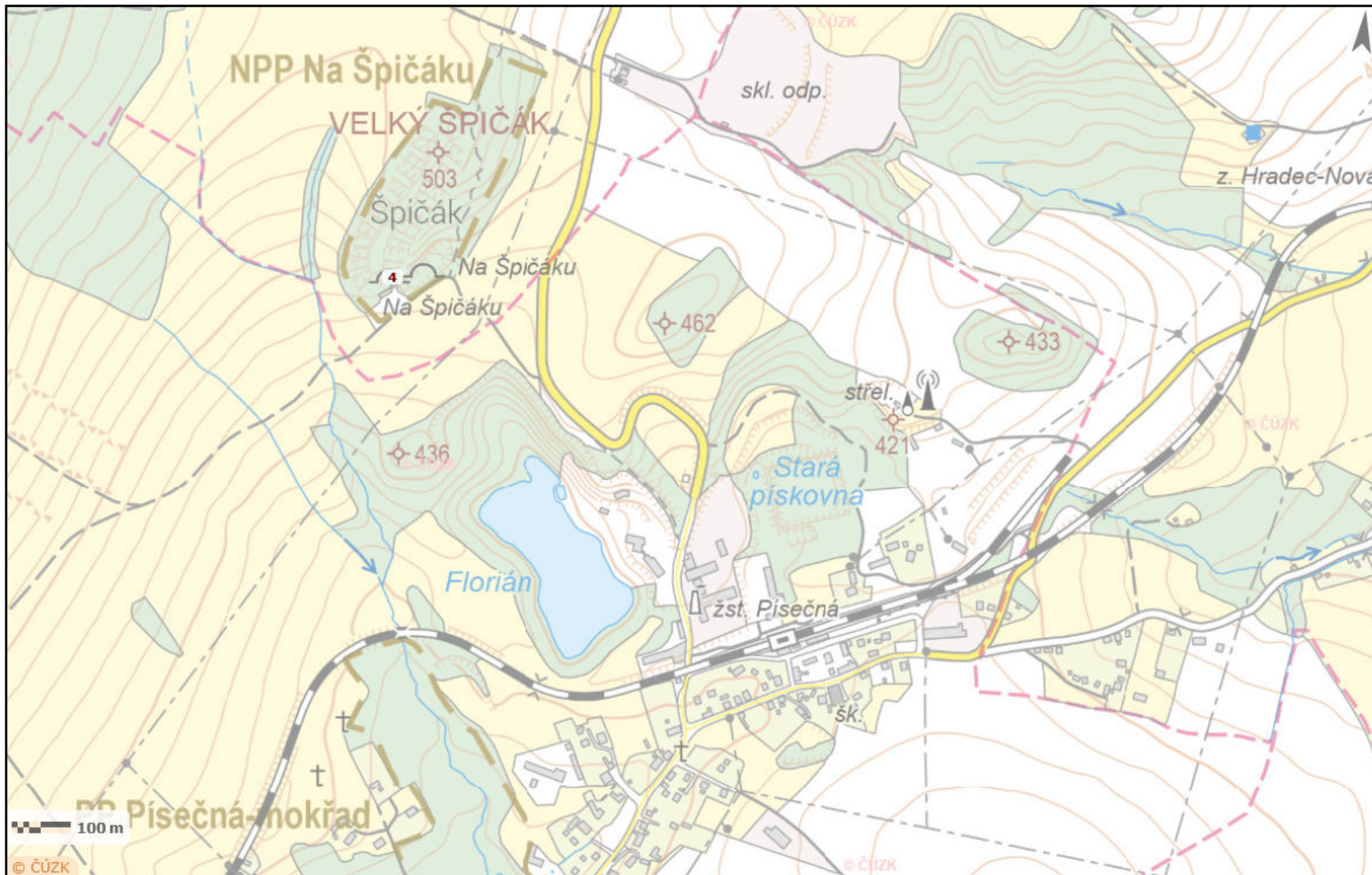


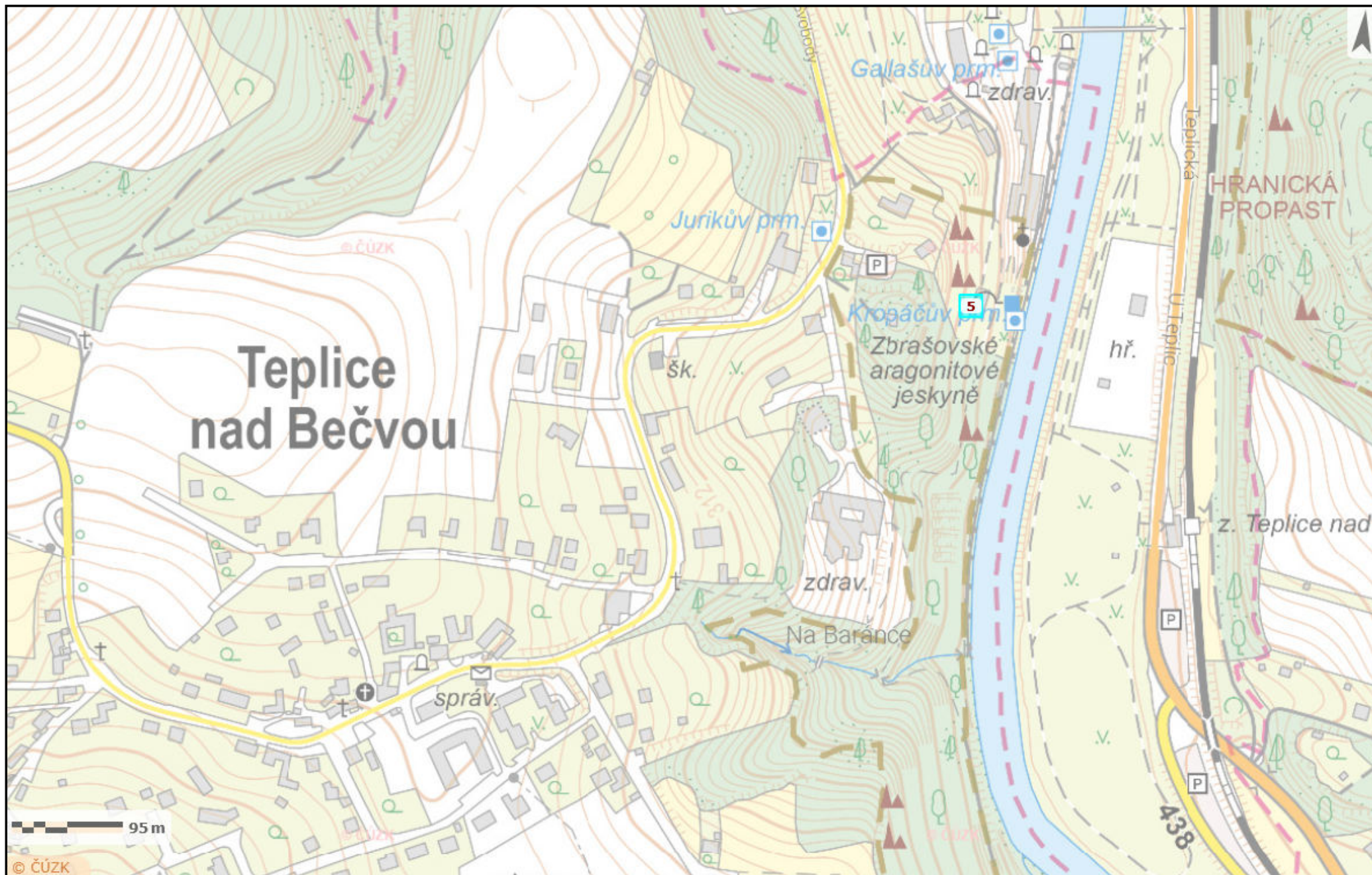




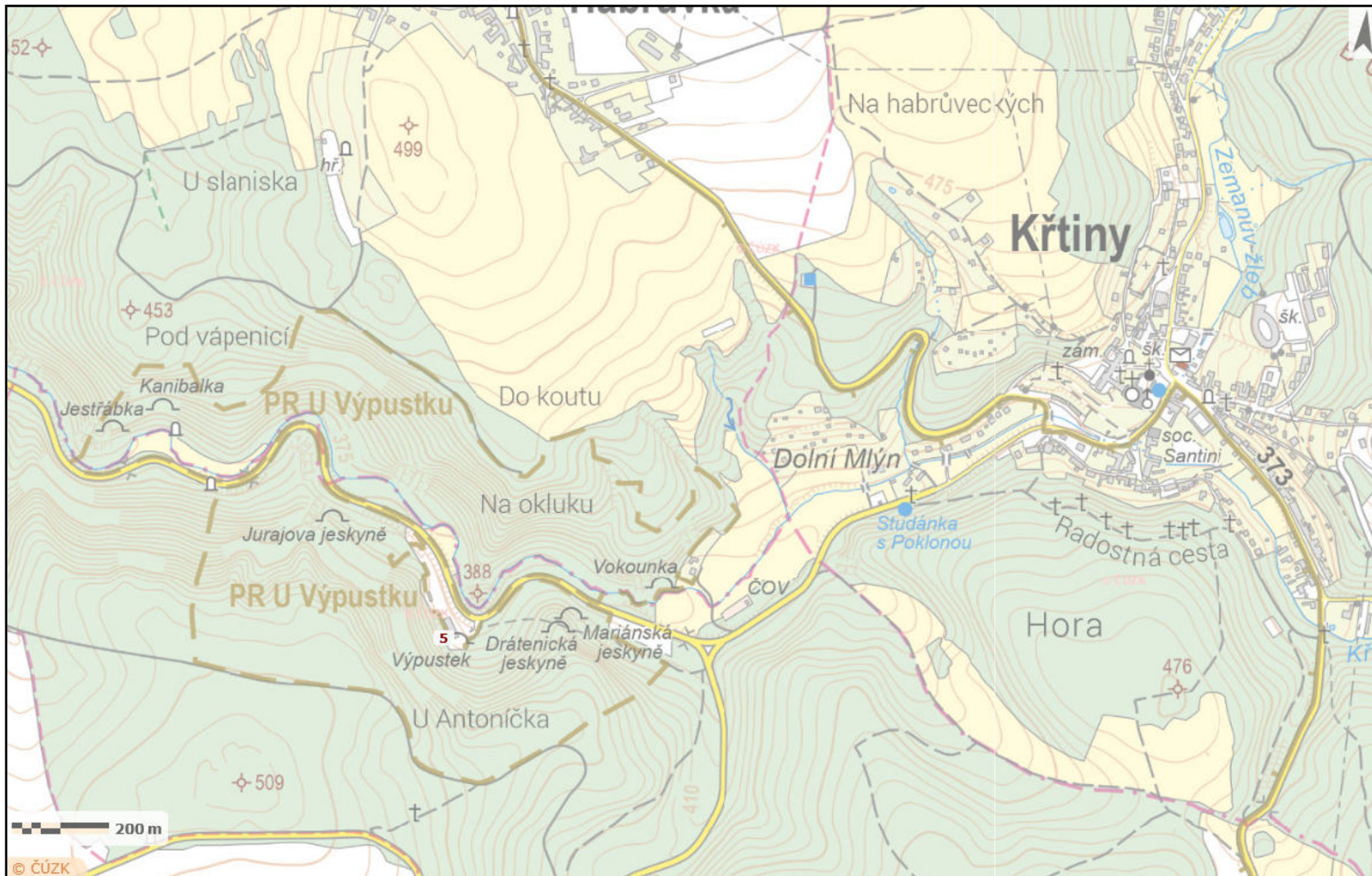












## **Příloha č. 3 smlouvy POPFK-166a/73/23 – Podrobná specifikace díla**

### **Cílem studie**

Cílem projektu je monitoring oživení bezobratlými živočichy včetně posouzení dalších biotických (funkční struktura mikrobiomu jeskynních substrátů) a abiotických parametrů (mikroklimatické poměry, vybrané charakteristiky jeskynních substrátů a vody) v turisticky zpřístupněných nebo jinak intenzivněji využívaných částech jeskynní a jeskynních systémů a porovnat je s údaji z na ně navazujících běžně nepřístupných úseků. Získaná data a jejich porovnání mezi využívanými a méně ovlivněnými a méně pozměněnými úseky poslouží pro posouzení stávajícího stavu a pro případné usměrnění provozních a ochranných opatření ve sledovaných jeskyních a jeskynních systémech.

### **Lokalizace:**

Veřejnosti zpřístupněné jeskyně a jeskynní systémy ČR, jeskyně využívané k speleoterapii (CHKO Moravský kras jako nejvýznamnější krasové území v ČR a dále jeskyně ležící v rámci chráněných území NPP Bozkovské dolomitové jeskyně, CHKO Český kras, NPP Chýnovská jeskyně, NPR Špraněk, NPP Zbrašovské aragonitové jeskyně, CHKO Pálava).

Jednotlivé jeskyně a počty předpokládaných monitorovaných stacionárních ploch v jeskyni (v závorce): Bozkovské dolomitové jeskyně (4), Koněpruské jeskyně (4), Chýnovská jeskyně (4), Javoříčské jeskyně (4), Mladečské jeskyně (4), jeskyně Na Pomezí (4), jeskyně Na Špičáku (4), Zbrašovské aragonitové jeskyně (4), jeskyně Na Turoidu (4), jeskyně Balcarka (4), Kateřinská jeskyně (4), Punkevní jeskyně (4), Sloupsko-šošůvské jeskyně (4), jeskyně Výpustek (4), Císařská jeskyně (2).

Celkem 58 stacionárů, 56 ve veřejnosti navštěvovaných jeskyních a 2 stacionáře v jeskyních se speleoterapií.

Při vlastní realizaci nelze vyloučit a je naopak nutno počítat s možnými změnami počtů stacionárů (podle konkrétních podmínek) v jednotlivých jeskyních, nicméně celkový počet stacionárů je stanoven a doporučen zachovat.

### **Předmět díla:**

Monitoring bezobratlých živočichů v souladu s Metodikou biospeleologického průzkumu jeskyní a krasových jevů – bezobratlí živočichové (Tajovský 2016).

Monitoring vybraných parametrů a charakteristik prostředí, substrátů a vod na vytipovaných stacionárních plochách: kontinuální měření teploty a vlhkosti vzduchu; stanovení pH, konduktivity, dostupných živin (C, N, P), respirace a mikrobiální biomasy v substrátech stacionárních ploch; stanovení struktury mikrobiálních společenstev jeskynních substrátů molekulárními metodami (extrakce DNA,

16S a ITS sekvenování, kvantifikace funkčních skupin genů); měření teploty, konduktivity, pH a ppm (CO<sub>2</sub>) jeskynních vod.

**Výstupy:**

Faunistická data pro NDOP

Mikrobiální a chemické charakteristiky substrátů sledovaných stacionárních ploch

Funkční struktura mikrobiálních společenstev jeskynních substrátů

Vyhodnocení vlivu využití jeskynních systémů (turistika, speleoterapie) a dopady na jeskynní biotu a jeskynní prostředí včetně návrhů případných managementových opatření pro režim jednotlivých systémů.

# **Metodika biospeleologického průzkumu jeskyní a krasových jevů – bezobratlí živočichové**

Vypracoval

**RNDr. Karel Tajovský, CSc.**

České Budějovice, listopad 2016

## Úvod

Přes poměrně dlouhou tradici speleologických a biospeleologických průzkumů neexistují dosud ucelené poznatky o všech skupinách živočichů, kteří trvale nebo dočasně osídlují jeskynní prostředí a s nimi související krasové jevy známé na území naší republiky. Podrobný a opakovaný monitoring těchto unikátních přírodních systémů je přitom významný nejen z hlediska poznání těchto ekosystémů, ale je důležitý i pro jejich ochranu a další management. Vedle intenzivních výzkumů a monitorování obratlovců (především netopýrů) existují jen dílčí studie, které se věnovaly vybraným skupinám bezobratlých živočichů na větším počtu lokalit nebo naopak obsáhlejší studie, zahrnující sice širší spektrum taxonomických skupin, avšak soustředěné jen na některé vybrané jeskyně nebo jeskynní systémy. Ucelený přehled o oživení jeskyní a s nimi souvisejících krasových jevů bezobratlými živočichy u nás chybí.

Dobrá znalost bioty jeskyní a konkrétně znalost bezobratlých živočichů se specifickými adaptacemi k životu v jeskyních je pro komplexní ochranu jeskyní zcela zásadní. V případech, kdy výzkumy jeskynní fauny bezobratlých v různé míře na konkrétních lokalitách v historii již proběhly, umožní aktuální monitoring posoudit nejen stávající stav ale i zhodnotit přirozené i člověkem způsobené změny. Přehled o aktuálním oživení bude východiskem pro další budoucí hodnocení stavu a případných změn včetně možných negativních dopadů lidské činnosti na křehkou stabilitu těchto specifických a unikátních přírodních útvarů.

## Jeskynní prostředí, krasové jevy a jejich osídlení faunou

Jeskyně jsou definovány jako podzemní dutiny zcela nebo z velké části omezené matečnou horninou, v níž vznikly vlivem endogenních nebo exogenních sil a procesů nebo uměle s přispěním činnosti člověka. Ze speleologického hlediska je jeskyně chápána jako dutina, jejíž rozměry dovolují vstup a průchod dospělému člověku, případně její rozměry dovolují člověku jí prolézt. V hydrogeologii je definována jako dutina, jejíž rozměry umožňují vodě turbulentní pohyb (Panoš 2001, Hromas a kol. 2009). Vývoj jeskyní je velmi složitý a dlouhodobý proces ovlivněný mnoha faktory. Jeskyně a jeskynní systémy mohou mít v matečné hornině nejrůznější polohu (horizontální, vertikální, šikmou), mohou být jednoduché, větvené, suché nebo protékané či zaplavené vodou, zaplněné fosilními nebo recentními usazeninami. Klasifikační hlediska jsou proto velmi různorodá.

Procesy vyvolávající vznik a vývoj jeskyní mohou vést vedle rozšiřování jeskynních chodeb k řícení stropů a stěn, ke vzniku velkých jeskynních prostor, prolomením povrchu ke vzniku závrťů, propastí i hlubokých krasových kaňonů. Krasová území tak mohou zahrnovat krasové jevy, k nimž vedle podpovrchových jeskyní a jeskynních systémů patří další útvary, které na ně zpravidla bezprostředně navazují, jako jsou povrchové škrapy, závrty, úvaly, slepé a poloslepé doliny, kaňony, propasti a rovněž vývěry podzemních vod (vyvěračky). Jeskyně mimo krasová území jsou označovány jako pseudokrasové. Na jejich vzniku se nepodílí rozpouštění původní horniny vodou. Jedná se o nejrůznější puklinové jeskyně, jeskynní výklenky, rozsedlinové, suťové jeskyně; řadí se sem i skalní perforace, skalní brány apod.

Z hlediska oživení především faunou bezobratlých živočichů považujeme za velmi významnou součást podzemních (podpovrchových) systémů přechodné prostředí, které se nachází mezi povrchem terénu a vlastními podzemními krasovými a pseudokrasovými jevy. Tato zóna je označována jako podpovrchové subteránní habitaty (MSS – z francouzského „milieu souterrain superficiel“ resp. anglicky „mesovoid shallow substratum“; nebo SSH – superficial subterranean habitats). Pro bezobratlé živočichy neplatí lidská měřítka a zjevně mnozí živočichové aktivně využívají mikroprostředí v těchto přechodových zónách, do kterých naopak člověk nedokáže aktivně pronikat či nahlížet. Pro oživení podzemních jeskyní a systémů mohou právě tyto podpovrchové subteránní habitaty hrát zásadní úlohu, což jednoznačně potvrzují poznatky z recentních studií (např. Tuf a kol. 2008, Laška a kol. 2011, Růžička a kol. 2013, Rendoš a kol. 2016)

Další významnou součástí jeskynních systémů je vodní prostředí, na které mohou být vázáni vodní bezobratlí živočichové. Vedle skapové vody prolínající nadložními vrstvami jeskyní a tvořící vodní film na stěnách jeskyní a krápníků, jsou životním prostředím různé typy stojatých vod (jezířka, sintrové kaskády, louže) a rovněž tak tekoucí podzemní vody.

Pozornost si zasluhují také zóny, ve kterých voda opouští podzemí, tj. prameny a krasové vyvěračky, v nichž se na jeskyně vázaní vodní živočichové mohou rovněž vyskytovat. Kromě toho v systémech podzemních vodních prostředí rozlišujeme také tzv. hypohelminorheické habitaty, které představují podpovrchovou část mokřadů v širším slova smyslu (Culver a kol. 2006). Tyto systémy, ač málo studované, jsou včetně střední Evropy často obývané prostředím, zejména podzemními různonožci (Amphipoda).

Jeskyně a jeskynní systémy představují velice specifické prostředí pro všechny živé organismy, které sem pronikají a dočasně nebo trvale zde žijí. Tato specifčnost je dána základní charakteristikou všech podzemních prostor, tj. nedostatkem světla a s tím související nepřítomností fototrofních rostlin. Hlavním zdrojem živin všech saprotrofních organismů není většinou organická hmota rostlinného původu, jak je tomu u nadzemních ekosystémů, které jsou charakterizovány masivní akumulací rostlinného detritu, ale exkrementy živočichů pobývajících v jeskyních, jejich mrtvá těla a dále materiál, který se dostal do jeskyní splachem z povrchu (půdní organismy, části rostlin a jejich semena, větvičky, šišky apod.) nebo byl v případě zpřístupněných jeskyní přinesen návštěvníky jeskyní (mikroorganismy zachycené na oblečení a obuvi, textilní částice, drobné odpadky atd.). Celý trofický systém v jeskyních, ač je v mnoha ohledech velmi zjednodušený, úzce souvisí s komunikací s povrchovými systémy a přísunem látek a živin. Přítomnost bezobratlých živočichů na všech trofických úrovních je pak úzce závislá na celém tomto systému. Bez oživení mikrofórou a přísunu živin není možné trvalejší oživení jeskyní dalšími živočichy. Mikroskopické saprotrofní houby spolu s bakteriemi rozkládají mrtvou organickou hmotu rostlinného, živočišného i mikrobiálního původu, ale rovněž slouží jako potrava pro řadu bezobratlých živočichů. Splachem z povrchu se také dostává do jeskyní celá řada půdních sinic a řas, které přežívají v jeskynním sedimentu a stávají se dalším potravním zdrojem. Specifická mikrofóra se vyskytuje také v ovzduší jeskyní, v jeskynních sedimentech, ale i v sedimentech a usazeninách na stěnách a krápnících jeskyní. Jeskyně České republiky patří většinou mezi tzv. oligotrofní jeskyně, tj. jeskyně s nedostatkem organické hmoty. Klasické eutrofní jeskyně s hojnou přítomností organické hmoty různého původu nejsou příliš časté. Patří sem ponorné jeskyně, vstupní části propastí a jeskyně dlouhodoběji osídlené či intenzivně navštěvované živočichy (netopýři, predátoři, kopytníci ale i člověk). Třetím typem jeskyní jsou distrofní jeskyně s masivní akumulací rostlinného detritu, který sem bývá transportován protékajícími vodními toky, známým příkladem je Amatérská jeskyně v Moravském krasu.

Standartní podmínky během roku (stabilní teplota a vlhkost, tma) jsou jen částečně ovlivňovány klimatickými podmínkami na povrchu a změnami ročních období (změny

hladiny podzemní vody, nárazové splachy a zátopy při velkých deštích a při jarním tání sněhu). Na tyto specifické a stabilní podmínky se v procesu dlouhého vývoje přizpůsobily různé skupiny organismů včetně bezobratlých živočichů. Podle stupně přizpůsobení a vazby na jeskynní prostředí během životního cyklu jsou jeskynní (kavernikolní) živočichové děleni do několika základních skupin, přičemž v průběhu biospeleologických výzkumů vzniklo několik klasifikačních hledisek. Tradičně jeskynní živočichy dělíme na terestrické (troglo-) a vodní (stygo-). Troglobionti a stygobionti jsou takoví, kteří se přizpůsobili životu v podzemí natolik, že zde žijí trvale během celého životního cyklu. Obývají jak jeskyně, tak intersticiální zónu, různé podpovrchové subteránní habitaty (MSS) ale i sutě a štěrky mimo kras apod. Vyznačují se zpravidla vysokou mírou adaptace k podzemnímu prostředí. V našich jeskyních jsou v souvislosti s geologickým vývojem ve střední Evropě a opakovanými zaledněními velmi málo zastoupeni. Druhou skupinu tvoří troglofilní a stygofilní živočichové (troglofilové a stygofilové), kteří jsou schopni dlouhodobě žít a rozmnožovat se v podzemí, setkáváme se však s nimi i na povrchu v půdním i vodním prostředí. Adaptace na podzemní prostředí jsou u nich malé. Třetí skupinou jsou trogloxenní a stygoxenní živočichové (trogloxeeni a stygoxeeni), kteří se do podzemí a podzemních vod dostávají nahodile, nerozmnožují se zde a podzemí obývají jen dočasně.

S ohledem na odlišné stanovištní poměry bývá rozlišována fauna obývající vstupní prostory jeskyní ještě s dostatkem světla a většinou dostatečným přísunem organických materiálů a tedy i možných zdrojů potravy od fauny obývající hlubší (afotické) části. Bezobratlí živočichové v jeskyních jsou rovněž součástí tzv. parietálních organismů (společenstva stěn jeskyní), které osídlují stěny a stropy jeskyní. Tato parietální fauna se soustřeďuje ve vstupních částech jeskynních chodeb, které tvoří přechod mezi vnějším a vnitřním prostředím jeskyní. Jedná se o ekotonální společenstvo s prolínáním povrchových a jeskynních forem živočichů, obývajících ještě částečně osvětlené části s proměnlivými teplotními a vlhkostními poměry.

## **Stručná historie biospeleologických výzkumů na našem území**

Biospeleologický výzkum má v České republice dlouhou tradici. Od počátků speleologických bádání přitahovaly jeskynní systémy také pozornost biologů a zoologů. První biospeleologické výzkumy některých jeskynních systémů Moravského krasu spadají již do

druhé poloviny devatenáctého století. Na výzkum faunu se při průzkumech jeskyní zaměřili mezi prvními badateli Wankel (1856, 1860, 1861) a rovněž Kolenati (1856, 1858), který se vedle studia netopýrů a jejich parazitů věnoval i bezkřídlému hmyzu a pavoukům. O další rozvoj biospeleologických výzkumů se pak zasloužil především profesor Karel Absolon, který se z hlediska oživení jeskyní věnoval zejména chvostoskokům a shrnul poznatky i o dalších přítomných skupinách bezobratlých živočichů (např. Absolon 1899). Výzkumy z tohoto prvního intenzivního období pokračovaly zhruba do poloviny dvacátého století a zahrnovaly především inventarizační průzkumy v některých jeskyních. Další etapou bylo období na konci dvacátého a na počátku tohoto století, kdy byly doplňovány faunistické poznatky z mnohých krasových ale i pseudokrasových jeskyní a jeskynních systémů a nově i sutí a dalších subteránních habitatů známých na našem území. Postupně byla věnována pozornost máloštětinatým červům (Černosvitov 1935, Zajonc 1958, Pižl 2008), pavoukům (např. Kratochvíl a Miller 1939, Růžička 1990, Růžička a kol. 1995, aj.), prostigmátním roztočům (Zacharda 1978) a roztočům ze skupiny pancířníci (Willmann 1954, Starý 2008). Dílčí údaje se v průběhu celé historie objevovaly i o skupinách jako jsou mnohonožky (Uličný 1883, Vališ 1902, Tajovský a Mlejnek 2007), suchozemští stejnonožci (Tajovský a Mlejnek 2015), motýli nebo chrostíci. Z bezkřídlého hmyzu se bezkonkurenčně nejvíce údajů nashromáždilo o skupině chvostoskoků (např. Rusek 1972), méně o šupinuškách a hmyzenkách. Dílčí údaje o malakofauně některých jeskyní publikoval např. Dvořák (1999, 2015). Shrnující informace k fauně brouků předložili Mlejnek a kol. (2015). Několik studií se věnovalo zimujícím hmyzím zástupcům v jeskyních (např. Dvořák 2002a,b,c). Soustavnější cílené výzkumy byly zahájeny až ve druhé polovině minulého století, kdy byl např. prováděn podrobný, široce pojatý biospeleologický průzkum nově objevených systémů Amatérské jeskyně (Štelcl a kol. 1975). Souhrnné údaje o bezobratlých Chýnovské jeskyně publikoval Dvořák (2002d). Podrobnější zoologické studie byly zveřejněny např. ze Zbrašovských aragonitových jeskyní (Tuf a kol. 2008, Tajovský a kol. 2013), pozornost byla rovněž věnována ekologii a osídlení subteránních systémů a sutí (např. Laška a kol. 2011, Růžička a kol. 2013) nebo výzkumu bezobratlých v profilu propasti Macocha (Růžička a kol. 2016). Aktuálně byl předmětem biomonitoringu terestrických bezobratlých systém mezinárodního mokřadu Podzemní Punkva (Tajovský a kol. 2016). Z vodních bezobratlých byli v dílčích studiích detailněji zkoumáni zejména máloštětinatí červi (Hrabě 1970) a např. korýši (Štěrbá 1954, Vaňura 1943, Dumnicka 1995).

## Sledované skupiny bezobratlých živočichů

### Terestrickí bezobratlí

Z terestrických bezobratlých živočichů budou předmětem biospeleologického monitoringu především zástupci následujících skupin: želvušky (Tardigrada), vířníci (Rotifera), volně žijící hlístice (Nematoda), žízalovití (Lumbricidae), roupicovití (Enchytraeidae), suchozemští plži (Gastropoda), roztoči – pancířníci (Acari, Oribatida), chvostoskoci (Collembola), mnohonožky (Diplopoda), stonožky (Chilopoda), suchozemští stejnonožci (Oniscidea), pavouci (Araneida), sekáči (Opiliones), štírci (Pseudoscorpiones), brouci (Coleoptera) a dvoukřídlí (Diptera). U těchto skupin se předpokládá, že determinace získaného materiálu bude reálná ve většině případů až na druhovou úroveň. V případě dospělců dvoukřídlných budou detailně zpracovány pouze vybrané čeledi, u nichž lze zajistit příslušné specialisty-determinátory.

Materiál všech dalších skupin bezobratlých, zejména hmyzích skupin, vyskytujících se v jeskyních jen ojediněle (např. ploštice – Heteroptera, pisivky – Psocoptera, motýli – Lepidoptera, blanokřídlí – Hymenoptera, síťokřídlí – Neuroptera, blechy – Siphonaptera aj.) a rovněž obtížně determinovatelné larvy některých čeledí dvoukřídlných a brouků bude rovněž použitými metodami sbírán, katalogizován a archivován k dalšímu studiu nebo pozdějšímu zpracování.

### Želvušky – Tardigrada

Želvušky jsou drobní především na vodní prostředí vázaní živočichové, jejichž tělo dlouhé 100 µm až 1,5 mm je opatřeno čtyřmi páry komolcovitých nožek opatřených drápkou. Ústní ústrojí zahrnuje i dlouhé bodce, kterými vysávají pletiva řas, mechů či rostlin. Kromě volné vody obývají i lišejníky, mechy, vlhké půdy, kde mohou dosahovat vysoké hustoty populací (až tisíce jedinců na metr čtvereční). V jeskyních a různých subteránních habitatech jsou zastoupeny v sedimentech nebo substrátech bohatších na organické zbytky. Ačkoliv jejich přítomnost v jeskyních byla potvrzena, nebyly zde dosud systematicky studovány.

### Vířníci – Rotifera

Vířníci představují skupinu nejmenších mnohobuněčných živočichů. Jejich tělesné rozměry se pohybují mezi 40 µm až 2 mm. Ačkoliv to jsou převážně vodní (sladkovodní i mořští) živočichové, v menší míře osídlují intersticiální vodní prostředí v půdě. Obývají vlhké povrchové vrstvy půdy, mechové polštáře a ostatní zvodnělá mikrostanoviště na povrchu půdy a v půdě. Vzhledem k velikosti těla obývají v půdě větší vodní prostory. Žijí buď přisedle a pomocí rozvinutého vířivého orgánu si přihánějí potravu, nebo při plazení

(na způsob housenek nebo pijavek) mohou aktivně sbírat potravu z povrchu půdních částic. Formy volně plovoucí v půdní vodě loví potravu rozvinutým vířivým orgánem. Jejich počty se odhadují na desítky až stovky tisíc jedinců na metr čtvereční. V jeskyních a subteránních habitatech jsou zastoupeni v substrátech bohatších na organické zbytky bohatě zásobených vodou. Jejich přítomnost v jeskyních byla potvrzena, nebyli zde však dosud systematicky studováni.

### Volně žijící hlístice – Nematoda

Hlístice jsou volně žijící i parazitičtí živočichové s protáhlým oblým válcovitým tělem. Zástupci tzv. půdních hlístic jsou velmi malí nečlánkovaní červi, jejich tělo dosahuje na průměru až 50  $\mu\text{m}$  a je 150 až 500  $\mu\text{m}$  dlouhé. Tyto formy pronikají rovněž do subteránního prostředí. Hlístice jsou jednou z nejpočetnějších skupin živočichů. V povrchových půdách dosahují řádově až několik milionů jedinců na metr čtvereční (biomasa je odhadována řádově v desetinách gramů až desítkách či stovkách gramů na metr čtvereční). V jeskyních se předpokládá jejich zastoupení podstatně nižší a zároveň nerovnoměrné, v závislosti na stanovištních podmínkách, možných potravních zdrojích atd. Výskyt hlístic je rovněž vázán na vodní prostředí, volně žijící hlístice obývají a pohybují se ve vodním filmu a v pórech zaplněných vodou v půdě, sedimentech, naplavených hlínách atd. Proti vysychání v půdě se hlístice brání migracemi do vlhčích míst. Sucho mohou přežívat v dormantním stavu i více let. Volně žijící hlístice patří nejčastěji do řádů háďáta (Rhabditida), háďátka (Tylenchida, Aphelenchida) a hlístkové (Dorylaimida). V závislosti na potravní biologii rozlišujeme šest základních ekologických skupin hlístic: fytofágní (fytoparazitické), bakteriofágní, mykofágní, fyto-mykofágní, dravé a všežravé (omnivorní). Poměrné zastoupení jednotlivých ekologických skupin slouží i jako ukazatel nebo kritérium při hodnocení stavu prostředí, ve kterém žijí. Hlístice jakožto velmi početná skupina půdní fauny patří k významným půdním organismům. Jejich vysoké počty mohou podstatně ovlivňovat koloběh látek a energií a v některých půdách jsou klíčovou skupinou, která přímo i nepřímo ovlivňuje dekompozici opadu a mineralizaci organických látek. Mnoho tzv. fytopatogenních druhů je významných v rostlinolékařské praxi. Jeskynní fauna hlístic nebyla studována.

### Žížalovití – Lumbricidae

Žížaly jsou nejdůležitější skupinou půdní makrofauny v půdách terestrických ekosystémů mírného pásma. V našich zeměpisných šířkách se téměř výhradně jedná o zástupce čeledi Lumbricidae. Jejich protáhlé, válcovité tělo může být v zadní části zploštěné nebo hranaté. Délka těla dospělých žížal se pohybuje od 1–2 cm až do několika desítek cm, největší mohou dosahovat i jeden metr. Přitom jejich šířka těla dosahuje jen několik mm, výjimečně překračuje 1 cm. Žížaly bez vnější kostry s rozvinutou podélnou a příčnou svalovinou mohou měnit při pohybu svůj průměr a aktivně prolézat půdou, přičemž jsou schopny aktivně vytvářet nové chodby často i v hlubokých minerálních vrstvách půdního profilu. Žížaly osídľují téměř všechny typy půd. Bohatá společenstva jsou přítomna ve vlhkých půdách lužních lesů, v eutrofních prameništích, v lučních půdách. Naopak kyselé rašelinné půdy a půdy jehličnatých lesů (s nízkým pH) jsou na žížaly chudé. Obdobně početnost žížal klesá i v orných půdách. V půdách mírného pásma dosahují průměrných počtů 30–400 jedinců na metr čtvereční, což v biomase představuje průměrně 2 až 50 gramů. Do jeskyní žížaly pronikají aktivně ze svrchních (nadložních) vrstev půdy a hlubších půdních horizontů, nebo se sem dostávají pasivně transportem s vodními toky pronikajícími do podzemních systémů. Transport žížal s detritem a úlomky organické hmoty rostlinného původu do jeskyní je charakteristický pro mnohé podzemní systémy Moravského krasu. Přesto údajů o žížalách

obývajících jeskyně je k dispozici velmi málo (Pižl 2008). V některých jeskyních pak některé druhy tvoří i trvale žijící populace. Tradované jsou početné populace žížal druhu *Aporrectodea rosea* na hlinitopísčitých sedimentech v Amatérské jeskyni, které zde produkcí charakteristických žížalinců vytvořily rozsáhlé "trusinkové lavice". Jejich přítomnost byla doložena rovněž v rámci komplexního výzkumu v sedmdesátých letech (Štelcl a kol. 1975). Trvalý výskyt tohoto druhu v Nové Amatérské jeskyni v průběhu posledních desetiletí potvrdil rovněž Pižl (2008). Pižl (2008) shrnul poznatky o přítomnosti žížalovitých v 59 českých a slovenských jeskyních. Zajímavé upřesňující výsledky o výskytu žížal přinesl průzkum mokřadu Podzemní Punkvy (Tajovský a kol. 2016).

### Roupicovití – Enchytraeidae

Roupice jsou drobní kroužkovití červi. Od blízkce příbuzných žížal se odlišují menšími tělesnými rozměry. Jejich tělo, dosahující délky od jednoho do 30 mm a na průměru do 2 mm, je bezbarvé, bělavé až nažloutlé. Většina roupic představuje obyvatele půdního prostředí, řada druhů žije v mořském litorálu i sladkovodních sedimentech. Jejich přítomnost v jeskyních prozrazují také produkty jejich činnosti. Roupice, podobně jako žížaly, pasírují přes svoje střevo organické i anorganické částičky a produkují charakteristické drobně strukturované exkrementy (peletky), jejichž agregace jsou v jeskyních dobře patrné pouhým okem na povrchu rozkládajících se úlomků dřeva nebo na jemných sedimentových usazeninách. Za příznivých podmínek v povrchových půdách dosahují populace roupic vysokých hustot řádově od několika set až po statisíce jedinců na metr čtvereční; jejich biomasa se může pohybovat v rozmezí 0,01 gramu až několika gramů sušiny na metr čtvereční. Jejich hustoty mohou v průběhu roku výrazně kolísat v závislosti na vlhkostních a teplotních poměrech. V jeskyních jsou úzce vázány na substráty s dostatkem rozkládajících se organických zbytků (naplavené sedimenty s organickou hmotou, tlející dřevní hmota). Předpokládá se, že konzumují jak jemnou odumřelou organickou hmotu (saprofágové), tak i živé půdní mikroorganismy (mikrobiofágové). Spásáním půdní mikroflóry ovlivňují její aktivitu. Přispívají rovněž k destrukci a dekompozici mrtvé organické hmoty zejména jejím rozdrobováním. Vazba na přítomnost organické hmoty vede často k jejich agregovanému (hnízdovitému) výskytu. Vzhledem k vyšší biomase mohou být významným zdrojem potravy pro další dravé živočichy. S ohledem na obtížnost studia této skupiny (při determinaci je třeba pracovat s živými jedinci) existuje málo konkrétních údajů o jejich zastoupení v podzemních habitatech.

### Suchozemští plži – Gastropoda

Zástupci suchozemských plžů pronikají do hlubších strukturních podzemních systémů (sutě, kamenné moře apod.), částečně i do vstupních částí a vchodů jeskyní. Vyhledávají zde zpravidla příhodnější stanovištní podmínky, zpravidla v chladnějším období roku. Vlhká stanoviště s přítomností listového opadu, mečů, řasových nárůstů na vlhkých stěnách u vchodů apod. jsou pro ně atraktivní i z hlediska potravních nároků. Jen některé druhy mohou vykazovat vyšší afinitu k jeskyním. Přítomnost plžů v hlubších částech je spíše výjimkou. Některé dílčí údaje o malakofauně vybraných jeskynních lokalit zpracoval např. Dvořák (1999, 2015).

### Roztoči, pancířníci – Acari, Oribatida

Roztoči jsou společně s chvostoskoky jednou z nejpočetněji zastoupených skupin půdních členovců. Vyskytují se ve všech typech půd celého světa, hojně osídlují i nadzemní části

suchozemských ekosystémů. Jejich počty dosahují vysokých hodnot v rozmezí tisíců až statisíců jedinců na metr čtvereční. Vedle roztočů obývajících souš, je známa řada druhů žijících i ve vodním prostředí a mnoho druhů představuje parazitické formy. Půdní roztoči jsou většinou velmi malí, s tělesnými rozměry v rozmezí 20–80  $\mu\text{m}$ , někteří mohou dosahovat až 1 mm. Roztoči v převážné většině představují drobné živočichy většinou oválného nebo kulovitého tvaru s tělem bez zjevného vnějšího dělení, v dospělosti se čtyřmi páry kráčivých nohou. Velká škála typů chelicer, které jsou součástí ústního ústrojí, souvisí s diverzifikací potravních strategií těchto bezobratlých živočichů. Mezi půdními roztoči nalezneme tak dravé roztoče živící se jinými půdními organismy, parazitické žijící na kořenech rostlin nebo parazitující na jiných živočiších. Velkou skupinu pak reprezentují druhy, které se živí odumřelou organickou hmotou a představují významnou součást dekompozičních potravních řetězců. Tito roztoči tvoří skupinu pancířníci – Oribatida. Tato skupina byla v historii biospeleologických výzkumů nejvíce studována (Willmann 1954, Kunst 1968). Podrobnější výzkum fauny pancířníků v krasových i nekrasových jeskynních systémech v České republice provedl Starý (2008) a doložil výskyt 106 druhů. Pokračující průzkumy téhož autora (viz. Tajovský a kol. 2016) doložily přítomnost dalších 33 druhů zaznamenaných poprvé pro jeskynní habitaty. Velká část roztočů – pancířníků se do podzemí dostává z povrchu s transportovaným organickým materiálem se splachem povrchové vody, podél prorůstajících kořenů rostlin atd. U této skupiny můžeme uvést také příklad striktního troglobionta *Kunstidamaeus lengersdorfi*, který obývá výhradně jeskyně, nebo eutroglofilní druh *Pantelozetes cavaticus*, který silně preferuje jeskynní biotopy. Ostatní dosud z jeskyní doložené druhy pancířníků jsou považovány za trogloxenní.

#### Chvostoscoci – Collembola

Chvostoscoci představují skupinu drobných členovců, kteří společně s hmyzenkami (Protura) a vidličnatkami (Diplura) byli dříve řazeni mezi tzv. bezkřídly hmyz. Tato skupina (Endognatha) se vyznačuje umístěním ústních orgánů uvnitř hlavové schránky. Jejich tělo je tvořené dobře odlišitelnou hlavou, trupem a zadečkem s malým počtem článků. Pouze trup nese tři páry kráčivých končetin. Specifickým znakem skupiny je skákací vidlice a přidržovací zařízení na zadečkovém oddílu. Obě tyto struktury umožňují chvostoskokům při ohrožení vymrstit celé tělo na vzdálenost mnohokrát přesahující jeho délku. Od tohoto skákacího aparátu je také odvozeno jejich jméno. Chvostoscoci žijící na povrchu půdy mají tento skákací aparát velmi vyvinutý, u mnoha druhů je však zakrnělý a nefunkční. Počty chvostoskoků kolísají v závislosti na podmínkách prostředí od několika set až po statisíce jedinců na metr čtvereční, biomasou dosahují 200 až 600 mg. Druhově i početně bohatá společenstva chvostoskoků jsou charakteristická pro půdy travních ekosystémů a rovněž například pro lesní půdy mírného pásma včetně podhorských chladných smrkových porostů. Chvostoscoci jako jedna z mála skupin terestrických bezobratlých tvoří často významný podíl všech živočichů trvale obývajících nejrůznější podzemní prostory. V řadě krasových oblastí se v průběhu vývoje mnozí zástupci této skupiny velmi dobře přizpůsobili k životu v podzemí, takže mezi nimi jsou i troglofilní a často i troglobiontní druhy nesoucí celou řadu znaků charakteristických pro život v tomto prostředí. Tradice výzkumu fauny chvostoskoků je u nás úzce svázána s Moravským krasem, jehož jeskyně jsou rovněž hojně osídleny těmito bezobratlými. Od počátků biospeleologických výzkumů byla proto logicky chvostoskokům věnována patřičná pozornost (Wankel 1861, Absolon 1899 atd.). Z jeskyní Moravského krasu bylo dokonce popsáno několik nových druhů pro vědu. Ucelený přehled o fauně chvostoskoků jeskyní Moravského krasu předložil Rusek (1972). V sedmdesátých letech minulého století proběhl komplexní průzkum Amatérské jeskyně, v rámci kterého byla zpracována i přítomná fauna chvostoskoků (Štelcl et al. 1975). Výsledky z tohoto

komplexního výzkumu byly východiskem i pro recentní studie v systému Podzemní Punkvy (Tajovský a kol. 2016).

### Mnohonožky – Diplopoda

Mnohonožky jsou samostatnou třídou stonožkovců (Myriapoda). V převážné většině to jsou živočichové s protáhlým tělem tvořeným hlavou, nesoucí jeden pár tykadel, skupiny jednoduchých očí (která mohou u některých druhů zcela chybět), ústní ústrojí kryté zvláštním plochým útvarem označovaným jako gnathochilárium a trupem s vyšším počtem tělních článků (více než 4), z nichž většina (tzv. dvojčlánky – diplosomity) je opatřena dvěma páry kráčivých končetin. Velikost těla našich zástupců se pohybuje v rozmezí od 2 do 45 mm. Jejich početnost je velmi závislá na vlastnostech prostředí, preferují vlhčí stanoviště s dostatkem organických, především rostlinných zbytků, na metru čtverečním půdy tak může žít od několika jedinců až po desítky až stovky jedinců. Mnohonožky jsou převážně půdní živočichové. Obývají především svrchní vrstvy půdy, rostlinný opad, tlející dřevní hmotu. Tělo většiny zástupců je inkrustováno vápenatými solemi, proto upřednostňují biotopy nebo substráty bohatší na vápenec. Řada druhů žije i hluboko pod zemí a v jeskyních. Mnohonožky se živí převážně mrtvým organickým materiálem rostlinného původu, tj. opadem bylin a dřevin, rozkládajícím se dřevem, ale také mikroskopickými houbami, řasami a dalšími půdními mikroorganismy; některé druhy požírají i zbytky živočišných těl nebo živé tkáně rostlin. Přítomnost mnohonožek v jeskyních je sporadická, často jsou mnohonožky vázány lokálně na místa, kde se nachází organické zbytky, zejména trouchnivé dřevo v pokročilém stádiu rozkladu. Vedle historických dat (např. Wankel 1861, Absolon 1899) jsou známy mnohé recentní údaje, potvrzující přítomnost těchto bezobratlých živočichů v řadě jeskynních systémů v krasových i nekrasových oblastech na našem území (např. Tajovský a Mlejnek 2007, Růžička a kol. 2016). U druhů jako *Brachydesmus superus*, *Trachysphaera costata* a *Brachychaeteuma bradeae* lze hovořit o troglofilním rozšíření s úzkou vazbou na některé jeskynní systémy.

### Stonožky – Chilopoda

Stonožky jsou další samostatnou třídou stonožkovců (Myriapoda). Jsou to převážně půdní bezobratlí s výrazně dorzoventrálně zploštělým tělem. Hlava nese jeden pár tykadel a tzv. kusadlové nožky (pozměněný původní první pár noh) s jedovou žlázou vyúsťující na koncovém drápu. Všechny tělní články jsou opatřeny pouze jedním párem kráčivých končetin. Poslední pár nohou se označuje jako vlečné, morfologicky bývají odlišné a často nesou řadu význačných taxonomických znaků. Oči jsou vyvinuté jen u některých skupin, řada půdních zástupců se orientuje pomocí ostatních smyslových orgánů. Velikost našich zástupců se pohybuje od několika milimetrů až do 6 cm. Průměrné počty stonožek na metr čtvereční půdy se pohybují v rozmezí desítek až stovek jedinců. Stonožky patří k typickým obyvatelům půdního prostředí nejružnějších terestrických ekosystémů. Početnost stonožek je závislá na stanovištních podmínkách a do značné míry také na bohatosti osídlení příslušných habitatů ostatními půdními bezobratlými, kteří představují jejich kořist. Stonožky jsou nespecifiční predátoři. V celé dřívější historii biospeleologických průzkumů informace o zástupcích této skupiny myriapodních členovců prakticky chybí. Až teprve průzkumy realizované od počátku tohoto tisíciletí přinesly údaje o přítomnosti řady druhů stonožek (Růžička a kol. 2016, Tajovský nepublikováno), které povětšinou pronikají do podzemí a do jeskyní spíš nahodile. Prakticky všechny druhy jsou troglóxenní, a jsou nalézány jen jednotlivě. Jedinou výjimkou je druh *Lithobius lucifugus*, který vykazuje velmi úzkou vazbu na podzemní habitáty a je častým a trvalým obyvatelem celé řady krasových i nekrasových jeskyní, kamenných moří a sutí.

Proto lze tento druh považovat za jediného troglofilního zástupce stonožek u nás. Jako predátoři v jeskyních vyhledávají stanoviště s potenciální kořistí (chvostoskoci, larvy dvoukřídlých atd.). Stonožky představují významnou skupinu predátorů v subteránních systémech, svojí aktivitou ovlivňují populace ostatních drobných půdních živočichů.

#### Suchozemští stejnonožci – Oniscidea

Suchozemští stejnonožci jsou jednou z mála skupin jinak výhradně vodních korýšů (Crustacea), jejíž zástupci se přizpůsobili životu na souši. Tvoří samostatný podřád stejnonožců (Isopoda). Z hlediska tělesné stavby jsou vcelku uniformní skupinou. Tělo je oválné, dorzoventrálně zploštělé, často pigmentované převážně v různých odstínech šedé nebo okrové či hnědé barvy. Mají sedm stejných párů kráčivých končetin (odtud jméno stejnonožci). Velkost našich zástupců se pohybuje od 1,5 do 20 mm. Populační hustoty suchozemských stejnonožců se pohybují v rozsahu desítek až stovek jedinců na metr čtvereční půdy, v příhodných podmínkách mohou dosahovat až tisíce jedinců na metr čtvereční. Pro stejnonožce je charakteristická tendence agregovat se ve vysokých počtech jedinců, běžný je i výskyt více různých druhů pohromadě. Řada druhů suchozemských stejnonožců u nás aktivně proniká do podzemí a může zde dokonce vytvářet i populace trvalejšího charakteru. Mnohé druhy žijící na povrchu využívají podzemní prostředí a jeskyně se stabilnějšími teplotními a vlhkostními poměry jen jako dočasné úkryty a jejich dlouhodobější výskyt je závislý i na přítomnosti vhodných zdrojů potravy. Jako příklady našich druhů s užší vazbou na jeskynní prostředí lze jmenovat např. *Androniscus dentiger*, *Cylisticus convexus* (často vázaný na strukturní subteránní systémy), druhy rodu *Haplophthalmus* nebo *Trichoniscus pygmaeus*. Typické troglobiontní formy však chybí (Tuf a kol. 2008, Růžička a kol. 2016).

#### Pavouci – Araneida

Pavouci jsou členovci s osmi nohama a chelicerami (klepítky), do kterých ústí vývod jedových žláz. Jsou největším řádem pavoukovců s vysokou druhovou rozmanitostí. Od ostatních členovců liší tím, že většinou mají tělo rozděleno na dva oddíly, hlavohruď a zadeček, které jsou spojeny malou válcovitou stopkou. Na rozdíl od hmyzu nemají tykadla. Osídlují nejrozmanitější prostředí. Pavouci jako predátoři jsou rovněž významnou součástí jednoduchých trofických řetězců jeskynního a subteránního prostředí. Do subteránních systémů a jeskyní mohou z okolí pronikat mnohé na povrchu žijící druhy. Jsou známy i druhy a skupiny druhů, které vykazují užší vazbu na podzemní systémy. Příkladem jsou drobné druhy rodu *Porrhomma* s řadou adaptací k subteránnímu způsobu života (Růžička a kol. 2013). Vstupní části jeskyní a jeskynních chodeb stejně jako kamenné sutě osídlují i nápadnější a větší druhy, např. křížák temnostní (*Meta menardi*).

#### Sekáči – Opiliones

Sekáči jsou rovněž skupinou pavoukovců, kteří se však vyznačují srostlou hlavohrudí a zadečkem (tělo tvoří jeden celek) a dlouhými čtyřmi páry končetin. Na těle bývají patrná klepítka a tzv. makadla poněkud připomínající nohy. Sekáči jsou většinou všežravci, živí se především drobným hmyzem a mnoha druhy rostlin a hub. Někteří jsou mrchožraví. Jako typičtí obyvatelé povrchových habitatů pronikají do podzemí a jeskyní spíše jen okrajově a nahodile. Mnohé tzv. petrikolní druhy, obývající skály, kamenné a balvanové sutě apod. se mohou vyskytovat na stěnách jeskynních vchodů a jsou součástí parietální fauny. Fauna sekáčů v našich jeskynních systémech nebyla podrobněji studována.

## Štírci – Pseudoscorpiones

Štírci mají tělo nerovnoměrně článkované. Tělo je celistvé, všechny články oválného zadečku nasedají široce na hlavohrud'. Jako ostatní pavoukovci mají čtyři páry kratších nohou, jejich nejmohutnějšími končetinami jsou klepítkovitě zakončená makadla do kterých ústí jedová žláza. Klepítkovité jsou rovněž méně nápadné chelicery. Jsou to drobní dravci obývající nejrozličnější terestrická prostředí, opadové vrstvy, detrit, truchlivé dřevo atd. Pronikají i do hlubších strukturních vrstev půdy a do sutí, v jeskyních se objevují spíš nahodile. V naší fauně nemáme žádné druhy úzce vázané na subteránní prostředí.

## Brouci – Coleoptera

Brouci představují jeden z nejdíverzifikovanějších hmyzích řádů, s velkou rozmanitostí zástupců z více než 110 u nás zastoupených čeledí. Od ostatních hmyzích skupin se brouci odlišují horním (předním) párem křídel, který je přeměněný v charakteristické pevné krovky kryjící zadohrud' a zpravidla celý zadečkový oddíl těla. Druhý pár křídel je blanitý (druhotně může chybět). Předohrud' je zvětšena a krytá štítem. Ústní ústrojí je zpravidla kousací, existuje mnoho modifikací a s tím souvisí i rozmanitost přijímané potravy. Do subteránních systémů a jeskyní však proniká jen malá část z této velmi početné skupiny. Vedle druhů, které se v jeskyních zpravidla objevují jen nahodile, existují i takoví zástupci, kteří jsou úžeji na tato prostředí vázáni. Aktuálně bylo pro jeskyně a jeskynní systémy na našem území doloženo 674 druhů brouků z 50 čeledí (Mlejnek a kol 2015). Pro jeskynní systémy jsou charakterističtí a zpravidla nejčastěji přítomní zástupci čeledi drabčíkovití – Staphylinidae, lanýžovníkovití – Leiodidae, střevlíkovití – Carabidae, maločlencovití – Cryptophagidae a nosatcovití – Curculionidae. Vedle významných predátorů zejména drobných zástupců z čeledi Carabidae, žijících se v jeskyních ostatními bezobratlými, jsou často zastoupeny druhy vázané na tlející materiály a houbové nárosty apod. (např. Leiodidae a Cryptophagidae). Mnohé druhy obývají jeskyně trvaleji, a proto se v tomto prostředí setkáváme i s jejich larválními stádii.

## Dvoukřídli – Diptera

Řád dvoukřídlných (mouchy) zahrnuje hmyzí zástupce s dobře vyvinutým pouze jedním párem blanitých křídel. Druhý pár je zakrnělý, redukovaný v tzv. kyvadélka. Dvoukřídli se vyskytují nejhojněji jako součást parietální fauny v jeskynních vchodech. Do hlubších částí jeskyní pronikají zpravidla jen některé druhy z čeledí tiplíčkovití – Trichoceridae, smutnicovití – Sciaridae a hrbilkovití – Phoridae. Některé druhy prodělávají rovněž svůj larvální vývoj přímo v jeskyních, saprofágní larvy žijí na organických zbytcích a rozkládajících se substrátech nebo houbových nárostech. Larvy některých zástupců dvoukřídlných obývají vodní prostředí v jeskyních.

## Méně frekventované řády hmyzu

Do nejrozmanitějších subteránních systémů a jeskyní pronikají rovněž, většinou nahodile a dočasně, zástupci mnohých dalších hmyzích řádů. Jsou to např. ploštice – Heteroptera, pisivky – Psocoptera, motýli – Lepidoptera, blanokřídli – Hymenoptera a síťokřídli – Neuroptera a další (Dvořák 2002a,b,c,d, Dvořák a Dvořáková 2015). Řada z nich je často součástí parietální fauny v blízkosti vchodů do jeskyní. Přítomnost např. blech (řád Siphonaptera) naopak souvisí s výskytem drobných savců, kteří využívají jeskynní prostředí jako úkryty či zimoviště.

## **Vodní bezobratlí**

Z vodních bezobratlých živočichů budou sledovány následující vybrané skupiny: vířníci (Rotifera), ploštěnky (Turbellaria), máloštětinatci (Oligochaeta), mnohoštětinatí červi (Polychaeta), korýši (Crustacea), plži (Gastropoda) a dále larvy vodního hmyzu, zejména jepic (Ephemeroptera), pošvatek (Plecoptera), chrostíků (Trichoptera) a dvoukřídlých (Diptera) a případně zástupci mlžů (Bivalvia).

V případě těch zástupců vodních bezobratlých, u kterých nebude reálně provést spolehlivou determinaci na druhovou úroveň, bude materiál rovněž sbírán, vhodným způsobem konzervován, katalogizován a archivován.

### Vířníci – Rotifera

Vířníci (uvedení již u terestrických bezobratlých) obývají i volnou vodu přítomnou v různých nádržkách, kalužinách i dočasných zaplavených prostorách. Pro studium v těchto prostředích se uplatňují při jejich sběru a studiu hydrobiologické metodické postupy.

### Ploštěnky – Turbellaria

Ploštěnky jsou živočišnou třídou kmene ploštěnců. Mají nečláňované, vejčité nebo podlouhlé, zploštělé tělo. Mají vyvinutou hlavu (hlavovou část), která nese smyslová ústrojí. Ústa se nachází na břišní straně, u některých druhů není vyvinuté střevo a potrava je přiváděna přímo do tělního parenchymu. Jsou dravé, větší kořist mohou trávit mimotělně a potom vysát vychlípitelným hltanem. V jeskynních vodách se objevují ve většině případů povrchové vodní druhy, které sem aktivně pronikají s ponornými vodními toky.

### Máloštětinatci – Oligochaeta a mnohoštětinatí červi – Polychaeta

Kromě žížalovitých a roupic, kteří jako zástupci tzv. máloštětinatých červů jsou vázáni spíše na nevodní subteránní prostředí, mohou jeskyně představovat životní prostředí i pro některé další máloštětinaté a mnohoštětinaté červy (Hrabě 1954, 1970). Příkladem polychétního zástupce z tekoucích a podzemních vod je *Troglochaetus beranecki*. Výzkumu těchto živočichů byla v posledních desetiletích věnována malá pozornost.

### Korýši – Crustacea

Do této skupiny patří tvarově i velikostně široká škála zástupců bezobratlých živočichů vázaných primárně na vodní prostředí. Výjimku tvoří zejména již výše uvedení suchozemští stejnonožci (Oniscidea) a někteří zástupci různonožců (Amphipoda). V tělesné stavbě se obecně korýši vyznačují článkovaným tělem složeným z hlavy tvořené více segmenty s přívěsky a rovněž segmentovaného trupu. Končetiny jsou větvené, hlava nese dva páry tykadél. Stojaté i tekoucí vody v podzemí z této skupiny obývají především zástupci řádů perloočky (Cladocera), bezkrunýřovci (Syncarida), různonožci (Amphipoda), stejnonožci (Isopoda), klanonožci resp. buchanky (Copepoda) a lasturnatky (Ostracoda). Z význačnějších zástupců s vazbou na podzemní vody můžeme jmenovat např. bezkrunýřku slepou

(*Bathynella natans*). Častými obyvateli podzemních vod a ponorných toků jsou zástupci různonožců, blešivci rodu *Niphargus* a *Gammarus*.

### Plži – Gastropoda a mlži – Bivalvia

Mezi vodními zástupci těchto dvou skupin měkkýšů existuje několik druhů, kteří jsou považováni za stygobiontní formy. Z plžů to jsou např. druhy z čeledi Hydrobiidae, do podzemních vod pronikají i některé povrchové druhy jako praménka rakouská (*Bythinella austriaca*). Charakteristickými zástupci mlžů jsou drobné druhy rodu hrachovka (*Pisidium*), které rovněž z povrchových vod pronikají do podzemních toků.

### Larvy vodního hmyzu – Insecta

Vodní prostředí obývají ve svých larválních stádiích zástupci několika hmyzích řádů. Z nich do podzemních vod mohou pronikat a toto prostředí obývat nejčastěji larvy jepic (Ephemeroptera), pošvatek (Plecoptera), chrostíků (Trichoptera) a larvy dvoukřídlých (Diptera).

Jepice (Ephemeroptera) jsou nejstarobylější recentní okřídlený hmyz. Dospělci mají křídla s hustou žilnatinou, v klidu k sobě přiložená a postavená vzhůru, kolmo k tělu. Larvální resp. juvenilní stádia (nymfy) ale i dospělci mají na konci zadečku tři dlouhé článkované šetty. Nymfy žijí ve vodě, dýchají pomocí tracheálních žaber a ožirají nárosty na dně vod. Řada druhů obývajících povrchové vodní toky může pronikat s ponornými vodami do jeskynních systémů.

Dospělci pošvatek (Plecoptera) mají hrudní články výrazně od sebe oddělené, blanitá křídla v klidu pochvovitě složená na zadečku, zadeček je zakončen dvěma článkovanými šetty. Vodní larvy (nymfy) jsou většinou detritivorní, některé jsou dravé. Podobně jako larvy jepic se mohou dostávat s proudem i do podzemních toků.

Dospělci chrostíků (Trichoptera) se vzhledově mohou podobat některým motýlům. Jejich křídla jsou pokrytá a zbarvená chloupky, v klidu jsou střechovitě složená nad zadečkem. Vodní larvy mají snovací žlázy u ústního otvoru, ze sekretu si někteří zástupci budují sítě ve formě pavučin za účelem lovu drobné kořisti. Žijí často ve schránkách, které si samy budují z okolního materiálu. Do podzemí se mohou dostávat rovněž ponornými toky.

Z druhově velmi bohatého řádu dvoukřídlí (Diptera) je larválním vývojem na vodní prostředí vázáno zhruba 17 % zástupců. Vodní larvy jsou nejvíce zastoupeny v čeledích pakomárovití – Chronomidae, bahnomilkovití – Limoniidae, koutulovití – Psychodidae, pakomárcovití – Ceratopogonidae. Larvy dvoukřídlých se živí různým způsobem, řada druhů seškrabává nárosty nebo sbírá detrit na dně vod, živí se i filtrováním vody ale i dravě atd. Jejich přítomnost v podzemních vodách může souviset s jejich transportem s proudícími toky. Někteří dvoukřídlí zjevně setrvávají v jeskynním prostředí trvale jak v larválních stádiích, tak i ve stádiu dospělého.

## Metodika studia bezobratlých živočichů

Při výběru konkrétních jeskyní, které budou předmětem biomonitoringu, se doporučuje zohlednit následující kritéria:

- 1) celoplošné rozmístění / výběr lokalit (jeskyní) v každé významnější krasové případně pseudokrasové oblasti ČR,
- 2) existující dostupné historické údaje z předcházejících výzkumů v návaznosti na jejich možné využití při hodnocení aktuálního stavu, změn a vývoje osídlení jeskyní, tj. věnovat pozornost těm jeskyním, ve kterých bylo prokázáno oživení terestrickými a vodními bezobratlými živočichy,
- 3) věnovat pozornost větším (významnějším) jeskynním systémům,
- 4) postihnout co nejširší škálu jeskynních mikrohabitatů, tj. podle možností upřednostnit více diverzifikované jeskyně a jeskynní systémy, s čímž po realizační stránce souvisí sledování vyššího počtu stálých stacionárních monitorovacích ploch.

### Volba monitorovacích stanovišť

#### Jeskyně a jeskynní systémy

Podle charakteru jeskyní, terénních možností, prostupnosti a dalších stanovištních parametrů je třeba věnovat pozornost osídlení faunou bezobratlých nejlépe v celém profilu, rozsahu resp. v celé délce jeskyně.

#### Povrchové krasové jevy

V případě, že jeskyně nebo jeskynní systémy zjevně bezprostředně souvisejí s ochránářsky význačnými povrchovými krasovými jevy (škrapy, závrtý, úvaly, slepé a poloslepé doliny, kaňony, kamenná a suťová pole, propasti, vývěry podzemních vod) nebo povrchové krasové jevy jsou přímo jejich součástí, je vhodné provádět monitoring i na těchto stanovištích, a to jak formou základního plošného průzkumu (individuální sběry, odběry vzorků substrátů a materiálů pro následnou tepelnou extrakci živočichů), tak vhodným opakovaným monitorováním nebo vzorkováním předem zvolených stacionárních ploch (expozice a následné odběry substrátů pro extrakci živočichů, padací pasti).

S ohledem na specifické podmínky konkrétní jeskyně je vždy vhodné (1) provádět monitoring v dostatečném rozsahu na příhodných stanovištích za účelem celkového plošného průzkumu osídlení jeskyně faunou bezobratlých a (2) vhodně zvolit stanoviště, která budou

sloužit jako stacionární monitorovací plochy pro opakované a dlouhodobé monitorování fauny bezobratlých:

(1) plošný průzkum: Monitoring a sběr zoologického materiálu bude v co největším rozsahu na všech vhodných dílčích částech jeskyně nebo jeskynního systému se zjevně odlišnými podmínkami. Důležité bude brát na zřetel nejružnější přítomné stanovištní poměry, zohlednit vzdálenost od vstupu či vstupních částí:

- monitoring úzce souvisejících (navazujících) povrchových krasových jevů, význačných z ochránářského hlediska (škrapy, závrtý, sutě, vývěry vod apod.),
- monitoring vybraných skupin bezobratlých živočichů ve vnější přirozené vstupní části jeskyně (bezprostřední okolí vstupu) – pokud to terénní podmínky a charakter biotopu umožňují,
- monitoring vstupní vnitřní části jeskyně (parietální fauna, fauna osídlující substráty a sedimenty v této zóně),
- monitoring vnitřní (afotické) části jeskyně na jednom nebo i více vhodně zvolených stanovištích v závislosti na charakteru jeskyní, délce chodeb, rozlehlosti, různé komunikaci dílčích částí s povrchem),
- v jednotlivých částech zohlednit vlhkostní podmínky substrátů na dně i na stěnách chodeb (suchá, vlhká i zvodnělá stanoviště) včetně poloh v blízkosti stojatých i tekoucích vod, monitorovat stojaté vodní plochy a rovněž tekoucí vody samotné,
- zohlednit příhodná stanoviště s přítomností i bez přítomnosti organických materiálů v jednotlivých částech jeskyní (organické sedimenty, navátý, naplavený nebo jinak transportovaný organický materiál jako rostlinný opad, trouchnivé dřevo, exkrementy a případně uhynulá těla jiných živočichů, nárosty mikroskopických hub atd.).

(2) stacionární monitorovací plochy budou sloužit pro opakované a dlouhodobé monitorování pomocí standardizovaných postupů:

- na začátku průzkumu je důležité zvolit vhodné jednotné označení každé monitorované jeskyně, systému nebo krasového jevu a dále vhodně zvolit označení (číslování) jednotlivých vybraných stacionárních ploch a toto značení (číslování) pak důsledně dodržovat při označování všech vzorků odebíraných nebo vázaných na konkrétní stacionární plochu po celou dobu monitoringu. Např. č. 1 přiřadit ploše nejblíže u vchodu, další vyšší čísla (2, 3 atd.) následují dovnitř jeskyně nebo ve směru stanoveného a opakovaně dodržovaného procházení systémem jeskyně,

- s ohledem na velikost, charakter a rozmanitost podmínek v každé monitorované jeskyni by mělo být zvoleno 1 až 5 stacionárních monitorovacích ploch,
- základní velikost stacionární monitorovací plochy by neměla být menší než 10 x 10 m, definitivní rozhodnutí ale bude vždy záviset na dispozičních možnostech v té které části jeskyně,
- stacionární plochy se vhodným způsobem označí tak, aby bylo zřejmé, že na daném místě probíhají výzkumné aktivity: vhodné je použít plastové tyčky nebo trubičky na označení okrajů plochy (vymezující body případně spojit plastovou páskou) a na okraj umístit informativní tabulku s textem upozorňujícím na probíhající aktivity (např. „Výzkumná stacionární plocha, nepoškozujte instalovaná zařízení + jméno instituce“),
- pro každou stacionární plochu se provede její zakres do vhodných mapových podkladů příslušné jeskyně, dále se zhotoví jednoduchý situační náčrtek plochy s vyznačením instalovaných materiálů či zařízení, zhotoví se stručný popis plochy včetně instalovaných materiálů a zařízení a plocha se fotograficky zdokumentuje,
- pro každou jeskyni, stacionární plochu se doporučuje vést pracovní protokol, do kterého budou průběžně doplňovány všechny chronologicky prováděné průzkumy a ostatní aktivity,
- všechny výzkumné aktivity na dané stacionární ploše budou prováděny tak, aby nedocházelo k jejímu zbytečnému narušování či poškozování (sešlapávání povrchu, sedimentů atd.).

### **Metody monitorování bezobratlých živočichů v jeskyních a krasových jevech**

Za účelem monitoringu fauny bezobratlých v jeskyních a s nimi souvisejících krasových jevech je důležité zvolit pracovní postupy tak, aby bylo možné zachytit co nejširší spektrum přirozené rozmanitosti biotopů se zřetelem na jednotlivá mikroprostředí typická pro tyto specifické systémy (Gulička 1982, 1985, Camacho 1992, Pospisil 1992, Kováč a kol. 2014). Vlastní rozsah monitoringu bude na druhé straně vždy ovlivňován faktory, které budou limitující pro úplné komplexní hodnocení získaného zoologického materiálu. Spektrum skupin terestrických a vodních bezobratlých živočichů, jejichž přítomnost v jeskyních a krasových jevech lze předem předpokládat, nebude reálné zpracovat v celém rozsahu s ohledem na nedostatek nebo přímo absenci specialistů (determinátorů) na některé konkrétní skupiny. Z tohoto důvodu navrhovaná metodika vědomě předem nebere do úvahy některé zcela specifické metody odběrů vzorků, používané ke studiu skupin, o kterých je rovněž známo, že se v jeskyních také vyskytují (např. prvoci – Protozoa; resp. tzv. superskupiny Amoebozoa, Opisthokonta, Chromalveolata, Excavata a Rhizaria).

V případě některých skupin členovců (např. zástupci některých hmyzích řádů, taxonomicky málo známé skupiny z některých hmyzích řádů, vývojová stádia hmyzu, drobnušky, stonoženky apod.) je předem zřejmé, že materiál těchto bezobratlých bude získáván metodami, které jsou nespecifické a tudíž společné pro více skupin bezobratlých. Při absenci specialistů na konkrétní skupiny bude možné provést determinaci jen rámcově na úrovni vyšších taxonů. Přesto sběr a konzervace materiálu u těchto skupin má své opodstatnění pro základní posouzení stavu, jeho případné porovnání s dostupnými historickými údaji a rovněž pro případné budoucí zpracování a předpokládaný opakovaný monitoring.

Bezobratlí živočichové, především pak terestričtí bezobratlí obývají v jeskynním prostředí nejrozličnější příhodná mikrostanoviště. Populace mnohých přítomných druhů bývají poměrně málo početné a jedinci se soustřeďují do míst, kde nalézají možné a v jeskyních často velmi omezené potravní zdroje. To platí jak pro drobné saprofágní živočichy, kteří jsou vázáni především na zbytky organického původu, tak pro dravé formy, které se živí ostatními bezobratlými. Pro sběr bezobratlých živočichů v jeskyních jsou proto používány různé metodické postupy odpovídající velikostním poměrům (tělo většiny v jeskyních žijících zástupců dosahuje jen několik milimetrů), způsobu života a často velmi nízkým hustotám populací těchto živočichů. Při monitoringu v takovýchto podmínkách je vhodné volit kombinaci více různých metodik.

Většina metodik uvedená v následujících oddílech je považována za hlavní metodické postupy, které by měly být uplatněny ve všech monitorovaných jeskyních a s nimi souvisejících krasových jevech. Výjimkou jsou tzv. deskové pasti a podzemní pasti, které úzce souvisejí se zcela specifickými poměry na stanovišti. Tyto metody je vhodné použít pouze tam, kde to budou umožňovat stanovištní podmínky (hluboké sutě, suťové kužele úzce související nebo navazující na jeskynní prostředí atd.) a mohou být proto označeny jako doplňkové speciální metody.

## Terestriční bezobratlí

### Odchyt do padacích pastí

Pro monitoring především povrchově aktivnějších terestrických bezobratlých živočichů je metoda padacích pastí jednou ze standardně používaných postupů. Existuje celá řada modifikací této metody. Typ pasti, velikost, umístění i použítá fixační tekutina je různá v závislosti na prostředí, ve kterém se tato metoda používá i na cílové ekologické nebo taxonomické skupině, pro jejíž odchyt je exponována. Pro potřeby monitoringu bezobratlých v jeskyních a krasových jevech jsou navrhovány následující varianty pastí.

**Padací pasti v jeskyních** - každá past je tvořena nejlépe mírně kónickým polyetylenovým kelímkem (pro jeskynní prostředí a přítomné hustoty populací je dostačující objem 200 ml). Kelímek musí být zcela zapuštěn do vrstev jeskynních sedimentů nebo substrátu tak, aby jeho okraj byl v úrovni s okolním terénem. Po obvodu musí past bezprostředně navazovat na okolní substrát bez mezer či skulin, které by zabraňovaly přístupu k jejímu okraji. V jeskyních (ve vchodových i vnitřních částech chodeb) nemusí být kelímek nijak překrytý (chráněný) stříškou. V podmínkách zpravidla vysoké vzdušné vlhkosti v jeskyních nehrozí rychlé vysychání fixačních tekutin. Pro odchyt bezobratlých živočichů se v jeskyních osvědčily jak pasti bez návnady, tak pasti s návnadou.

Ve variantě bez návnady (obr. 1A, 2) se do pasti doplní pouze fixační roztok (zhruba do poloviny objemu, tj. u 200 ml kelímků cca 100 ml roztoku). Na každou stacionární plochu se doporučuje umístit 3 pasti s 4% vodným roztokem formaldehydu s několika kapkami smáčedla nebo saponátu (nebo nasyceným vodným roztokem kuchyňské soli) a 3 pasti se směsí etylénglykol-pivo (1 : 1). Pouze jedna exponovaná past nese riziko ztráty jakýchkoliv údajů při případném poničení jediné exponované pasti, trojice pastí umožňuje případné další statistické hodnocení dat (průměry atd.) a zároveň při nízkých hustotách vyskytujících se živočichů dává možnost zachytu vyšších počtů jedinců.

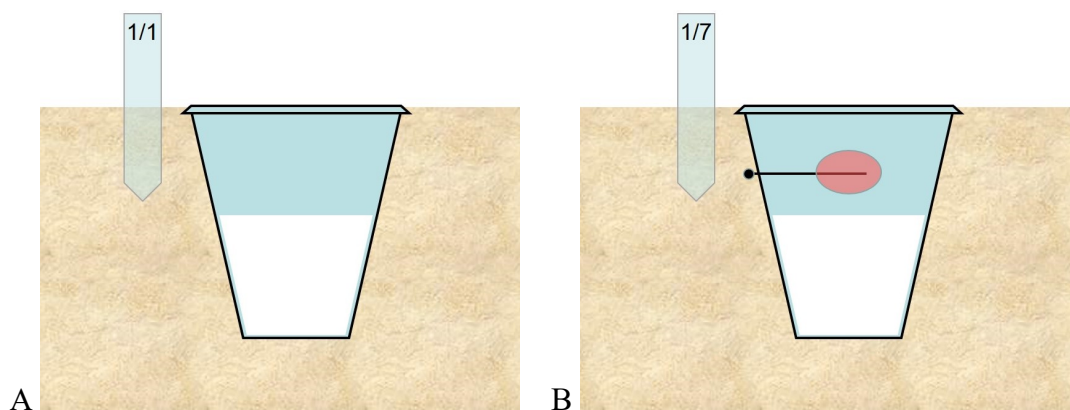
Pozn.: Až dosud běžně používaný vodný roztok formaldehydu (obvykle v koncentraci kolem 4 %) se v poslední době při monitoringu v jeskyních stále méně používá. V roztoku formaldehydu sice nedochází k maceraci odchycených živočichů, ale pro jeho toxicitu a karcinogenní účinky zejména v takovém prostředí, jako jsou jeskyně, jej nedoporučují někteří biospeleologové používat ve velkém množství, resp. jeho použití minimalizovat. Proto je v textu uvedena jako možná varianta také používání nasyceného vodného roztoku kuchyňské soli (NaCl). Toto fixační medium však může vést k maceraci odchytávaných drobných

bezobratlých, což má další následné nežádoucí souvislosti s problematickým zpracováváním a determinací živočichů. Upřesnění používaných médií je proto ponecháno až na realizační fázi projektu. U dalších typů pastí, kde nelze vyloučit odchyt většího počtu živočichů a důkladná fixace odchycených jedinců bez rizika macerace jejich těl je oprávněnější (např. u povrchových pastí u vstupních částí jeskyní nebo v závrttech), je třeba při vlastní přípravě průzkumných aktivit rovněž uvážit, jaká fixační tekutina a v jaké koncentraci bude používána.

Pastí s návnadou (obr. 1B) jsou využívány pro odchyt především některých zástupců brouků, které návnada přitahuje. Jako návnada se používá kousek sýra, salámu nebo kombinace obojího. Návnada (postačující velikost kolem 1 cm<sup>3</sup>) se umístí ve vnitřním prostoru pasti uprostřed nad hladinou fixační tekutiny napíchnutím na entomologický špendlík, který je probodnutý zhruba v horní polovině boční stěny směrem do jejího středu (Obr. 1B). Návnada by neměla přiléhat ke stěně kelímku, aniž by se smáčela ve fixační tekutině v samotné pasti. Fixační tekutina doplněná do těchto pastí je obdobná jako u pastí bez návnady (4% roztok formaldehydu nebo nasycený roztok soli).

Pro účely dalšího vyhodnocování odchycených živočichů je vhodné použít stejný počet pastí s návnadou, jako jsou počty pastí pouze s fixační tekutinou, tj. 3 + 3 + 3 pastí na jedné stacionární ploše. Pasti se na stacionární ploše rozmístí ve trojicích, v závislosti na celkové velikosti stacionární plochy tak, aby vzdálenost mezi dvěma pastmi nebyla menší než jeden metr. Umístění a označení pastí se doplní do náčrtku stacionární plochy.

Každou past je vhodné na stanovišti označit, opatřit značkou (např. plastový štítek s číslem stanoviště a pořadovým číslem pasti (např. na stanovišti č. 1 první past označena 1/1 atd.). Vhodné je očíslovat celou sérii pastí na daném stanovišti jednou číselnou řadou, do pracovních záznamů poznamenat typ pasti, fixáž atd. (např. na stacionární ploše č. 1 budou pasti č. 1/1, 1/2 a 1/3 s formaldehydem nebo nasyceným roztokem soli, 1/4, 1/5, 1/6 se směsí etylenglykol-pivo, 1/7, 1/8, 1/9 budou návnadové pasti atd.). Toto značení se pak dodržuje po celou dobu expozice pastí a rovněž i pro označení odebíraných vzorků pastí.



Obr. 1. Schéma pasti bez návnady (A) a s návnadou (B), jejich umístění a označení v jeskyni.

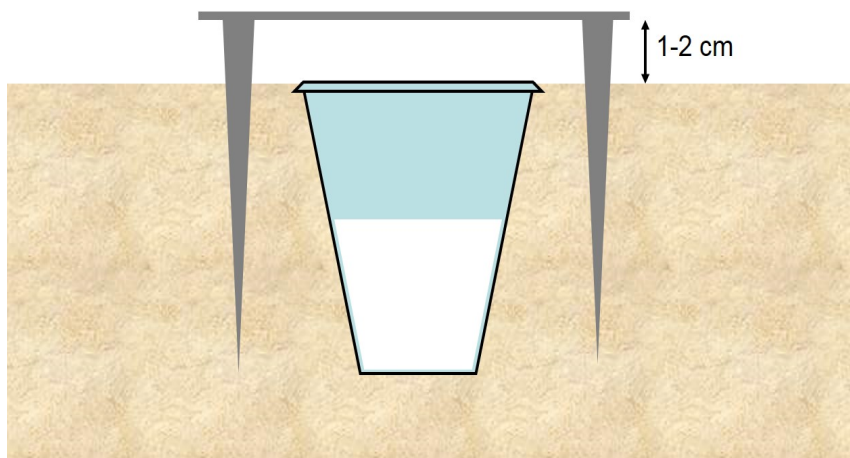


Obr. 2. Příklad instalované padací pasti bez návnady s plastovým štítkem pro vyznačení čísla stanoviště a pasti v jeskynním prostředí (Tajovský a kol. 2016).

Předpokládá se, že instalace, doba expozice a termíny odběrů u veřejnosti nepřístupných jeskyní mohou být u jednotlivých lokalit různé v závislosti na celé řadě faktorů (dostupnost, přístupnost lokalit, průchodnost jeskyní atd.). Podle toho se zvolí buď opakovaně kratší časové intervaly expozice pastí, nebo se pasti ponechávají jednorázově exponované na delší dobu. V případě krátkých intervalů je vhodné instalovat pasti a následně jejich obsah odebírat zhruba po jednom měsíci (max. dvou měsících) minimálně dvakrát do roka – jednou v první polovině roku (v jarním období) a jednou ve druhé polovině roku (na podzim), tj. v obdobích předpokládané maximální aktivity ovlivněné sezonalitou podmínek v povrchových biotopech. Roční období může jeskynní prostředí ovlivnit např. v souvislosti s jarním táním sněhu a průsakem vod. V této variantě to znamená minimálně 4 návštěvy jeskyně: instalace pastí, odběr, reinstalace pastí a druhý odběr. V případě pouze jednoho dlouhého intervalu (obtížně dostupné jeskyně nebo jeskyně, u nichž nelze uskutečnit více návštěv) se pasti po instalaci ponechají na stacionární ploše např. až 6 měsíců nepřetržitě (= pouze dvě návštěvy; instalace a odběr). Příklady časových variant instalací a odběrů pastí ve dvou nebo jednom expozičním intervalu jsou schematicky uvedeny v Tabulkách 1 a 2.

**Povrchové pasti** - v případě monitorování povrchové aktivity v prostoru vnější (venkovní) vstupní části jeskyně, v závrtch či dalších krasových jevech je třeba nad zabudovanou pastí (zhruba 1-2 cm nad jejím horním okrajem) instalovat vhodnou stříšku, která zabraňuje padání nežádoucích materiálů (listí, detrit) a průniku dešťové vody (Obr. 3). V tomto případě je

vhodné použít kelímky nebo plastové nádoby o větším objemu (např. seříznuté polyetylenové lahve o objemu 1 litr) a používat pasti bez návnad pouze s fixační tekutinou. Protože v tomto prostředí mimo jeskyni může být aktivita bezobratlých živočichů vyšší a tudíž i počty odchycených jedinců (i co do biomasy) vysoké, doporučuje se u této varianty pastí používat jako fixační tekutinu roztok formaldehydu s minimálně 4% koncentrací (v závislosti na délce doby expozice). Tím se zabrání rozkladným procesům i při zředění fixáže větším množstvím dešťové vody. Pro účely monitoringu bezobratlých ve vstupní části je vhodné instalovat minimálně dvě, lépe 3 pasti (vyloučení rizika ztráty materiálu a dat při použití jediné pasti). Jejich umístění a počet bude opět odvislé od charakteru vchodu a konkrétních stanovištních podmínek.



Obr. 3. Schéma povrchové pasti s krycí stříškou.

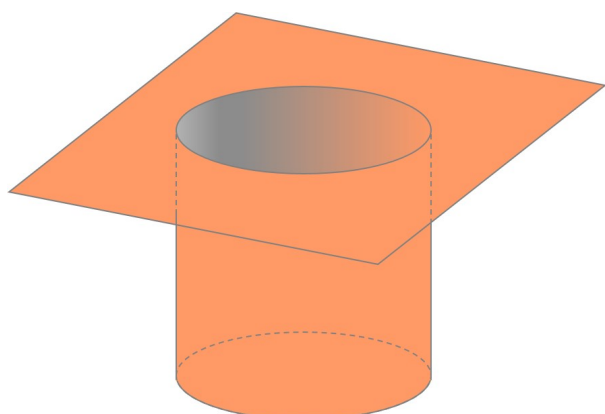
**Modifikované pasti pro monitoring povrchových krasových jevů** mohou být případně použity pro sběr terestrických bezobratlých úzce vázaných na tato specifická prostředí.

Pro závrtý úzce komunikující s jeskynními systémy je vhodné používat stejný typ povrchových pastí jako u vstupů do jeskyní (viz předchozí text). Prostředí závrťů má většinou obdobný charakter jaký mají vstupní části jeskyní, např. včetně přítomnosti hlubšího půdního profilu. Časové uspořádání expozice pastí a odběry vzorků se v závrttech uzpůsobí termínům a intervalům aktivit prováděných v samotných jeskyních (Tabulky 1 a 2).

Pro kamenné sutě a suťové kužely se osvědčily tzv. deskové pasti. Tato metoda je zde uvedena jako *doplňková speciální metoda*, jejíž použití bude možné pouze tam, kde to budou umožňovat stanovištní podmínky (hluboké sutě, suťové kužele úzce související nebo navazující na jeskynní prostředí atd.). Deskové pasti jsou opatřené při horním okraji deskou (20 x 25 cm), která tvoří umělou vodorovnou plochu. Deskové pasti (výška 13 cm, průměr

10,5 cm) se umísťujú do hlbších horizontů suťového materiálu a ponechávajú exponované po dobu niekoľkých mesíců (Růžička 1982, Obr. 4). Obdobný typ těchto jednoetážových pastí lze použít i pro monitoring bezobratlých na stěnách kaňonů nebo propastí (viz. Růžička a kol. 2016, Obr. 4). Počet takto instalovaných pastí je zcela odvislý od podmínek konkrétní lokality. Pokud jsou v systému jeskyně (uvnitř i vně) přítomny rozebíratelné (strukturní) suťové kužely, je vhodné do nich instalovat minimálně jednu deskovou past. Při instalaci se část sutě nálevkovitě odebere, past s fixačním roztokem (4% roztok formaldehydu) se do ní umístí a vhodně označí např. vodící lavinovou šňůrou nataženou od pasti až k povrchu sutě. Instalovaná past se následně zpětně překryje suťovým materiálem. Kromě lavinové šňůry se místo s umístěnou pastí ještě jiným vhodným způsobem označí (barva na kameni, kolík apod.). Expozice takovéto pasti se doporučuje delší než u povrchových padacích pastí, tj. např. minimálně 6 ale i více měsíců (Tabulka 1 a 2).

Pro hluboké profily sutí navazující na jeskynní systémy nebo i sutě v komínech jeskyní lze použít speciální podzemní pasti (Schlick-Steiner a Steiner 2000). Rovněž tato metoda představuje *doplňkovou speciální metodu* pro odpovídající stanovištní podmínky, jako jsou hluboké sutě, suťové kužele nebo MSS systémy, které úzce souvisejí s monitorovaným jeskynním prostředím. Podzemní pasti jsou vyrobené z tvrdého plastu, tvořené vnější trubicí (10 cm v průměru, příčné otvory na 10 cm intervalech, délka 1 metr i více) s vloženou sadou výměnných plastových kelímků (250 ml v objemu) uchycených na centrální kovové ose tak, že poloha kelímků odpovídá otvorům v trubce (Obr. 5). Při tomto uspořádání jsou bezobratlí živočichové odchytávání odděleně v jednotlivých hloubkách podzemního profilu (viz např. Laška a kol. 2011, Mock a kol. 2015, Rendoš a kol. 2016). Jako fixační tekutina byl dosud používán vodný roztok formaldehydu nebo etylenglykol. Po instalaci pastí se obsah pastí (vnitřní sada kelímků) odebírá opakovaně podle časových možností v pravidelných měsíčních nebo jiných (delších) předem plánovaných intervalech aniž by byl narušován okolní terén kolem pastí. Podrobnosti k uspořádání, postupu instalace i odběru vzorků jsou uvedeny např. ve výše citovaných publikacích, možný časový sled odběrů je naznačen v Tabulkách 1 a 2.



Obr. 4. Schéma deskové pasti umístěvané do kamenných sutí a suťových kuželů (vlevo, upraveno podle Růžičky 1982) a její modifikace při instalaci na stěně kaňonu nebo propasti (vpravo, převzato z publikace Růžička a kol. 2016).



Obr. 5. Varianta podzemních pastí – instalace vnějšího pláště do profilu sutě vyžadující jeho odkrytí v celé délce instalované pasti a uspořádání výměnných pastových kelímků na centrální kovové ose (foto V. Růžička a I. H. Tuf).

Ve všech variantách pastí se obsah každé pasti po uplynulém intervalu expozice (při následné návštěvě) vždy kompletně přelege do jiné dostatečně velké sběrné dobře uzavíratelné nádoby, řádně označí číslem stanoviště a číslem pasti a podle potřeby i datem odběru resp. intervalem expozice (nejlépe štítek na vnější straně odběrové nádoby nebo formou etikety z tvrdého papíru s tužkou zapsaným údajem, která se vloží do nádoby přímo k odebranému obsahu pasti). Takto odebrané a označené vzorky se transportují do laboratoře. Vzhledem k tomu, že do pastí padají i jedinci s velmi malými (milimetrovými i menšími) tělesnými rozměry, je nezbytné, aby odchycený materiál byl z fixační tekutiny pečlivě vytríděn až v laboratoři pod preparačním mikroskopem. Většinu odchycených živočichů je vhodné následně konzervovat v denaturovaném etanolu (doporučená koncentrace 70% nebo 95%).

### **Extrakce přirozených (původních) jeskynních substrátů**

Při plošném průzkumu jeskynních prostor se provádí odběr dílčích vzorků přirozeně nahromaděných nebo naopak rozptýlených substrátů, u nichž lze předpokládat, že jsou v nich přítomni různí zástupci terestrických bezobratlých. Pozornost je třeba věnovat drobným úlomkům trouchnivého dřeva, nahromaděným zbytkům rostlin, opadu a všem dalším substrátům potenciálně oživených živočichy (např. rozkládající se zbytky exkrementů kuny, zbytky uhynulých živočichů apod.). V případě odběru vzorků organických substrátů je třeba dbát na to, aby při této činnosti nebyly z jeskyně odstraněny veškeré tyto materiály a tím odstraněno životní prostředí pro mnohé přítomné bezobratlé živočichy. Velikost vzorku musí být úměrná množství přítomného materiálu. Pro úplnost je vhodné provést odběr i směsných organo-minerálních sedimentů, případně i zdánlivě jen minerálních sedimentů s náznaky zbytků tmavé organické hmoty. Vzorky lze odebírat např. malou zahradnickou lopatkou odděleně do mikrotenových sáčků. Objem dílčího sáčku by měl zhruba představovat 200 až 300 ml, rozdílné substráty se ukládají odděleně do samostatných sáčků. Každý takovýto vzorek je třeba zřetelně označit tak, aby bylo zřejmé, z které části jeskyně příp. ze které stacionární plochy pochází. K označení lze použít popisovače (odolné proti smazání nebo omytí vodou) na vnější straně sáčků nebo popis uvést na ústřížku tvrdého papíru, který se umístí do sáčku tak, aby nebyl bezprostředně v kontaktu s vlhkostí z odebraného vzorku (po zavázání sáčku se vzorkem se ústřížek papíru následně odděleně zaváže do zbývající otevřené části sáčku).

Vzhledem k tomu, že přítomní jeskynní živočichové jsou adaptovaní na nižší teplotu prostředí, je nezbytné, aby takto odebrané vzorky nejpozději po vynesení z jeskyně byly umístěny do transportních termoboxů, termotašek nebo transportních chladniček tak, aby nedošlo k jejich přílišnému přehřátí a to po celou dobu transportu až do okamžiku zpracovávání vzorků.

S ohledem na skutečnost, že většina přítomných živočichů je velmi malých tělesných rozměrů, není vhodné provádět ruční rozborů těchto vzorků (vysoké riziko úniku a ztráty živočichů i jejich poškození při opakované mechanické manipulaci se substrátem). Nejefektivnější metodou je tepelná extrakce bezobratlých živočichů ve vhodných fototermoelektrodech typu Berlese-Tullgren (po dobu minimálně 5 dnů při teplotě 35°C). Do těchto extrakčních zařízení se umísťují celé odebrané vzorky. Z nich jsou živočichové vypuzováni teplem a vysoušením do dolních sběrných částí zařízení, kde jsou zachytáváni v nádobkách s denaturovaným etanolem. Získané vzorky živočichů je třeba vždy opatřit etiketou s datovým údajem a lokalizací vzorku. Následně se třídí a dále zpracovávají.

Studium želvušek (Tardigrada) a vírníků (Rotifera), hlístic (Nematoda) a rovněž roupic (Enchytraeidae) vyžaduje, s ohledem na specifické zpracovávání materiálu i speciální determinační postupy, odlišné metodické přístupy. Pro celkovou metodickou a časovou náročnost budou tyto skupiny sledovány především ve vzorcích přirozených jeskynních substrátů odebíraných při plošném průzkumu a na stacionárních monitorovacích plochách.

Pro studium želvušek a vírníků je třeba odebírat a zpracovávat samostatné vzorky substrátů o menším objemu (cca do 100 cm<sup>3</sup>). Po šetrném přenosu odebraných vzorků v termoboxech do laboratoře se extrakce těchto živočichů se provádí metodou podle Devettera (2010).

Za účelem studia hlístic se odebírají paralelně další vzorky (objem zpracovávaného vzorku cca 10 g) a z nich se tyto živočichové extrahují pomocí jednoduchých extrakčních zařízení označovaných jako tzv. Baermanovy nálevky (Baermann 1917). Vzorek substrátu je ponořený do vody a hlístice z něj aktivně unikají do vodního sloupce pod vzorkem, kde se koncentrují ve sběrné nádobce. Podle povahy zpracovávaných substrátů mohou být použity další metody na principu flotace a proplachování přes síta (Southey 1970). Získaní živočichové se konzervují formaldehydem, převádějí do glycerinu a následně studují s pomocí mikroskopické techniky. Volně žijící hlístice lze rovněž separovat metodou podle Devettera (2010) společně s želvuškami a vírníky.

Roupice jsou drobní terestrickí máloštětinatí červi, pro jejichž determinaci je třeba mít k dispozici živé jedince. Proto je nezbytné pro jejich studium odebírat vzorky substrátů odděleně. Objem odebíraných vzorků je vzhledem k tělesným rozměrům roupic rovněž menší

(cca 100 cm<sup>3</sup>). Následná extrakce roupic se provádí pomocí modifikovaných extraktorů typu Baermanových nálevek, kdy shora zahříváný vzorek substrátu je částečně ponořený do vody a roupice z něj aktivně unikají do vodního sloupce pod vzorkem, odkud se živé následně odebírají pro další studium.

V případě vchodů do jeskyní, závrťů, škrapů apod. s přítomností větších akumulací organických materiálů (naváté listí, detrit, zbytky rozkládajícího se dřeva) je vhodné provést prosev těchto substrátů pomocí entomologického prosívadla a prosátý materiál buď na místě pečlivě prohlédnout, nebo v igelitových pytlích s označením lokality, stanoviště a datem odběru přenést do laboratoře k podrobnějšímu rozboru resp. rovněž k tepelné extrakci přítomných bezobratlých živočichů ve vhodných fototermoelektorech nebo extraktorech.

### **Expozice, zpětný odběr a extrakce „návnad“**

Pro semikvantitativní posouzení přítomných populací bezobratlých živočichů (zejména zástupci pavoukoců, stonožkoců a hmyzu) je vhodná metoda tzv. návnad. Spočívá v expozici vhodné sterilní organické hmoty se zpětným odběrem exponovaných substrátů při opakovaných exkurzích rovněž s následnou tepelnou extrakcí bezobratlých živočichů (fototermoelektory typu Berlese-Tullgren).

Jako vhodné substráty lze použít jednak částečně rozložený směsný listový opad dřevin (např. dub, javor, lípa, jasan) anebo trouchnivé dřevo ve stádiu pokročilé hniloby (bukový nebo smrkový trouch červené hniloby). Směsný listový opad je třeba předem částečně homogenizovat (přebrat, zbavit nežádoucích příměsí jako jsou větší úlomky větviček, příliš nebo naopak velmi málo rozložené listí apod.) a zbavit přítomných bezobratlých živočichů. Materiál trouchnivého dřeva je vhodné rovněž homogenizovat, tj. rozdrobit na menší úlomky (např. 1 až 2 cm velké) a také zbavit nežádoucích příměsí (kůry, větších kompaktních nerozložených částí, kořínků apod.). Oba substráty, vlhký listový opad a rovněž trouchnivé dřevo, se pak musí ještě důkladně sterilizovat nejlépe v autoklávu při 120°C po dobu alespoň ½ hodiny. Tím dojde k likvidaci všech původně přítomných bezobratlých včetně jejich klidových nebo vývojových stádií. Takto připravené sterilní substráty je vhodné podle potřeby dodatečně zvlhčit vodou a v sáčkách transportovat do jeskyní. Aby bylo možné provést kvantitativní porovnání výsledků, exponuje se vždy stejný objem těchto substrátů. Místa pro expozici substrátů se připraví pomocí jednoduchého prstence o výšce 5 cm zhotoveného z rozřezané novodurové roury o vnějším průměru 11 cm. Podle možností na konkrétním

stanovišti se buď prstenec nejprve celý zatlačí do jeskynního sedimentu, vnitřní obsah prstence (sediment) se odstraní a takto vyhloubený prostor se naplní do úrovně s okolním povrchem připraveným sterilním listovým opadem nebo trouchem, nebo se prstenec umístí na povrch jeskynní chodby, naplní substrátem a prstenec následně odstraní (Obr. 6). V druhém případě je vhodné vzniklou hromádku umístěného substrátu vymezit nebo obklopit např. drobnými kameny tak, aby po dobu expozice nedocházelo k jejímu přílišnému rozptýlení. Tímto způsobem se zajistí expozice substrátu zhruba o stejném objemu (cca 475 cm<sup>3</sup>). Na každou stacionární plochu je vhodné při první návštěvě exponovat 3 a 3 vzorky těchto substrátů. Volba rozmístění substrátů a dílčích vzorků závisí na konkrétních stanovištních podmínkách (optimálně vzdálenost mezi vzorky je kolem 1 metru). Jednotlivé exponované vzorky substrátů je vhodné na stanovišti opět označit obdobně jako exponované pasti, opatřit značkou (např. plastový štítek s číslem stanoviště a číslem vzorku). Umístění a označení substrátů se rovněž doplní do náčrtku stacionární plochy. Instalace substrátů, intervaly jejich expozice a termíny jejich odběrů se uzpůsobí času expozice a termínům odběrů padacích pastí. V případě dvou intervalů (jaro a podzim) se při prvním odběru odebere jen 1 + 1 vzorek obou substrátů, další dvojice se odebere při reinstalaci pastí a poslední dvojice při závěrečném odběru reinstalovaných pastí (Tabulka 1). V případě jednoho intervalu expozice padacích pastí se při odběru pastí odeberou všechny instalované substráty (3 + 3) najednou (viz Tabulka 2).



Obr 6. Příklad instalace vzorku sterilního listového opadu (vlevo) a sterilního trouchnivého dřeva (vpravo) na povrchu jeskynních sedimentů (Tajovský a kol. 2016).

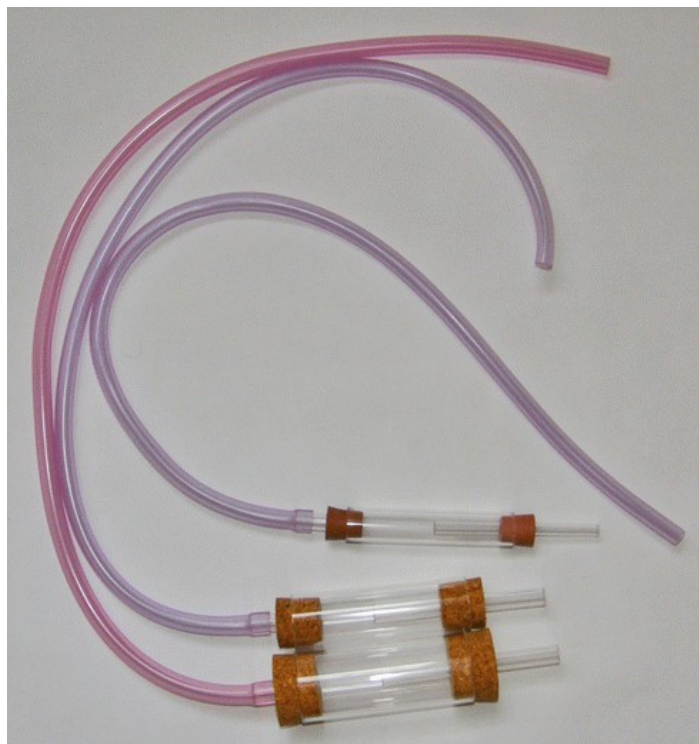
Exponované substráty se odebírají kvantitativně, tj. odebere se zpětně veškerý instalovaný materiál včetně případné části okolního minerálního materiálu obdobným způsobem jako při odběru přirozených jeskynních substrátů pomocí malé lopatky do mikrotenových sáčků. Každý vzorek se řádně označí (číslo stanoviště a číslo vzorku, doba expozice a druh substrátu) a stejným způsobem jako vzorky přirozených substrátů se transportuje v termoboxech nebo transportních chladničkách do laboratoře k následné tepelné extrakci ve fototermoelektrodech typu Berlese-Tullgren (minimálně po dobu 5 dnů při teplotě 35°C). Konzervace živočichů v denaturovaném etanolu, označení datovým údajem a lokalizací vzorku a další třídění a zpracování je rovněž obdobné jako u zpracovávání vzorků z přirozených substrátů.

### **Přímý sběr živočichů**

Přímý sběr živočichů v jeskyních a případně v bezprostředním okolí jejich vstupních částí je metoda technicky nejjednodušší. Při sběru živočichů v jeskyních je nicméně třeba postupovat pomalu a systematicky od vchodu až na konec jeskyní, prohlížet a zblízka osvětlovat i jednotlivé výklenky, štěrbiny, pukliny, stěny jeskyní, zejména pak vlhká místa, povrch hlín a sedimentů, prostory pod kameny, důkladněji prohlížet a případně i rozebírat přítomný organický materiál, rozlamovat úlomky trouchnivého dřeva, kontrolovat případné guáno nebo peletky netopýrů i exkrementy a rovněž uhynulá těla ostatních živočichů.

Pro přímý sběr se používají jednoduché sběratelské pomůcky. Vedle měkké entomologické pinzety se používá exhaustor (pracující na principu nasávání živočichů proudem vzduchu do střední sběrné části, Obr. 7) zejména pro sběr rychle se pohybujících živočichů (chvostokoci, pavouci, roztoči). Jedinci odchycení pinzetou se vkládají do uzavíratelných epruvet (zkumavek nebo zkumavek typu Eppendorf) s denaturovaným etanolem. Do epruvet vhodného objemu s denaturovaným etanolem se rovněž přemísťují živočichové odchycení pomocí exhaustoru. Každý vzorek (epruveta) musí být ještě v terénu rovněž řádně doplněn informací o lokalizaci sběrů a datem sběrů.

V případě vzácnější fauny (po konzultaci se specialisty na jednotlivé skupiny bezobratlých) anebo u výrazně izolovaných populací některých druhů bezobratlých se při následných návštěvách odeberou vzorky živočichů do čistého etanolu pro speciální molekulární a genetické analýzy.



Obr. 7. Příklady exhaustorů pro přímý sběr bezobratlých živočichů v jeskyních (zdroj: <http://www.entochrysis.cz/katalog2.html>)

### **Přímé pozorování a přímá identifikace jedinců**

V případě větších a dobře v terénu přímo identifikovatelných druhů bezobratlých živočichů (známé druhy „jeskynních“ motýlů, např. píďalka jeskynní – *Triphosa dubiata*, můra sklepní – *Scoliopteryx libatrix*, z brouků velké snadno determinovatelné druhy rodu *Carabus*, z pavouků křížák temnostní – *Meta menardi* apod.) se buď sběr vůbec neprovádí (je-li možné spolehlivě o druhové příslušnosti rozhodnout na místě), nebo se provede fotodokumentace pro verifikaci údajů specialisty, případně se odebere jen minimální reprezentativní vzorek jednoho až několika jedinců za účelem ověření determinace a doložení výskytu (archivace materiálu). O výskytu prokazatelně identických jedinců téhož druhu se provede záznam o jejich přítomnosti s uvedením (konkrétních nebo odhadnutelných) údajů o počtu jedinců, místě výskytu atd.

## Metody monitorování vodních bezobratlých

### Sběr vodních bezobratlých pomocí planktonky

Tato metoda je vhodná pro sběr materiálu vodní mikrofauny v jeskynních vodách o větší rozloze i hloubce. Planktonka (Obr. 8) v podobě dlouhé kuželovité sítě na kruhovém rámu (o průměru kolem 15 cm, délka kužele 20-35 cm) zakončená skleněnou nebo kovovou sběrnou nádobkou umožňuje sběr vodních bezobratlých volně se pohybujících ve vodním sloupci. Zachycení živočichové se přemístí do sběrných nádobek nebo epruvet a fixují (konzervují) denaturovaným etanolem nebo pomocí jiných fixačních roztoků (např. 4% roztok formaldehydu). Všechny odebrané vzorky je třeba opět vhodným způsobem řádně označit místem a datem sběru.



Obr. 8. Planktonka pro sběr vodní mikrofauny (vlevo, zdroj: Jana Říhová Ambrožová, Encyklopedie hydrobiologie, Elektronická publikace, verze 1.0, 2006) a sítko (cedníky) pro přímý sběr vodní makrofauny.

### Sběr intersticiální fauny do vyhloubených jam

Při této metodě se v tzv. freatických (vodou trvale zaplavených) sedimentech vyhloubí jáma vhodných rozměrů (v závislosti na prostorových možnostech a mocnosti sedimentů),

do které následně nastoupá voda. Z takto uměle vytvořených nádržek nebo louží jsou pak vodní bezobratlí sbíráni opět buď pomocí planktonky nebo individuálně pinzetou či sítkem (Obr. 8). Hloubení jam se provede při první návštěvě plochy. Sběr živočichů se provádí buď krátce po vyhloubení a následném zaplnění jámy vody, nebo setrvává-li v jámě voda i nadále, živočichové se sbírají během dalších návštěv stacionárních ploch (Tabulky 1 a 2). Pro ukládání, konzervaci a označování vzorků platí stejné pravidla jako u předchozích metod.

### **Přímý sběr živočichů**

Přímý sběr vodních živočichů lze provádět ve všech dostupných jeskynních vodách, na jejich hladině, v profilu vodního sloupce i na dně stojatých případně tekoucích vod a rovněž ve vyvěračkách vně jeskyní. Obracením ponořených kamenů a oblázků na dně lze vypudit nebo aktivovat přítomné živočichy. K přímému sběru vodních živočichů lze používat entomologickou pinzetu nebo běžně dostupný plastový cedník (vhodné kuchyňské sítko menšího průměru s jemnou síťovinou, Obr. 8), který může být případně upevněn na delší rukojeti pro snadnější sběr ve vzdálenějších nebo hlubších částech vodního sloupce. Nasbíraný materiál se ukládá a konzervuje obdobně jako vzorky získané pomocí planktonky. Všechny odebrané vzorky je třeba opět vhodným způsobem označit místem a datem sběru.

V případě studia ve vodě žijících vírníků se pro sběr materiálu ve stojatých jeskynních vodách používá síťovina s velikostí ok 40 µm. Vzorky vírníků z mělkých vod se odebírají za pomoci sifonu. Přisedlé formy vírníků se získávají rozbořem odebraného sedimentu v laboratoři pod stereomikroskopem a převráceným mikroskopem.

Pro speciální molekulární a genetické analýzy vybraných druhů vodních bezobratlých je vhodné rovněž konzervovat jedince v čistém etanolu.

### **Přímé pozorování a přímá identifikace jedinců**

V případě početnějších výskytů a výskytu z předchozích sběrů již druhově známých zástupců vodních bezobratlých je účelné neopakovat sběry větších počtů jedinců (např. blešivci rodu *Niphargus*, *Gammarus*). V takovém případě ve vhodné provést pouze odběr minimálního reprezentativního vzorku (jednoho až několika jedinců) za účelem ověření determinace a doložení výskytu (archivace materiálu) a o výskytu prokazatelně identických jedinců provést záznam s uvedením údajů o počtu jedinců (konkrétní nebo odhadnutý), lokalizaci a datování.

Tabulka 1. Příklad možného časového harmonogramu pro vybrané metody pastí a expozice návnad se zpětným odběrem vzorků a sběru intersticiální vodní fauny při monitoringu na stacionárních plochách, varianta se 4 návštěvami, tj. dvěma expozičními intervaly pastí a substrátů. Zařazení podle kalendářních měsíců je jen orientační. Použité zkratky: inst – instalace pastí / návnad / vyhloubení jam, odb – odběr vzorků pastí a instalované návnady / odběr vodní fauny z jam, op – opakované odběry podzemních pastí, \*\*\* – předpoklad dlouhodobější expozice podzemních pastí případně četnějších odběrů vzorků.

| Měsíc                                                                | I | II | III  | IV  | V | VI | VII | VIII | IX  | X | XI | XII |
|----------------------------------------------------------------------|---|----|------|-----|---|----|-----|------|-----|---|----|-----|
| <b>Padací pasti v jeskyních</b>                                      |   |    |      |     |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (stacionární plochy)                                                 |   |    | inst | odb |   |    |     | inst | odb |   |    |     |
| <b>Povrchové pasti</b>                                               |   |    |      |     |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (vchody, závrtý)                                                     |   |    | inst | odb |   |    |     | inst | odb |   |    |     |
| <b>Deskové pasti</b>                                                 |   |    |      |     |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (sutě, stěny)                                                        |   |    | inst | odb |   |    |     | inst | odb |   |    |     |
| <b>Podzemní pasti</b>                                                |   |    |      |     |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (sutě, MSS)                                                          |   |    | inst | odb |   |    |     | op   | op  |   |    | *** |
| <b>Expozice návnad</b>                                               |   |    |      |     |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (listový opad, trouch)                                               |   |    |      |     |   |    |     |      |     |   |    |     |
| instalace při první návštěvě + 3 odběry při následujících návštěvách |   |    | inst | odb |   |    |     |      |     |   |    |     |
|                                                                      |   |    | inst |     |   |    |     | odb  |     |   |    |     |
|                                                                      |   |    | inst |     |   |    |     |      | odb |   |    |     |
| <b>Intersticiální vodní fauna</b>                                    |   |    |      |     |   |    |     |      |     |   |    |     |
| vyhloubení jámy při první návštěvě + 3 následující odběry            |   |    | inst | odb |   |    |     |      |     |   |    |     |
|                                                                      |   |    |      |     |   |    |     | odb  |     |   |    |     |
|                                                                      |   |    |      |     |   |    |     |      | odb |   |    |     |

Tabulka 2. Příklad možného časového harmonogramu pro vybrané metody pastí a expozice návnad se zpětným odběrem vzorků a sběru intersticiální vodní fauny při monitoringu na stacionárních plochách, varianta s pouze 2 návštěvami, tj. pouze s jedním expozičním intervalem pastí a substrátů. Zařazení podle kalendářních měsíců je jen orientační. Použité zkratky: inst – instalace pastí / návnad / vyhloubení jam, odb – odběr vzorků pastí a instalované návnady / odběr vodní fauny z jam, \*\*\* – předpoklad dlouhodobější expozice podzemních pastí / četnějších odběrů vzorků.

| Měsíc                                                         | I | II | III        | IV | V | VI | VII | VIII | IX  | X | XI | XII |
|---------------------------------------------------------------|---|----|------------|----|---|----|-----|------|-----|---|----|-----|
| <b>Padací pasti v jeskyních</b>                               |   |    |            |    |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (stacionární plochy)                                          |   |    | inst       |    |   |    |     |      | odb |   |    |     |
| <b>Povrchové pasti</b>                                        |   |    |            |    |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (vchody, závrtý)                                              |   |    | inst       |    |   |    |     |      | odb |   |    |     |
| <b>Deskové pasti</b>                                          |   |    |            |    |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (sutě, stěny)                                                 |   |    | inst       |    |   |    |     |      | odb |   |    |     |
| <b>Podzemní pasti</b>                                         |   |    |            |    |   |    |     |      |     |   |    |     |
|                                                               |   |    | inst       |    |   |    |     |      | odb |   |    | *** |
| <b>Expozice návnad</b>                                        |   |    |            |    |   |    |     |      |     |   |    |     |
| (listový opad, trouch)                                        |   |    |            |    |   |    |     |      |     |   |    |     |
| instalace při první návštěvě + odběr všech materiálů najednou |   |    | inst       |    |   |    |     |      | odb |   |    |     |
|                                                               |   |    | inst       |    |   |    |     |      | odb |   |    |     |
|                                                               |   |    | inst       |    |   |    |     |      | odb |   |    |     |
| <b>Intersticiální vodní fauna</b>                             |   |    |            |    |   |    |     |      |     |   |    |     |
| vyhloubení jam + opakované odběry                             |   |    | inst + odb |    |   |    |     |      |     |   |    |     |
|                                                               |   |    |            |    |   |    |     |      | odb |   |    |     |

## Doprovodná měření a sledování

Důležitou součástí monitorovacích aktivit je pořizování dalších doplňujících dokumentačních údajů pro komplexnější posuzování stavu a možných změn v osídlení jeskyní a v dalších krasových jevech. Protože řada těchto doprovodných stanovení a analýz bude prováděna servisně a některé z nich jsou finančně náročné, je nutné při přípravě finanční stránky projektu tyto náklady zohlednit.

Z fyzikálních a chemických vlastností prostředí na sledovaných lokalitách a monitorovaných plochách je vhodné kromě zápisů, zakresů a fotodokumentace zabezpečit následující data, měření a analýzy:

Teplota – měření aktuálních hodnot (v době odběrů, sledování) i stanovení průměrných teplot ovzduší v jednotlivých jeskyních, případně na dílčích monitorovaných stacionárních plochách (zejména jsou-li předpokládány výraznější rozdíly). Měření pomocí digitálních teploměrů, příp. dataloggerů s dlouhodobějším a opakovaným záznamem; využití dostupných dat z předchozích nebo souběžných měření.

Vlhkost prostředí – minimálně dlouhodobé průměrné hodnoty vlhkosti vzduchu: Měření aktuálních hodnot pomocí vhodných vlhkoměrů, využití dostupných dat z předchozích nebo souběžných měření.

Vlhkost substrátů – v případě odběrů vzorků substrátů pro následnou extrakci živočichů se odeberou minimálně dva směsné vzorky (ca 100 gramů každý) a vlhkost (obsah vody) se stanoví gravimetricky.

Chemismus substrátů – kromě odběrů vzorků pro podrobnějších analýzy oživení substrátů na stacionárních plochách (vzorky pro extrakce ve fototermoelektrodech) se odeberou dílčí vzorky za účelem stanovení vybraných chemických charakteristik, pH substrátu, obsah organického, anorganického a celkového uhlíku, dusíku, případně další parametry (vodivost, kationty) v závislosti na stanovišti, substrátu a jeho oživení. Stanovení – servisně v chemických laboratořích.

Chemismus vody – ze vzorků vody (odebraných do čistých odběrových lahví) se stanoví obsah živin, uhlík, pH a případně další parametry. Stanovení – servisně v chemických laboratořích.

Hydrologická data – pro kolonizaci jeskyní podzemí vodou, přísun živin atd. budou důležitá dostupná data o pohybu podzemních vodních toků, záznamy o kolísání a vzestupech

hladiny, průsaky vody (podle situace v jednotlivých jeskyních). Využití dostupných měřených dat, případně aktuální záznamy v průběhu monitorovacích aktivit.

Klimatická data v nadzemních částech (většinou pro širší okolí, region) jsou důležitá pro hodnocení migrací bezobratlých živočichů ve vstupních částech jeskyní, závrttech a dalších krasových jevech. Pořizování dat ze zdrojů ČHMU (teploty, srážky), případně měření dat (teplota, vlhkost) na dílčích stanovištích vně jeskyní pomocí dataloggerů.

Speciální analýzy – pro účely moderní taxonomie (objasnění nových, blízce příbuzných druhů, druhů morfologicky obtížně identifikovatelných) bude v konkrétních případech důležité provádět doplňkové sběry živočichů do čistého koncentrovaného etanolu za účelem následných molekulárních a genetických analýz. Molekulární analýzy budou zabezpečovány servisně na specializovaných pracovištích.

Další doplňkové analýzy se mohou týkat podrobnějších rozborů substrátů (stanovování dalších chemických látek, herbicidů, pesticidů aj.), hodnocení přísunu organické hmoty do podzemí (např. gravimetricky) atd. Tyto analýzy a měření mohou být specifikovány v případech konkrétních lokalit v přípravných fázích projektu a je obtížné je předem predikovat.

## **Koordinace biospeleologického průzkumu, zpracovávání a vyhodnocování**

Biospeleologický průzkum v předkládaném rozsahu metodických postupů a širě sledovaných taxonů terestrických i vodních bezobratlých živočichů předpokládá poměrně detailní a rozsáhlou koordinaci terénních prací a rovněž následnou koordinaci laboratorních rozborů vzorků, třídění a zpracovávání zoologických materiálů včetně kompletace a archivace dat a zoologických sběrů.

Pro spolehlivé zpracování všech čerstvě odebíraných materiálů a získání všech přítomných bezobratlých živočichů je velmi důležité sladění a načasování odběrů vzorků se zajištěním bezprostředně navazujících metodik nezbytných zejména pro speciální separace živých živočichů z odebraných vzorků (extrakce živočichů z odebraných přirozených a exponovaných substrátů na extrakčních zařízeních, extrakce živých roupic atd.). Pro srovnatelnost dat z jednotlivých lokalit se doporučuje jednotný způsob extrakce materiálů,

tj. nejlépe jednotně na stejných extrakčních zařízeních, jednotně na jednom pracovišti po celou dobu řešení projektu.

Na všech úrovních biomonitoringu je třeba pamatovat na skutečnost, že se studium dotýká bezobratlých živočichů v převážné míře s velmi malými tělesnými rozměry, což vyžaduje pečlivost práce počínaje odběry vzorků, jejich šetrným transportem do laboratoře (bez zahřátí, bez vysychání), přes separační postupy až po fázi třídění a determinace. Separace jedinců ze vzorků pastí, z extrahovaných vzorků i ze vzorků s nafixovanými vodními bezobratlými získanými pomocí planktonky a síték se provádí až v podmínkách laboratoře s použitím mikroskopické techniky (stereomikroskopy, mikroskopy).

S ohledem na předpokládaný rozsah činností je důležitou součástí řešení koordinace jednotlivých fází i celého daného projektu. V následujícím jsou proto podrobněji rozvedeny tři základní fáze, které bude důležité pro plnění všech plánovaných činností optimalizovat jedním koordinujícím pracovištěm (koordinátorem).

**Přípravná fáze** bude zahrnovat aktualizaci teoretické přípravy v každém roce plnění a její součástí by měla být koordinace následujících kroků:

- výběr monitorovaných lokalit (jeskyní a jeskynních jevů) pro daný rok,
- volba monitorovacích ploch v každé monitorované lokalitě na základě dostupné dokumentace jednotlivých vybraných jeskyní a jeskynních jevů (mapy, publikované nebo archivované údaje o známém oživení daných lokalit apod.),
- vypracování časového plánu odběrů v jednotlivých monitorovaných lokalitách,
- projednání zabezpečení vstupů do monitorovaných objektů se všemi dotčenými složkami (Správy CHÚ, případně uživatelé objektů, dílčí organizace České speleologické společnosti atd.) a logistické zajištění vlastních terénních akcí,
- časové sladění odběrů s bezprostředně navazujícími fázemi zpracovávání odebraných vzorků (speciální extrakce živých jedinců atd.),
- předjednání spolupráce s determinátory zoologických materiálů,
- rešerše dat (publikovaná data, archivovaný materiál) k aktuálně monitorovaným lokalitám,
- příprava, konkretizace databází pro průběžné a finální shromažďování získaných dat.

Výběr lokalit (jeskyní a krasových jevů) pro účely biomonitoringu bezobratlých živočichů se předpokládá ve spolupráci s orgány ochrany přírody při zahájení výzkumných monitorovacích aktivit. Monitoring každé lokality (terénní fáze spojená s odběry a sběry) bude realizován v průběhu jednoho roku, tj. v každém roce budou monitorovány jiné skupiny lokalit. Pouze v některých případech, kdy podle výsledků nastane potřeba zopakovat některé odběry (doplňkové sběry, odběr vzorků pro speciální analýzy, např. pro molekulární

stanovení apod.), budou příslušné lokality navštíveny opakovaně v následujícím období. Vzhledem k nezbytnosti používat speciální extrakční postupy pro některé skupiny terestrických bezobratlých pomocí zařízení, jejichž kapacity jsou omezené, bude důležité naplánovat odběry vzorků tak, aby nevznikala nežádoucí časová prodleva mezi odběrem transportem vzorků a následnou extrakcí živočichů (vzorky nelze před zpracováním skladovat). Přípravná fáze by měla zahrnovat i rešerši všech dat (publikovaných i nepublikovaných) a případnou revizi materiálů z předchozích průzkumů. Průběh přípravné fáze v daném roce by se měl uskutečnit v prvním čtvrtletí roku.

Na přípravné fázi by se měly podílet všechny dotčené složky, tj. koordinující pracoviště (koordinátor), řešitelé všech dílčích částí biomonitoringu, pracovníci ochrany přírody (resp. Správy jeskyní ČR), případně spolupracující specialisté (determinátoři těch skupin bezobratlých živočichů, které podle povahy zvolených lokalit budou nejvíce očekávány).

**Realizační fáze** bude zahrnovat koordinaci činností, které souvisejí s průběžnými návštěvami lokalit, odběry vzorků a jejich zpracováváním:

- příprava terénních prací,
- průběžná koordinace odběrů,
- koordinace zpracovávání odebraných vzorků,
- upřesňování terénních prací – v závislosti na zjištění konkrétních stavů v terénu (upřesňování počtů monitorovacích ploch, počtů odběrů atd. podle situace v terénu),
- koordinace distribuce vytríděných zoologických materiálů specialistům (determinátorům).

Terénní fáze bude probíhat po větší část roku. Souběžně s terénními pracemi budou probíhat na ně navazující práce v laboratoři (extrakce, třídění, konzervace, zpracovávání materiálů). S ohledem na předem obtížně odhadnutelné množství získaných materiálů bezobratlých živočichů je třeba počítat s tím, že jejich zpracování a determinace nebude vždy v plném rozsahu realizována v témže roce, ve kterém byl materiál nasbírán a zakonzervován. Výjimkou jsou skupiny živočichů, u nichž bude nutné při determinaci pracovat s živými objekty (roupice, vířníci, želvušky), ty bude nutno zpracovávat průběžně.

**Fáze zpracování, vyhodnocování, katalogizace a archivace výsledků** bude z části probíhat v jednotlivých letech řešení projektu a bude nutně bezprostředně navazovat na odběry vzorků v terénu. Vzhledem k rozsahu monitorovaných jeskyní a jeskynních jevů a rovněž objemu nashromážděných dat a materiálů je nezbytné vždy počítat samostatně s dostatečnou časovou rezervou pro realizaci této fáze po ukončení všech terénních aktivit. Zpracování (determinace) některých početně významně zastoupených skupin živočichů (např.

roztočů, chvostoskoků, dvoukřídlých apod.) bude časově náročnější. V této fázi projektu by měla být věnována pozornost zejména následujícím činnostem:

- koordinace zpracovávání materiálů,
- předávání (distribuce) materiálů dalším specialistům,
- shromažďování dat a výsledků z jednotlivých lokalit, od jednotlivých zpracovatelů a determinátorů,
- archivace determinačních a dalších dokumentačních dat,
- archivace zoologických materiálů,
- katalogizace dat,
- vyhodnocování výsledků, kompletace dat pro závěrečnou zprávu,
- koordinace zpracovávání výstupů pro potřeby ZCHÚ a pro potřeby ochrany přírody
- koordinace publikačních výstupů.

Projekty by měly rovněž zahrnovat porovnání zjištěných dat se staršími archivovanými nebo publikovanými údaji a zároveň (a v mnoha případech výlučně) bude budována výchozí databáze pro budoucí posuzování případných změn. Proto důležitou součástí bude i rešerše a případná revize historických dat a dostupných materiálů. Důsledné systematické shromáždění všech získaných dat i sběrů materiálů bude důležité nejen pro posouzení stávajícího stavu ale i pro další budoucí využití. Ujasněno pro musí být také ukládání (kde a za jakých podmínek) veškerých dat a získaných sběrů bezobratlých živočichů. Pro katalogizaci dat by proto měly být využívány existující databáze, případně vytvořeny uživatelsky snadno dostupné nové databáze (např. jednoduché soubory v Excelu) např. na koordinujícím pracovišti. Pro ucelenost výzkumů se v každém případě doporučuje archivace zoologických sběrů, buď veškerého materiálu, nebo alespoň stěžejních dokladových souborů a to vždy vhodným jednotným způsobem (v souladu s metodikami a způsobem konzervace jednotlivých skupin živočichů; mikropreparáty, lihové preparáty atd.). Vhodné bude uložení biospeleologických sběrů bezobratlých nejlépe na jednom předem dohodnutém místě resp. pracovišti, které bude zárukou standardního uchovávání sbírkových materiálů (např. na Správě jeskyní ČR, pracovišti AOPK, výzkumném pracovišti AV ČR nebo v muzeu). Spolehlivé dlouhodobé uložení materiálů do veřejně přístupných sbírek umožní jeho další studium ať už specialisty na jednotlivé skupiny nebo bude k dispozici při opakovaném monitoringu jeskynních bezobratlých. Spolu se sbírkovými materiály je třeba jednoznačně definovat i místo a způsob archivace pracovních protokolů a ostatní dokumentace, pořízené v průběhu projektu.

## Potenciální řešitelská pracoviště a specialisté

S ohledem na specifičnost předmětu řešení projektu a náročnost řady kroků v průběhu jeho realizace a činnosti specifikované v této předkládané metodice jsou pro úplnost uvedena rovněž vhodná řešitelská pracoviště, potenciální řešitelé a specialisté na stěžejní zoologické skupiny bezobratlých.

### Potenciální řešitelská pracoviště

#### Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie, České Budějovice

- pracoviště disponuje technickým vybavením pro odběry vzorků, technickými zařízeními pro speciální extrakce mikro-, meso- a makrofauny a mikroskopickou technikou nezbytnou pro třídění a determinaci prakticky všech sledovaných skupin terestrických bezobratlých,
- v uplynulých letech se tým pracovníků Ústavu půdní biologie podílel na výzkumech jeskynních systémů nejen v ČR ale i na Slovensku, částečně i ve Slovinsku a Španělsku,
- pracoviště má zkušenosti s koordinací podobných výzkumných a grantových projektů.

#### Ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Brno

- pracovníci ústavu disponují nezbytným technickým vybavením a mají praktické zkušenosti se studiem terestrických a vodních máloštětinatých a mnohoštětinatých červů a měkkýšů.

#### Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

- pracovníci katedry disponují technickým vybavením a mají praktické zkušenosti se studiem některých skupin terestrických a vodních bezobratlých.

### Specialisté

V následujícím přehledu jsou uvedena jména potenciálních řešitelů, specialistů pro jednotlivé skupiny terestrických a vodních bezobratlých, a to zejména těch skupin, které jsou nejvíce v jeskyních a krasových jevech zastoupeny a u kterých se předpokládá největší objem práce v průběhu zpracovávání nashromážděných materiálů.

Uvedení specialisté aktivně pracují v daném oboru a mají zkušenosti s příslušnými zoologickými skupinami (sběr, preparace, konzervace, determinace, vyhodnocování dat). V řadě případů se konkrétní skupinou v ČR zabývají pouze jeden-dva specialisté. V některých případech jsou proto doplněna i jména slovenských pracovníků, zejména těch, kteří se již dříve věnovali nebo recentně věnují studiu jeskynní fauny.

Pro zpracovávání dalších skupin živočichů, u kterých je velmi pravděpodobné, že budou méně zastoupeny v odebíraných a zpracovávaných materiálech (larvy vodního hmyzu, ploštěnky, vodní korýši, dvoukřídli, aj.), budou podle potřeby v průběhu řešení projektu kontaktováni další specialisté.

**Terestričtí bezobratlí:**

želvušky (Tardigrada) – Miloslav Devetter (ÚPB)  
vířníci (Rotifera) – Miloslav Devetter (ÚPB)  
hlístice (Nematoda) – Ladislav Háněl (ÚPB)  
žížalovití (Lumbricidae) – Václav Pižl (ÚPB)  
roupicovití (Enchytraeidae) – Jiří Schlaghamerský (MU)  
suchozemští plži (Gastropoda) – Libor Dvořák (MML), Lucie Juříčková (UKP)  
roztoči – pancířníci (Acari, Oribatida) – Josef Starý (ÚPB), Peter Luptáčík (UPJŠ)  
chvostoskoci (Collembola) – Pater Čuchta (ÚPB), Lubomír Kováč (UPJŠ)  
mnohonožky (Diplopoda) – Karel Tajovský (ÚPB), Andrej Mock (UPJŠ)  
stonožky (Chilopoda) – Karel Tajovský (ÚPB), Ivan H. Tuf (UP)  
suchozemští stejnonožci (Oniscidea) – Karel Tajovský (ÚPB), Libor Dvořák (MML)  
pavouci (Araneida) – Vlastimil Růžička (ENTÚ)  
sekáči (Opiliones) – Pavel Bezděčka (MVJ), Slavomír Stašiov (TU)  
štírci (Pseudoscorpiones) – František Šťáhlavský (UKP), Jana Christophoryová (UKB)  
brouci (Coleoptera) – Jan Růžička (ČZU); koordinátor pro celou skupinu brouků  
dvoukřídli (Diptera) – Vladimír Košel (UKB)

**Vodní bezobratlí:**

vířníci (Rotifera) – Miloslav Devetter (ÚPB)  
máloštětinatci (Oligochaeta) a mnohoštětinatí červi (Polychaeta) – Jana Schenková (MU)  
plži (Gastropoda) a mlži (Bivalvia) – Michal Horský (MU)

**Zkratky pracovišť:**

ČZU – fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze  
ENTÚ – Biologické centrum, Entomologický ústav  
MML – Městské muzeum Mariánské lázně  
MU – Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno  
MVJ – Muzeum Vysočiny Jihlava  
TU – Fakulta ekologie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene  
UKB – Přírodovědecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave  
UKP – Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha  
UP – Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci  
ÚPB – Biologické centrum, Ústav půdní biologie  
UPJŠ – Přírodovědecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

## Ochrana jeskynních biotopů a monitoring

Jeskyně představují jedinečné systémy s velmi dlouhým, pomalým a nepřetržitým vývojem jak samotného prostředí, tak i organismů, které je obývají. Oproti povrchovým ekosystémům byly jeskyně daleko více chráněny před náhlými i dramatickými dlouhodobými změnami, zůstávaly mimo dosah klimatických změn, mimo měnící se vegetační i faunistické poměry a v neposlední řadě do značné míry i mimo negativní antropogenní vlivy. Přítomnost starých fylogenetických linií, funkce jeskyní jako refugia reliktních organismů, vysoká frekvence endemických forem podtrhují výjimečnost jeskynních systémů. Jeskyně a jejich obyvatelé tak obohacují v lokálním i širším měřítku celkovou biodiverzitu oblastí, ve kterých se nacházejí.

Znalost jeskyní včetně znalostí o oživení nejrůznějšími organismy je důležitým nástrojem pro ochranu těchto specifických a unikátních systémů, nástrojem pro minimalizaci přímých i nepřímých nežádoucích vlivů a lidských zásahů v současné době a pro zachování těchto unikátních přírodních útvarů do budoucnosti.

Monitoring jeskynních bezobratlých živočichů by měl respektovat jak různorodost a komplexnost podzemního prostředí, tak výjimečnost a zranitelnost přítomné fauny. Biospeleologické průzkumy těchto systémů musí být vedeny tak, aby se i při této činnosti minimalizovaly jakékoliv negativní dopady na prostředí jeskyní. Výzkumné aktivity je třeba realizovat co nejšetrněji, neinvazně, s minimalizací všech možných negativních dopadů.

V každém konkrétním případě (na konkrétní lokalitě, jeskyni) je třeba používat metodické postupy uvážlivě tak, aby nedošlo k narušení křehké rovnováhy v těchto systémech. Důležitá je proto i samotná přípravná fáze před zahájením vlastních monitorovacích prací v terénu. Metodické postupy a počty stacionárních monitorovacích ploch s intenzivnějším výzkumným programem by měly být proto vždy voleny s ohledem na konkrétní podmínky v jeskyni a neměly by negativně ovlivňovat populace přítomných živočichů.

Podle výsledků prvních plošných průzkumů a podle výsledků z prvních odběrů vzorků substrátů, exponovaných návnad i vzorků padacích pastí by se měl zvolit rozsah a intenzita monitoringu na stacionárních plochách v následujících etapách. Proto, pokud to podmínky budou dovolovat, je teoreticky vhodnější použít jako šetrnější přístup variantu uvedenou v Tabulce 1, tj. monitoring provádět ve dvou etapách. Po kratší první etapě (tj. expozici padacích pastí a expozici a odběru návnad a odběrech dalších vzorků substrátů a vzorků

vodních bezobratlých) lze v této variantě na základě zjištěných parametrů případně usměrnit další postup prací. Druhá etapa (další vzorkování, instalace pastí atd.) tak může být zachována podle plánu nebo modifikována. Monitoring v podobě jednoho dlouhého intervalu (viz Tabulka 2) může sice nést např. riziko příliš vysokých odchytů bezobratlých živočichů do padacích a návnadových pastí, avšak v případech obtížně dostupných jeskyní představuje možnou variantu řešení.

Jeskyně a subteránní systémy všeobecně představují specifické a unikátní prostředí osídlované specifickou, často vzácnou a reliktní faunou bezobratlých živočichů. Řada z nich v současné době mimo tato prostředí nežije nebo je mimo jeskyně najdeme jen výjimečně. Ochrana těchto živočichů spočívá v důsledné ochraně těchto stanovišť. Přímé i nepřímé dopady lidské činnosti mohou tyto unikátní systémy nenávratně narušit. Dobrá znalost stávajícího osídlení těchto systémů je proto velmi důležitá. S ohledem na velmi specifické podmínky a velmi omezené potravní zdroje, na které jsou bezobratlí živočichové v jeskyních často velmi úzce vázáni, je třeba v těchto systémech respektovat přirozený stav včetně přítomnosti přirozeně přítomných organických zbytků, jako je naplavené listí, nebo dřevní hmota nebo i zbytky dřeva po dřívějších speleologických aktivitách. Úklid těchto materiálů může totiž znamenat odstranění potravních zdrojů, ale také nevědomé odstranění samotných jeskynních živočichů spolu s materiálem vynášeným takto ven z jeskyní. Čistá a uklizená jeskyně není z hlediska ochrany přítomné bioty správné řešení.

## Literatura

- Absolon K., 1899. Systematický přehled fauny jeskyň moravských. Věstník klubu přírodovědeckého v Prostějově za rok 1899, 2: 60–68.
- Baermann G., 1917. Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. Geneesk. Tijdschr. Ned.-Indie 57: 131–137.
- Camacho A. I., 1992. Sampling the subterranean biota. In: Camacho A. I. (ed.), The Natural History of Biospeleology. Museo Nacional de Ciencias Naturales, pp. 135–168.
- Culver D. C., Pipan T., Gottstein S., 2006. Hypotelmiorheic – A Unique Freshwater Habitat. Subterranean Biology, 4: 1–7.
- Černosvitov L., 1935. Monografie československých dešťovek. Arch. Přír. Výzk. Čech, 19: 1–86.
- Devetter M., 2010. A method for efficient extraction of rotifers (Rotifera) from soils. Pedobiologia 53: 115–118.
- Dumnicka E., 1995. Aquatic fauna of the souterrains in Central Europe. Int. Symp. on Souterrains. Symposium papers, Maastricht-Riemst, 16–17.
- Dvořák L., 1999. Malakofauna sklepů, štol a jeskyní západních Čech a oblasti Šumavy. Silva Gabreta, 3: 141–154.
- Dvořák L., 2000a. Poznámky k přezimování motýlů v podzemních úkrytech v oblasti Šumavy a v západních Čechách. Silva Gabreta, 5: 167–176.
- Dvořák L., 2000b. Obyvatelé jeskynního světa. Šumava, 3/2002: 24–25.
- Dvořák L., 2002c. Některé výsledky sledování motýlů v jeskyních jihozápadních Čech a přehled motýlů nalezených v krasových jeskyních České a Slovenské republiky. – Český kras, 28: 9–12.
- Dvořák L., 2002d. K poznání bezobratlých živočichů Chýnovské jeskyně. Speleo, 36: 7–9.
- Dvořák L., 2015. Měkkýši Českého lesa – V. Malakofauna Dyleňského krasu [Molluscs of the Český Les Mts. – V. Malacofauna of the Dyleňský Kras karst]. – In: Bartoš J., Dvořák L. (eds.), Dyleňský Kras [Dyleňský Kras karst], Městské Muzeum Mariánské Lázně, p. 129–144.
- Dvořák L., Dvořáková K., 2015. Někteří bezobratlí živočichové zaznamenaní v podzemních prostorách Dyleňského krasu [Some invertebrates found in underground shelters of the Dyleňský Kras karst]. – In: Bartoš J., Dvořák L. (eds.), Dyleňský Kras [Dyleňský Kras karst], Městské Muzeum Mariánské Lázně, p. 145–156.

- Gulička J., 1982. Biospeleológia. In: Jakál J. (ed.): Praktická speleológia. Martin, p. 159–189.
- Gulička J., 1985. Pôdna a jaskynná makrofauna krasových pohorí Západných Karpát (I). Slovenský kras, 23: 89–129.
- Hrabě S. (ed.), 1954. Klíč zvířeny ČSR, díl I. Nakladatelství ČSAV, Praha.
- Hrabě S., 1970. Notes on the *Stylodrilus* and *Bythonomus* (Lumbriculidae), Oligochaeta. Spisy Př. Fak., Univ. J. E. Purkyně, 515: 283–309.
- Hromas J. (ed.), 2009. Jeskyně. In: Mackovčin P., Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek XIV. AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 608 pp.
- Kolenati F. A., 1856. Eine neue mährische Nycteribia. Verhandlungen der Kaiserlich-königlichen Zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, 6: 189–190.
- Kolenati F. A., 1858. Zwei neue österreichische Poduriden. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, 29: 241–246, 1 tab.
- Kováč L., Elhottová D., Mock A., Nováková A., Křišťůfek V., Chroňáková A., Lukešová A., Mulec J., Košel V., Papáč V., Luptáčík P., Uhrin M., Višňovská Z., Hudec I., Gaál L., Bella P., 2014. jaskynná biota Slovenska. Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 192 pp.
- Kratochvíl J., Miller F., 1939. *Leptyphantes spelaeomoravicus* n. sp. (Atan.) z jeskyně Býčí skála na Moravě. Sb. Klubu přírodověd., 22: 60–66.
- Laška V., Kopecký O., Růžička V., Mikula J., Vele A., Šrapatka B., Tuf I. H., 2011. Vertical distribution of spiders in soil. Journal of Arachnology, 39(3): 393–398.
- Mlejnek R., Hamet A., Růžička J., 2015. Brouci (Coleoptera) v jeskyních a propastech České Republiky. Beetles (Coleoptera) in caves and chasms of the Czech Republic. Acta Speleologica, 6, 112 pp.
- Mock A., Šašková T., Raschmanová N., Jászay T., Luptáčík P., Rendoš M., Tajovský K., Jászayová A., 2015. An introductory study of subterranean communities of invertebrates in forested talus habitats in southern Slovakia. Acta Soc. Zool. Bohem., 79: 243–256.
- Panoš V., 2001. Karsologická a speleologická terminologie. Knižné centrum Žilina, 352 pp.
- Pižl V., 2008. Jsou žížaly (Oligochaeta, Lumbricidae) pravidelnými či náhodnými obyvateli jaskynních systémů ČR a SR? Acta Carsologica Slovaca, 46: 199–203.
- Pospisil P., 1992. Sampling methods for groundwater animals of unconsolidated sediments. In: Camacho A. I. (ed.), The Natural History of Biospeleology. Museo Nacional de Ciencias Naturales. pp. 107–134.

- Rendoš M., Mock A., Miklisová D., 2016. Terrestrial isopods and myriapods in a forest scree slope: subterranean biodiversity, depth gradient and annual dynamics. *J. Nat. Hist.*, 50: 2129–2142.
- Rusek J., 1972. Die Collembolen-Fauna der Höhlen des Mährischen Karstes. *Věst. Čs. spol. zool.*, 36, 1: 54–72.
- Růžička V., 1982. Modifications to improve the efficiency of pitfall traps. *Newsletter of the British Arachnological Society*, 34: 2–4.
- Růžička V., 1990. The spiders of stony debries. *Acta Zool. Fenica*, 190: 333–337.
- Růžička V., Hajer J. Zacharda M., 1995. Arachnid population patterns in underground cavities of a stony debries field (Araneae, Opiliones, Pseudoscorpionidea, Acari: Prostigmata, Rhagidiidae). *Pedobiologia*, 39: 42–51.
- Růžička V., Mlejnek R., Juříčková L., Tajovský K., Šmilauer P., Zajíček P., 2016. Invertebrates of the Macocha Abyss (Moravian Karst, Czech Republic). *Nevretenčarji brezna Macocha (Moravski kras, Republika Češka)*. *Acta Carsologica*, 45/1: 71–84.
- Růžička V., Šmilauer P., Mlejnek R., 2013. Colonization of subterranean habitats by spiders in Central Europe. *Int. J. Speleol.*, 42(2): 133–140.
- Schlick-Steiner B. C., Steiner F. M., 2000. Eine neue Subterrannfalle und Fänge aus Kärntnen. *Carinthia II*, 190: 475–482.
- Southey J. F. (ed.), 1970. Laboratory methods for work with pland and soil nematodes. London, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Her Majesty's Stationery Office, 148 pp.
- Starý J., 2008. Diversita a rozšíření pancířníků (Acari: Oribatida) v jeskyních České republiky. *Acta Carsologica Slovaca*, 46: 183–195.
- Štěrba O., 1954. Předběžná zpráva o zkoumání korýší fauny vod Macošských jeskyní. *Čs. Kras*, 7/8–10: 181–183.
- Štelcl O., Dvořák J., Příbyl J., Raušer J., Quitt E., Vlček V. (eds.), 1975. Závěrečná zpráva dílčího úkolu č. II – 5 – 1/13a „Průzkum a komplensní vědecký výzkum jeskyní vázaných na podzemní Punkvu a jejich ekonomické využití“. Geografický ústav Českoslovesnké akademie věd v Brně, Brno, dubě-květen 1975, 419 pp. (rukopis, nepublikováno).
- Tajovský K., Mlejnek R., 2007. Nález nových druhů troglafilních mnohonožek. *Ochrana přírody*, 62: 19–20.
- Tajovský K., Mlejnek R., 2015. Suchozemští stejnonožci (Oniscidea) v jeskyních České republiky. *Ochrana přírody*, 70: 6–9.
- Tajovský K., Starý J., Čuchta P., Pižl V., 2016. Výskyt a stav populací vybraných terestrických bezobratlých živočichů mokřadu mezinárodního významu Podzemní Punkva.

- Závěrečná zpráva pro Beleco, z. s., ÚPB BC AV ČR v.v.i. České Budějovice, leden 2016, 88 pp. (rukopis, nepublikováno).
- Tajovský K., Tuf I. H., Papáč V., Růžička V., Mlejnek R., 2013. Bezobratlí živočichové Zbrašovských aragonitových jeskyní. In: Šimečková B., Geršl M. (Eds.): Zbrašovské aragonitové jeskyně. 100. výročí objevení. Acta Speleologica, 4/2013: 82–85.
- Tuf I. H., Tajovský K., Mikula J., Laška V., Mlejnek R., 2008. Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) in and around Zbrašov Aragonit Caves (Czech Republic). In: Zimmer M., Charfi Cheikhrouha F., Taiti S. (eds.): Proceedings of the International Symposium on Terrestrial Isopod Biology – ISTIB-07: 39–42.
- Uličný, J., 1883. Bericht über bei Brünn gesammelte Myriopoden. Verh. naturf. Ver. Brünn 22: 17–21.
- Vališ, J., 1902. Příspěvky k poznání moravské myriopodofauny (stonožky) [Contributions to the knowledge of the Moravian myriapod fauna]. Čas. Vlast. spol. mus. v Olomouci 19(73): 20–27.
- Vaňura J., 1943. *Niphargus tatrensis* z podzemních vod Moravského krasu. Příroda, 35(6): 136–145.
- Wankel J., 1856. Über die Fauna der mährischen Höhlen. Schr. Zool.-botan.Ver., Abh., 6: 467–470.
- Wankel H., 1860. Beiträge zur Fauna der mährischen Höhlen. Lotos, 10: 201–206.
- Wankel H., 1861. Beiträge zur österreichischen Grotten-Fauna. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 43: 251–264, 4 tab.
- Willmann C., 1954. Mährische Acari hauptsächlich aus dem Gebiete des Mährischen Karstes gesammelt von Prof. Dr K. Absolon, Brno (Grundstock zu einer Acarofauna Mährens). Československá parasitologie, 1: 213–272.
- Zacharda M., 1978. Terrestrial prostigmatic mites from the Amateurs' Cave, the Moravian Kars, Czechoslovakia. Věst. Čs. spol. zool., 42, 3: 215–240.
- Zajonc I., 1958. Příspěvek k poznání žížal Brněnského kraje (Oligochaeta, Lumbricidae). Věst. Čs. spol. zool., 22: 59–70.