

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



**Bc. Ondřej Mikulka**

VYHODNOCENÍ EMERGENCE VYBRANÝCH DRUHŮ ČELEDI  
NEMOURIDAE (PLECOPTERA)

Diplomová práce

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Hydrobiologie

Forma studia: prezenční

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

Termín odevzdání práce: 10. 5. 2015

Olomouc 2015



**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracoval samostatně za použití citované literatury.

V Olomouci 25. dubna 2015

.....

Podpis:

**Poděkování:**

Rád bych věnoval poděkování RNDr. Vladimíru Uvírovi, Dr. a Mgr. Bronislavě Janíčkové, MBA za cenné rady, konzultace a v neposlední řadě za podporu při psaní této diplomové práce.

## Bibliografická identifikace

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Ondřej Mikulka  
**Název práce:** VYHODNOCENÍ EMERGENCE VYBRANÝCH DRUHŮ  
ČELEDI NEMOURIDAE (PLECOPTERA)  
**Typ práce:** diplomová práce  
**Pracoviště:** Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, PřF UP v Olomouci  
**Vedoucí práce:** RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.  
**Rok obhajoby práce:** 2015

### Abstrakt:

V této diplomové práci byl vyhodnocen průběh emergence ve dvou pastech, její intenzita, pohlavní synchronizace emergence, poměr pohlaví a časový průběh v závislosti na teplotě vody, vzduchu a výšce hladiny. Vyhodnocení byla provedena u druhů *Amphinemura sulcicollis* a *Nemoura minima*, které byly odchytávány do dvou emergenčních pastí (trvale zaplavené a periodicky zaplavované) na alpském potoce Oberer Seebach (Lunz am See, Rakousko) v průběhu let 1982 – 1987 v rámci projektu „RITRODAT – LUNZ“. V práci byl zjištěn vliv vodní hladiny na emergenci. Ovlivnění emergence teplotou nelze spolehlivě potvrdit. Poměr pohlaví a synchronizace druhů nebyla významně vychýlena a ani ovlivněna abiotickými faktory.

**Klíčová slova:** pošvatky, Nemouridae, životní cyklus, emergence

## **Bibliographical identification**

**Autor's first name and surname:** Bc. Ondřej Mikulka  
**Title:** The evaluation of the emergence of the selected species of the family Nemouridae (Plecoptera)  
**Type of thesis:** master's thesis  
**Department:** Department of Zoology and Laboratory of Ornithology, Faculty of Science, Palacký Univerzity Olomouc  
**Supervisor:** RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.  
**The year of presentation:** 2015

### **Abstract:**

In this master's thesis was evaluated the intensity, timing and sexual synchronization of emergence in two emergence traps. This data was assessed the on the water temperature, air temperature and water level. These evaluation was conducted on the species *Amphinemura sulcicollis* and *Nemoura minima*, that were captured into two emergence traps (permanently flooded and periodically flooded) in the alpine stream Oberer Seebach (Lunz am See, Austria) during the years 1982-1987 within the project "RITRODAT-LUNZ". It has been found direct influence water levels on emergence. The effect of temperature on emergence can not be reliably confirmed. The sex ratio and synchronization of species was with no deflection from the norm and neither it was not influenced by abiotic factors.

**Keywords:** stoneflies, Nemouridae, life cycle, emergence

# Obsah

Seznam obrázků, tabulek, grafů.....	vii
Úvod.....	1
1 Cíle práce.....	2
2 Úvod do problematiky.....	3
2.1 Životní cyklus pošvatek.....	3
2.2 Emergence.....	5
2.3 Základní charakteristika vybraných druhů.....	6
3 Popis lokality.....	9
4 Metodika.....	11
4.1 Vzorkování emergence .....	13
4.1.1 Emergenční pasti.....	14
4.1.2 Fixace a uchování vzorků .....	15
4.2 Determinace jedinců.....	16
4.3 Měření hydrometeorologických dat.....	18
4.4 Zpracování dat .....	19
5 Výsledky.....	21
5.1 Faktory prostředí .....	21
5.2 Emergence dospělců čeledi Nemouridae.....	25
5.3 Emergence druhů <i>Nemoura minima</i> a <i>Amphinemura sulcicollis</i> .....	26
5.4 Časový průběh emergence.....	28
5.5 Intenzita emergence.....	32
5.6 Pohlavní synchronizace emergence .....	33
5.7 Poměr pohlaví.....	36
6 Diskuze .....	37
Seznam literatury.....	42

## Seznam obrázků, tabulek, grafů

Obrázek 1:	Životní cyklus pošvatek .....	4
Obrázek 2:	<i>Amphinemura sulcicollis</i> .....	8
Obrázek 3:	<i>Nemoura minima</i> .....	8
Obrázek 4:	Mapa oblasti s vyznačením potoka Seebach .....	10
Obrázek 5:	Pohled na potok Seebach .....	10
Obrázek 6:	Biologická stanice Lunz am See .....	12
Obrázek 7:	Výzkumná plocha na potoce Seebach .....	12
Obrázek 8:	Plán studijní plochy Oberer Seebach s vyznačením umístění pastí A a B .....	13
Obrázek 9:	Emergenční past pro odchyt dospělců .....	14
Obrázek 10:	Schéma nádoby na zachycení hmyzu .....	15
Obrázek 11:	Vzorky připravené k determinaci .....	16
Obrázek 12:	Porovnání kreseb křídelní žilnatiny u vybraných čeledí .....	17
Obrázek 13:	Porovnání kreseb kopulačních orgánů u druhů čeledi Nemouridae .....	17
Obrázek 14:	Srovnání fotografií kopulačních orgánů druhů <i>Amphinemura sulcicollis</i> a <i>Nemoura minima</i> .....	18
Obrázek 15:	Meteorologické oddělení při biologické stanici v Lunz am See .....	19
Tabulka 1:	Parametry emergence druhu <i>Nemoura minima</i> .....	28
Tabulka 2:	Parametry emergence druhu <i>Amphinemura sulcicollis</i> .....	28
Tabulka 3:	Intenzita emergence u vybraných druhů .....	32
Tabulka 4:	Poměr pohlaví u vybraných druhů .....	36
Graf 1:	Teploty vzduchu v průběhu let 1982 – 1987 .....	22
Graf 2:	Teploty vody v průběhu let 1982 – 1987 .....	23
Graf 3:	Výšky vodní hladiny v průběhu let 1982 – 1987 .....	24
Graf 4:	Sumárních počty odchycených pošvatek v pasti A za celé sledované období 1982 – 1987 .....	25
Graf 5:	Sumárních počty odchycených pošvatek v pasti B za celé sledované období 1982 – 1987 .....	26



Graf 6:	Sumární počty druhů <i>Nemoura minima</i> a <i>Amphinemura sulcicollis</i> v pasti A za sledované období 1982 – 1987 .....	26
Graf 7:	Sumární počty druhů <i>Nemoura minima</i> a <i>Amphinemura sulcicollis</i> v pasti B za sledované období 1982 – 1987 .....	27
Graf 8:	Abundance druhů <i>Nemoura minima</i> a <i>Amphinemura sulcicollis</i> v pasti A v jednotlivých letech 1982 – 1987 .....	27
Graf 9:	Abundance druhů <i>Nemoura minima</i> a <i>Amphinemura sulcicollis</i> v pasti B v jednotlivých letech 1982 – 1987 .....	27
Graf 10:	Průměrná doba emergence vybraných druhů v období 1982 – 1987 .....	29
Graf 11:	Abundance a časový průběh emergence druhu <i>Nemoura minima</i> v trvale zaplavené pasti A .....	30
Graf 12:	Abundance a časový průběh emergence druhu <i>Nemoura minima</i> v periodicky zaplavované pasti B.....	30
Graf 13:	Abundance a časový průběh emergence druhu <i>Amphinemura sulcicollis</i> v trvale zaplavené pasti A .....	31
Graf 14:	Abundance a časový průběh emergence druhu <i>Amphinemura sulcicollis</i> v periodicky zaplavované pasti B .....	31
Graf 15:	Pohlavní synchronizace emergence druhu <i>Nemoura minima</i> v trvale zaplavené pasti A .....	34
Graf 16:	Pohlavní synchronizace emergence druhu <i>Nemoura minima</i> v periodicky zaplavované pasti B .....	34
Graf 17:	Pohlavní synchronizace emergence druhu <i>Amphinemura sulcicollis</i> v trvale zaplavené pasti A .....	35
Graf 18:	Pohlavní synchronizace emergence druhu <i>Amphinemura sulcicollis</i> v periodicky zaplavované pasti B.....	35

# Úvod

Voda, včetně vodního prostředí, je jednou z nejdůležitějších složek ekosystémů na Zemi. Kvalita vody, ať už v oceánech nebo kontinentálních ekosystémech, je ovlivňována řadou různých faktorů prostředí. Na změny v tekoucích vodách velmi citlivě reagují bioindikační skupiny. Jednu z těchto skupin představují pošvatky (Plecoptera), které na změny faktorů v prostředí reagují mimo jiné i změnami ve svých vývojových cyklech – časovým průběhem doby rozmnožování, kladením vajíček nebo posunem emergence v čase.

Hlavním faktorem, ovlivňujícím životní cyklus, je teplota vody. Teplota ovlivňuje vývoj hmyzu přímo, ale rovněž má vliv i na množství rozpuštěného kyslíku ve vodách, hydrologické podmínky, dostupnost potravy atd. Z tohoto důvodu se sledují změny v nástupu emergencí prvotně ve vztahu k teplotě.

Diplomová práce je zaměřena na životní cyklus a emergenci dominantních druhů čeledi Nemouridae. Emergence je velmi citlivou fází životního cyklu, kdy mimo vodní prostředí dochází k svlékání larvy a vzniku dospělého, za značné spotřeby energie. Důležité je hodnotit jednotlivé druhy s ohledem na jejich ekologické nároky.

Samotnou emergenci ovlivňuje, vedle teploty, řada dalších faktorů. Některé druhy preferují k emergenci vodní hladinu (vylétávají přímo z proudnice či volné vody), jiné vyhledávají pevný substrát (břehový porost, štěrkový náplav).

# 1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je zhodnotit poměr pohlaví, intenzitu, časový průběh a pohlavní synchronizaci emergence druhů *Amphinemura sulcicollis* a *Nemoura minima*, které byly odchytávány do emergenčních pastí v alpském potoce Oberer Seebach v Rakousku v průběhu let 1982 – 1987 a její závislost na teplotě vody, teplotě vzduchu a výšce vodní hladiny. Dalším cílem je zhodnocení preference substrátu pro výlet dospělců jednotlivých druhů a přispění tak k pochopení životních cyklů pošvatek.

## Hypotézy

- Vyšší teplota vody urychluje nástup emergence
- Poměr pohlaví bude 1:1
- Samci i samice druhů *Nemoura minima* i *Amphinemura sulcicollis* emergují synchronizovaně
- Výška vodní hladiny ovlivňuje nástup emergence
- Nástup a průběh emergence se liší mezi zaplavenou a nezaplavenou pastí

## 2 Úvod do problematiky

Pošvatky jsou kosmopolitně rozšířeným řádem, který je jednou z nejstarších linií neopterního hmyzu na Zemi (ZWICK 2000). V současnosti tato skupina čítá více než 3500 druhů (WEISS et al. 2012), přičemž každoročně bývá popsáno několik nových druhů.

V Evropě je potvrzeno 600 druhů ze 7 čeledí: Capnidae, Chloroperlidae, Leuctridae, Nemouridae, Perlidae, Perlodidae, Taeniopterygidae (GRAF et al. 2009). Všechny tyto čeledi jsou rovněž zastoupeny v alpském potoce Oberer Seebach.

Pošvatky jsou živočichové s velmi úzkou ekologickou valencí k faktorům prostředí. Jsou vázány na studené, tekoucí, čisté vody. Díky těmto charakteristikám jsou ideální skupinou k hodnocení změn podmínek prostředí. Společně s jepicemi (Ephemeroptera) a chrostíky (Trichoptera) jsou využívány jako bioindikační skupiny (TOMANOVA & TEDESCO 2007).

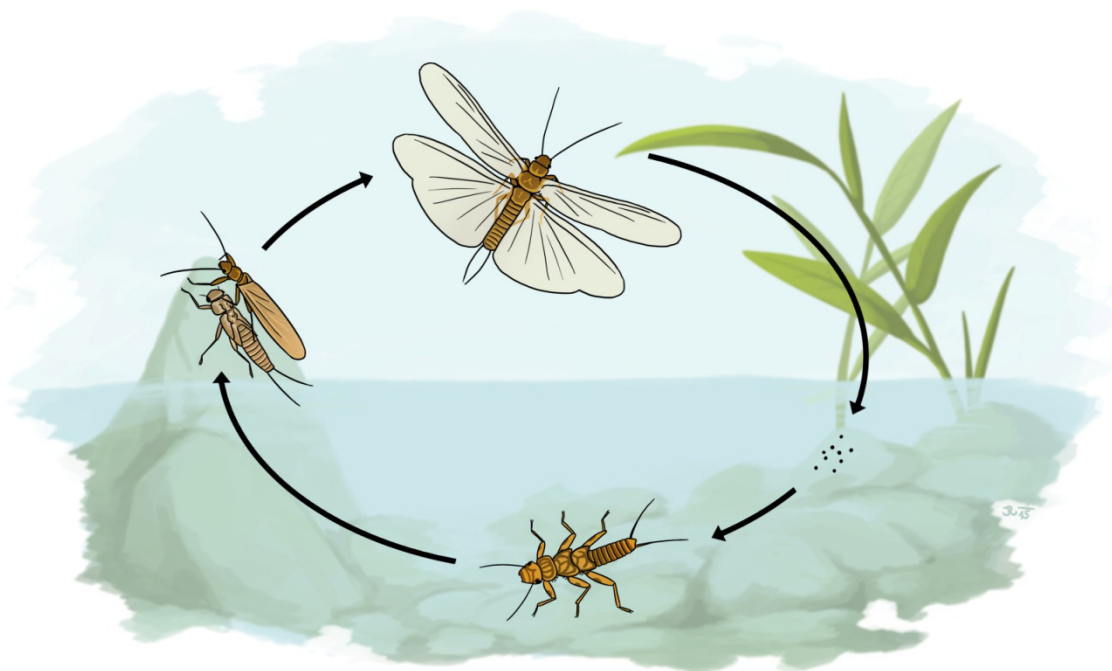
### 2.1 Životní cyklus pošvatek

Pošvatky jsou jednou ze skupin hmyzu, která má velmi krátké životní období dospělce a dlouhé larvální stádium. Imaga žijí po dobu několika dní až týdnů, během níž dochází pouze ke kopulaci a kladení vajíček (**Obr. 1**). Většina dospělců má zakrnělé ústní ústrojí a nepřijímá potravu. Existují ovšem i výjimky, kdy je dospělec býložravý a přijímá rostlinné šťávy. Migrace dospělců není nijak významná, většinou se zdržují kolem vody. K páření dochází vždy na pevném povrchu, nikoli v letu jako je tomu u jepic. Dle hypotézy (BRITAIN 1990) se díky tomuto způsobu kopulace dokázali pošvatky rozšířit i do arktických a alpských oblastí, kde je kvůli nízké teplotě znemožněn let hmyzu. Někdy pošvatky vytvářejí tzv. pářící koule (matting balls), kdy několik samečků kopuluje s jednou samicí. Doposud nebylo přesně objasněno, proč k tomuto jevu dochází. TIERNO DE FIGUEROA et al. (2006) tvrdí, že samci se takto snaží vzájemně vytlačit konkurující samce. Samice klade oplozená vajíčka do vody při dosednutí na vodní hladinu, kdy má ponořený zadeček ve vodě nebo za letu odhazuje kulovité snůšky vajíček (SANDBERG & STEWARD 2005). Některé druhy z čeledí Nemouridae a Leuctridae se dokonce ke kladení vajec potápí pod hladinu (LELLÁK et al. 1982). Počet vajíček se odhaduje mezi 100 – 2000, ovšem skupiny jako např. rod *Paragnetina* kladou až 3000 vajíček. Tyto počty a délka inkubace bývají také ovlivněny vnějšími faktory, např. teplotou (BRITAIN et al. 1991).

Z vajíček se líhnou larvy, které jsou nejdelším stádiem života pošvatky. Larvy přijímají potravu a vyvíjejí se ve vodě od 6 měsíců až do 3 let, (BOUCHARD 2004). Délka larválního

stadia je daná podmínkami prostředí, především pak teplotou vody a dostupností potravy (BUTLER 1984; BOTTOVÁ et al. 2013). Larvy nejčastěji obývají dno a hyporeál chladných tekoucích vod (SILVERI et al. 2008; KRUITBOS et al. 2012), kde predují snadno dostupné larvy pakomárů (Chironomidae) a muchniček (Simuliidae) nebo se živí řasovými nárosty (LÓPEZ-RODRÍGUEZ 2010).

Ve vývoji larev platí trend, že čím vyšší teplota a větší množství potravy, tím rychlejší je růst larev. S tím souvisí i délka larválního stádia (BISPO et al. 2002; NOWINSZKY et al. 2010). V temperátních oblastech jsou pošvatky univoltinní (jedna generace ročně, např. *Amphinemura sulcicollis*) nebo semivoltinní (1 generace za 2 až 3 roky, např. *Nemurella pictetii*). V teplých oblastech mohou být multivoltinní (více než jedna generace ročně) (DOBRIN & GIBERSON 2003; SILVERI et al. 2008). V larválním stádiu prochází jedinec několika instary, při nichž se svléká a vytváří novou kutikulu. Průměrný počet instarů se uvádí mezi 12 – 15, ve výjimečných případech až 50 (OBERNDORFER et al. 1977). Počet instarů je ovlivněn jednak vnějšími faktory, ale také velikostí druhu. Platí tvrzení, že čím větší druh, tím více instary prochází (SNELLEN & STEWART 1979; ALBARIÑO & BALSEIRO 1998). Před posledním svlékáním dochází k vývojovému procesu, kterému říkáme emergence.



Obr.1: Životní cyklus pošvatek (Orig. Jana Růžičková, 2015)

## 2.2 Emergence

Emergence je klíčovou fází života pošvatky, která nastává tehdy, když larva vylézá z vody na břeh, vegetaci či vodní hladinu, svléká se a z larvální pokožky a následně vylézá, většinou okřídlené imago (DEWALT et al. 2012).

Pošvatky jsou skupinou hmyzu, která vyžaduje pro energeticky náročný proces emergence optimální podmínky. V situaci, kdy podmínky prostředí nejsou pro daný druh ideální, dochází zpravidla k posunu emergence v čase. Tento proces bývá ovlivněn pH vody (TIXIER & GUEROLD 2005), fotoperiodou (IANNILLI et al. 2002; KOZÁČEKOVÁ et al. 2009), množstvím kyslíku (NAGELL & LARSHAMMAR 1981; CONNOLLY et al. 2004), chemismem vody (LEDGER & HILDREW 2008) a především pak teplotou vody.

Autoři několika odborných publikací potvrzují vliv teploty vody jako nejvýznamnějšího faktoru ovlivňujícího životní cykly (BRITTAIN 1973; WILLIAMS et al. 1995; HAIDEKKER & HERING 2008). V působení teploty na emergenci bylo řadou autorů potvrzeno několik trendů. Tím zřejmě nejzásadnějším je pravidlo, že čím vyšší je teplota, tím rychleji dochází k ukončení larválního stádia a dospělci pak emergují ve větších počtech dříve, tzn., že časový rozptyl je menší a prostorový větší. V takovém případě totiž dochází k rychlému nasbírání denních teplotních stupňů a rychlejšímu dokončení vývoje larvy. Vždy je přitom důležité překonat kritickou teplotu, která je u každého druhu specifická, což potvrzují studie LI et al. (2009 a 2011).

Emergence pošvatek může být opožděna díky strategii přečkání nepříznivého období ve fázi nazývané diapauza. K diapauze dochází v extrémních podmínkách, tj. při teplotách pod bodem mrazu nebo v letním období za vysokých teplot či během období sucha. Tato strategie se uplatňuje ve stádiu vajíček nebo larvy. V obou případech dochází k maximálnímu utlumení vývojových a metabolických aktivit (LILLEHAMMER et al. 1989; ZWICK & HOHMANN 2003). Zajímavým příkladem může být evropský druh *Protonemura intricata*, který může tvořit během roku dvě kohorty (jarní, podzimní), přičemž prochází letní diapauzou ve stádiu vajíčka (KOZÁČEKOVÁ et al. 2009). Ne všechny druhy však mají strategii diapauzy vyvinutou.

U vodního hmyzu byl zjištěn vliv teploty i na poměr pohlaví. Například u chrostíků (Trichoptera) dochází s výkyvy teplot k značně asynchronnímu výletu mezi pohlavími, což pro další rozmnožování může znamenat značný problém (DOBRIN & GIBERSON 2003). Podle dosavadních publikací jsou však pošvatky skupinou, kde tento problém nebyl nijak dramatický.

Poměr pohlaví je vyrovnaný a není ovlivňován teplotou vody (STUMMER 1982; SANDBERG & STEWARD 2005; LI et al. 2011).

Vliv teploty na velikost jedinců v době emergence studovali TIerno DE FIGUEROA & SÁNCHEZ-ORTEGA (2004), kteří tvrdí, že při zvyšující se teplotě je velikost emergujících jedinců menší a naopak.

Kromě teploty má velmi významný vliv na životní cyklus pošvatek také výška vodní hladiny (PUCKRIDGE et al. 1998; PASTUCHOVÁ et al. 2008). Bylo zjištěno, že při odchytu dospělců do emergenčních pastí umístěných v různých částech toku s jinou výškou zatopení, se druhové složení liší. Znamená to, že každý druh preferuje jinou výšku vodní hladiny vhodnou k emergenci a má odlišnou distribuci pro emergenci v příčném profilu toku. Důvodem je různá preference substrátu k emergenci, tzn. vodní hladiny či pevného podkladu (STUMMER 1982). V takovém případě bude sezónní časový průběh výletu dospělého ovlivňovat úhrn srážek a počasí (STEWART & ANDERSON 2010).

KRUITBOS et al. (2012) studovali vliv průtoku na pošvatky v tekoucích vodách mírného pásma severní polokoule. Zjistili, že při kolísání průtoku v korytě dochází rovněž ke změnám v druhovém složení larev pošvatek.

V potaz je třeba brát také extrémní podmínky, zejména velmi vysoký průtok zásobený jarním táním nebo přivalovými srážkami a sucho (STEWART & ANDERSON 2010). V případě sucha dochází k časovému posunu emergence. Jedinci při velmi snížené hladině vody zvolí katastrofický drift, únik do hyporeálu a druhy, u kterých je to možné, pak diapauzu (LÓPEZ-RODRÍGUEZ & TIerno DE FIGUEROA 2006; GRUBBS et al. 2006). Pokud je extrémně zvýšený průtok, lze předpokládat, že larvy budou silným proudem vyplaveny společně se sedimenty do nižších částí toku. Určitou dobu trvá, než dojde ke kolonizaci novými jedinci a často potom dochází ke změně druhového složení (KRUITBOS et al. 2012).

## 2.3 Základní charakteristika vybraných druhů

*Amphinemura sulcicollis* (Obr. 2) je druh pošvatky, běžný prakticky v celé Evropě (KIS 1974; GRAF et al. 2009). V porovnání s dalšími druhy čeledi Nemouridae se jedná o malý druh. Dospělec měří na délku 4 – 7 mm s rozpětím křídel 13 – 18 mm (AUBERT 1959). Jeho výskyt je zaznamenán v různých nadmořských výškách od 400 do 2800 m n. m. (TIerno DE FIGUEROA et al. 2003) a je vázán převážně na chladné tekoucí vody epiritronu a metaritrónu, s teplotou v rozmezí 6 - 13°C, se střední až vysokou rychlostí proudění vody. V porovnání

s jinými druhy má *A. sulcicollis* širší ekologickou valenci, nicméně je tento řazen mezi stenotermní vodní organismy. V teplejší vodě se vyskytuje vzácně (GRAF et al. 2009). Larvy jsou vázány na vody s neutrální až slabě kyselou reakcí (LEDGER & HILDREW 2005). Z hlediska substrátové specifity preferují larvy říční/potoční dno s vodními makrofyty, POM (partikulovanými organickými látkami) a s kameny do 20 cm.

Životní cyklus *A. sulcicollis* je univoltinní s nejintenzivnějším larválním růstem v období podzimu (TIERNO DE FIGUEORA et al. 2009; GRAF et al. 2009). Toto období je pro životní cyklus klíčové. Neočekávané výkyvy hodnot faktorů prostředí mohou ovlivnit životní cyklus časovým posunem emergence (SALTVEIT 1979). Larvální vývoj trvá jeden rok a poté dochází k emergenci v období zpravidla od jara do začátku léta. Dospělci vylétávají déle než dva měsíce v roce (dlouhá perioda) (AUBERT 1959; TIERNO DE FIGUEORA et al. 2009; GRAF et al. 2009).

*Nemoura minima* (Obr. 3) je druhem pošvatky, o kterém je známo podstatně méně informací než v případě příbuzných druhů dané čeledi. Vyskytuje se v Alpách, v pohoří Karpat a v severozápadní části Balkánského poloostrova v nadmořských výškách od 500 do 2000 m n. m. (KIS 1974; GRAF et al. 2009). S délkou těla 4 – 7 mm a rozpětím křídel 12 – 16 mm je nejmenší pošvatkou rodu *Nemoura* (AUBERT 1959). Obývá horní části toku (epiritron, hypokrenon). Oproti *A. sulcicollis* má užší valenci a preferuje teploty vody do 10°C (GRAF et al. 2009). Životní cyklus *N. minima* je univoltinní. K emergenci dochází od května do června a bývá kratší než 2 měsíce (krátká perioda) (AUBERT 1959; GRAF et al. 2009). Proudění preference, substrátová preference a doba nejintenzivnějšího larválního růstu není u tohoto druhu doposud známa.





Obr. 2: *Amphinemura sulcicollis* (vlevo) a Obr. 3: *Nemoura minima* (vpravo) (Foto: Mikulka, 2015)

### 3 Popis lokality

Lokalita odběru vzorků se nachází na horském potoce Oberer Seebach (**Obr. 4**) poblíž obce Lunz am See v Dolním Rakousku (47°51'N, 15°04'E). Tok 1. řádu pramení v nadmořské výšce 1350 m n. m. nedaleko nejvyššího zeměpisného bodu oblasti na vrcholu Kleiner Dürrenstein (1624 m n. m). Potok Oberer Seebach měří 11 km a napájí v dané oblasti tři jezera - horní jezero Obersee, střední jezero Mittersee a dolní Lunzersee, které leží v okrajové části obce Lunz am See. Zde také potok levostranně ústí do řeky Ybbs. (**Obr. 5**).

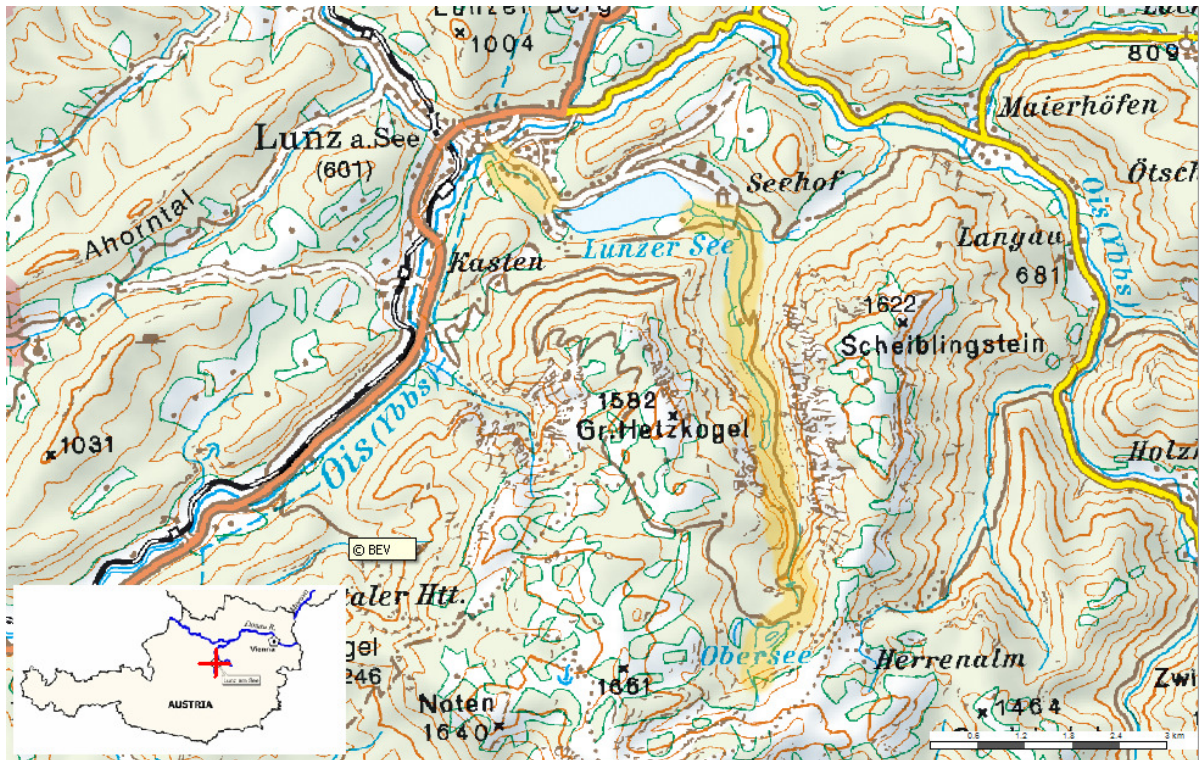
Oblast je situována v severovýchodní části alpského masivu v průměrné nadmořské výšce kolem 950 m n. m. Podloží území je tvořené zejména vápencem (WHITEMAN et al. 2004). Koryto potoka je tvořeno aluviálními štěrky a písky s podložím jemných jezerních sedimentů. Velikost středních zrn se pohybuje mezi 14 – 26 mm (WARINGER 1986). Štěrkový hyporeál toku bývá dobře saturován kyslíkem místy až do hloubky 80 cm. Charakter takového hyporeálu je ideální pro výskyt vodního hmyzu, včetně larev pošvatek, jepic a chrostíků (WAGNER & BRETSCHKO 2002).

Meteorologické parametry odpovídají zeměpisné poloze. Průměrný roční úhrn srážek této oblasti se pohybuje kolem 2200 mm a průměrná roční teplota vzduchu je 6,6°C (WHITEMAN et al. 2004).

Teplota vody toku je ovlivňována spodní vodou, díky čemuž nedochází k nijak výrazným sezónním výkyvům. Hodnota pH se nejčastěji pohybuje v rozmezí hodnot 7 - 9, tedy neutrální až zásadité. K antropogennímu ovlivnění v zájmové lokalitě nedochází (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Plocha povodí potoka je z 85 % tvořena smíšenými lesními porosty s bukem lesním (*Fagus sylvatica*), smrkem ztepilým (*Picea abies*) s příměsí modřínu opadavého (*Larix decidua*) (SCHMID-ARAYA 1994). Příbřežní porosty jsou navíc zastoupeny vrbou jívou (*Salix caprea*), jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*), javorem klenem (*Acer pseudoplatanus*) a lískou obecnou (*Corylus avellana*). Z vodních makrofyt zde dominuje pramenička obecná (*Fontinalis antipyretica*) (WARINGER 1986).

Oživení vod zahrnuje množství vodních bezobratlých (Gammaridae, Chironomidae, Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Nematoda aj.) a také pro tuto oblast několik typických druhů ryb, např. *Cottus gobio* a *Salmo trutta fario* (ADAMICKA 1991; WARINGER 1993).



Obr. 4: Mapa oblasti s vyznačením potoka Seebach (převzato z: Amap online)



Obr. 5: Pohled na potok Seebach (zdroj: archiv Biologische Station, Lunz am See 2003)

## 4 Metodika

Diplomová práce je součástí komplexního výzkumného programu Ritrodat Biologické stanice Lunz am See v Rakousku (**Obr. 6**), který byl zaměřen na dlouhodobé sledování strukturálních a funkčních vztahů v ekosystémech tekoucích vod. Zmíněný projekt, byl zahájen roku 1976 pod vedením prof. Gernota Bretschka a fungoval do roku 2005. Během této doby byly odebírány vzorky, měřeny parametry vody či prováděny různé analýzy s výstupem dat, která slouží jako podklad k dalším studiím (WAGNER & LEICHTFRIED 2003). Výsledky tohoto projektu byly prvním významným zdrojem poznání ekologie tekoucích vod, díky čemuž se stala Biologická stanice v Lunzu světově uznávanou institucí.

Hlavní pozornost byla věnována 100 m dlouhému úseku potoka (**Obr. 7**), kde byly dlouhodobě zaznamenávány hydrometeorologické údaje, odebírány vzorky zoobentosu a emergujícího vodního hmyzu, byly analyzovány sedimenty, biofilmy, morfologie koryta atd. (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Vzorky emergencí, které byly odebírány po dobu 24 let, byly v Limnologickém institutu rakouské AV zpracovány pouze částečně a nedošlo k vyhodnocení vzorků za celé časové období.

V tuto chvíli jsou vzorky umístěny na Univerzitě Palackého v Olomouci a postupně jsou zpracovávány několikačlenným pracovním týmem. Metodiky a pracovní postupy byly osobně konzultovány s Dr. Marií Leichtfried (Lunz am See, Austria) a Prof. Leopoldem Fürederem (University of Innsbruck, Innsbruck, Austria).



Obr. 6: Biologická stanice Lunz am See (zdroj: archiv Biologische Station, Lunz am See 2003)

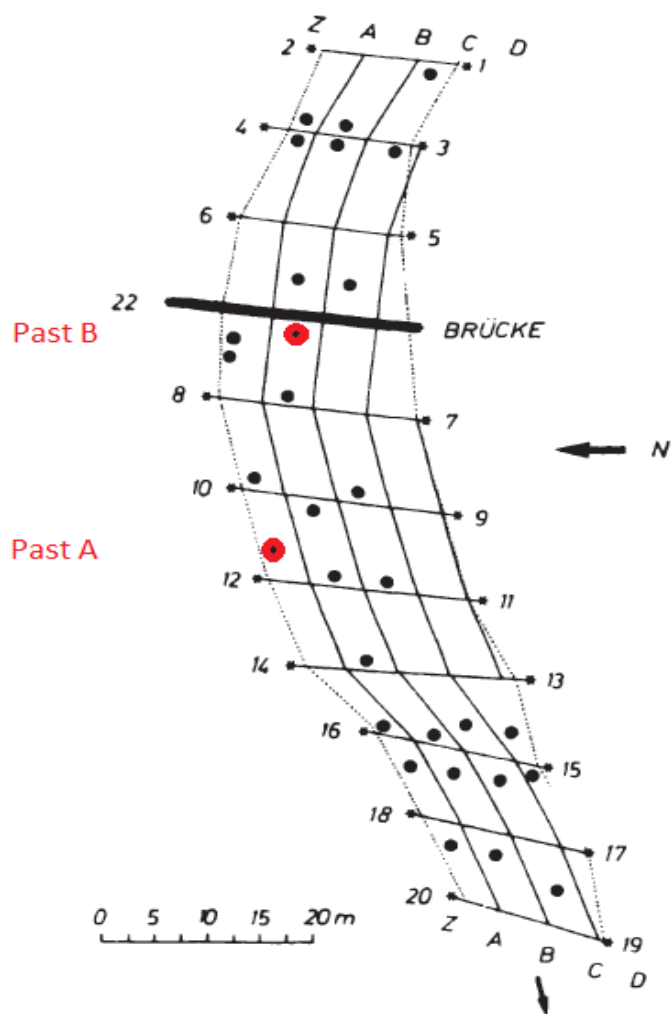


Obr. 7: Výzkumná plocha na potoce Seebach (zdroj: archiv Biologische Station, Lunz am See 2003)

## 4.1 Vzorkování emergence

Vzorky emergujícího hmyzu byly odebírány v rozmezí let 1981 - 2005 (poté ještě sporadicky do roku 2009). Ve 100m úseku potoka bylo rozmístěno 12 – 30 pastí, které byly cíleně instalovány v celé šířce toku, tzn. od hluboké vody, přes mělčiny až na šterkové náplavy, kdy 12 pastí bylo umístěno stabilně po celou dobu. Od roku 2005 byly na lokalitě odběru pouze tři pasti (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Pro tuto diplomovou práci byly vybrány dvě pasti, které byly po celou dobu pevně umístěny v profilu toku. Byla vybrána trvale zaplavená past s označením A a past periodicky zaplavovaná (instalovaná na šterkovém náplavu) s označením B (Obr. 8). Cílem tohoto výběru byla možnost srovnání dvou prostředí s odlišnými faktory.



Obr. 8: Plán studijní plochy Oberer Seebach s vyznačením umístění pastí A a B (převzato z: STUMMER 1982, upraveno: Mikulka, 2015)

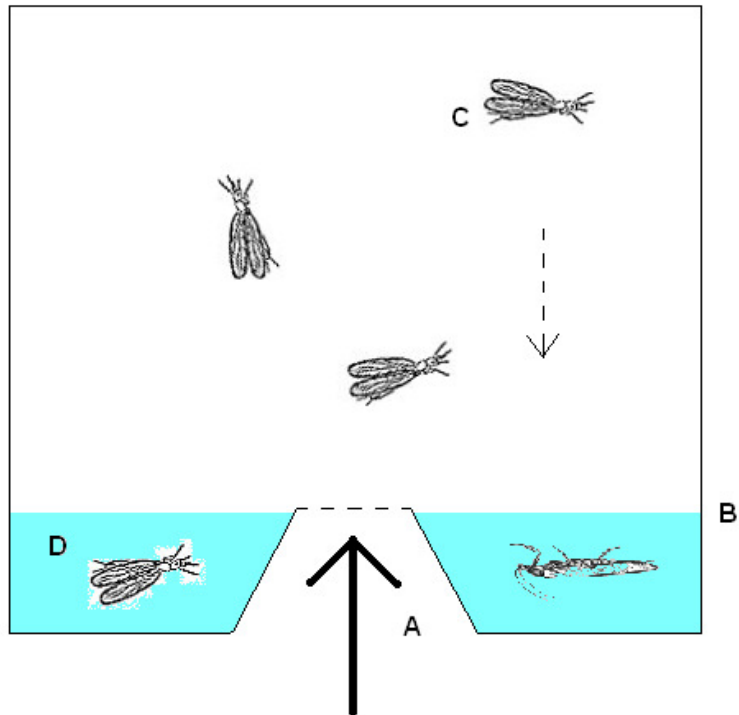
#### 4.1.1 Emergenční pasti

Pro odchyt vylétajících dospělců byly použity pyramidové emergenční pasti (**Obr. 9**). Konstrukce je složena z masivního kovového rámu, síťovitých stěn a nádoby pro zachycení vylétávajícího hmyzu, otevřené dno přiléhá na šterkovitý říční substrát. Použité pasti mají podstavu tvaru rovnoramenného trojúhelníku o rozměrech 54x54x40, přičemž pokrývají plochu 1000 cm<sup>2</sup> říčního dna. Celá past je velmi robustní a těžká, protože musí odolávat silnému proudu při přívalech vody. Navíc každá past bývá pevně upevněna k podkladu kolíky.

Při emergenci vylézají larvy z hyporeálu či dna na vnitřní stěnu pasti, kde se svlékají a vlétávají otvorem do nádoby s ethylenglykolem, ve kterém dojde k usmrcení a fixaci (STUMMER 1980) (**Obr. 10**).



Obr. 9: Emergenční past pro odchyt dospělců (zdroj: archiv Biologische Station, Lunz am See 2003, upraveno: Mikulka, 2015)



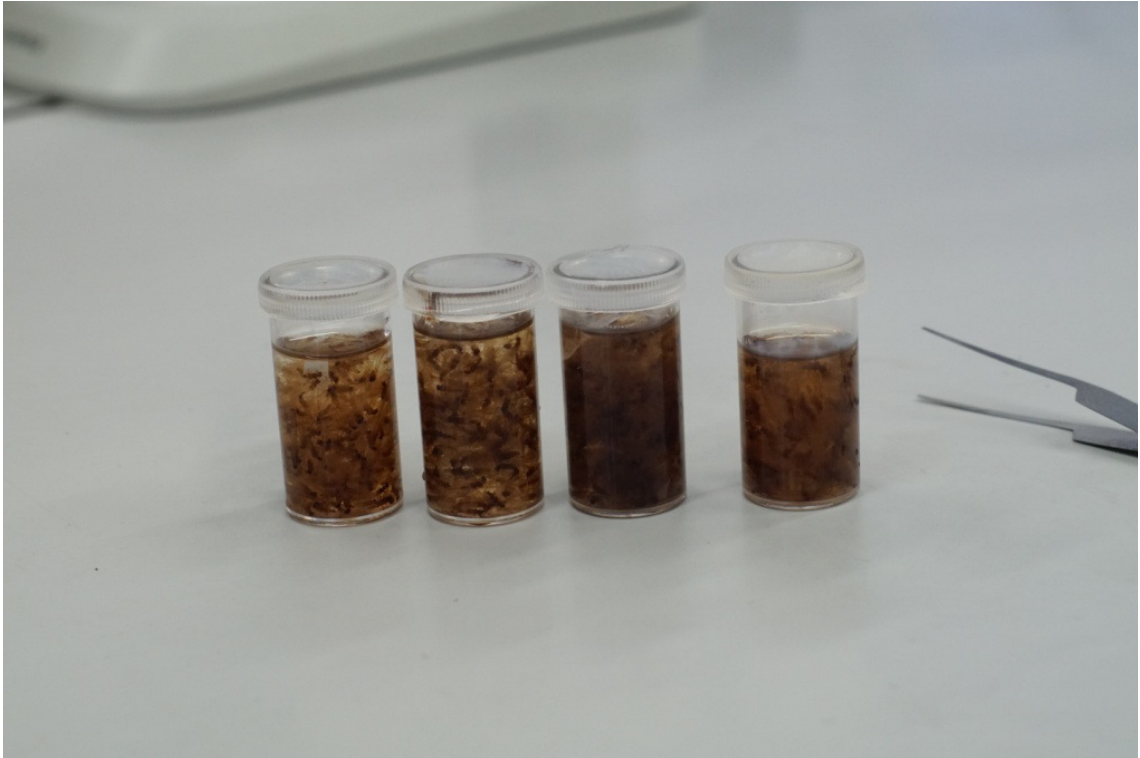
Obr. 10: Schéma nádoby na zachycení hmyzu (Mikulka 2015)

(A – vletový otvor, B – hladina ethylenglykolu, C – živí dospělci uvnitř nádoby, D – usmrcení a fixování dospělci)

#### 4.1.2 Fixace a uchování vzorků

Hmyz zafixovaný v nádobách emergenčních pastí byl periodicky odbírán a převážen do laboratoře. Zde byl materiál přemístěn do skleněných epruvet se 70% etanolem. Každá epruveta byla opatřena datem odběru a číselným označením pasti (ve formátu např.: 15D3/3-1995-07-26). Takto uložené vzorky byly v průběhu let doplňovány etanolem (**Obr. 11**).



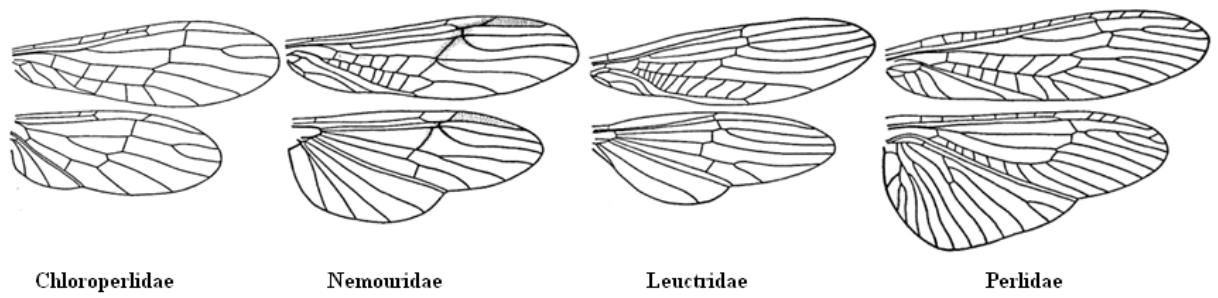


Obr. 11: Vzorky připravené k determinaci (Foto: Mikulka, 2015)

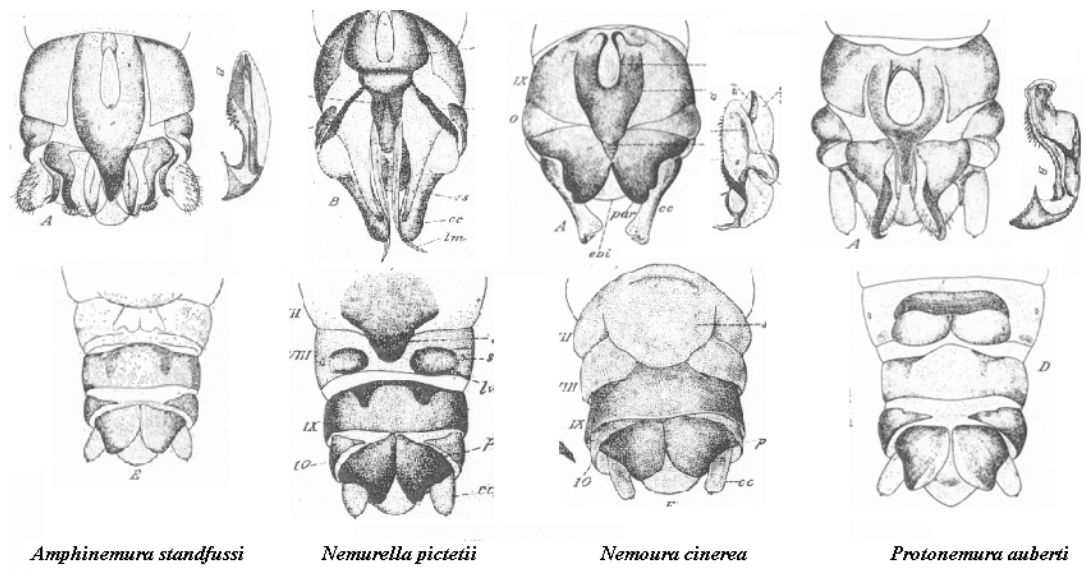
## 4.2 Determinace jedinců

Determinace vzorků probíhala v několika na sebe navazujících etapách. V první fázi jsme společně v týmu třídili jednotlivé vzorky do řádů. Ve druhé fázi jsme ve dvojici s kolegyní Féherovou roztřídili pošvatky (Plecoptera) do čeledí, následně jsem samostatně determinoval pošvatky čeledi Nemouridae na co nejnižší možnou taxonomickou úroveň.

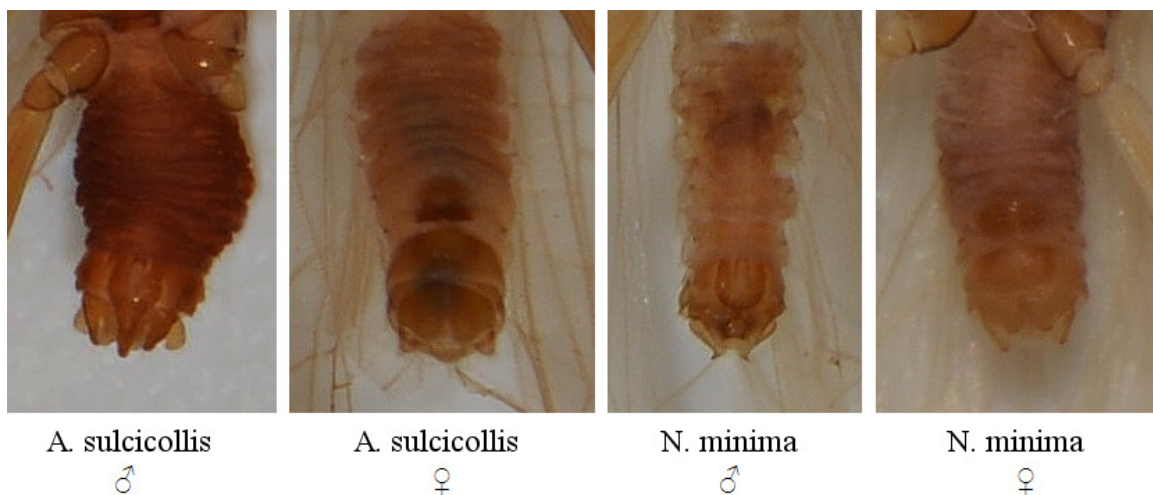
Determinace pošvatek spočívala v zařazení do čeledí podle křídlení žilnatiny (**Obr. 12**). Do druhů se dospělci určují dle tvaru samčích a samičích kopulačních orgánů (**Obr. 13, Obr. 14**) (AUBERT 1959; KIS 1974). Pro mikroskopickou determinaci byly použity binokulární lupy Arsenal Bino SZP 3302 zoom 6.3-50x a Zeiss Mikroskop Stemi DV4. Determinovaní jedinci byli uloženi k případnému srovnání do plastových mikropipet se 70% etanolem. Výsledky determinace byly konzultovány s Dr. Jindřiškou Bojkovou z Ústavu botaniky a zoologie, PřF MU v Brně.



Obr. 12: Porovnání kreseb křídelní žilnatiny u vybraných čeledí (převzato z: AUBERT 1959)



Obr. 13: Porovnání kreseb kopulačních orgánů u druhů čeledi Nemouridae (převzato z: KIS 1974)



Obr. 14: Srovnání fotografií kopulačních orgánů druhů *Amphinemura sulcicollis* a *Nemoura minima* (Foto: Mikulka, 2015)

### 4.3 Měření hydrometeorologických dat

Po dobu vzorkování emergence byla rovněž měřena hydrometeorologická data. Základními měřenými daty byla teplota vzduchu, teplota vody a stav vodní hladiny. Tyto parametry byly měřeny pro celou výzkumnou plochu Oberer Seebach, nikoliv pro každou past samostatně.

Teplota vzduchu byla měřena třikrát denně v časech 7:00, 14:00 a 21:00, přičemž v grafu jsou zaneseny střední hodnoty daného dne. Teplota vody byla měřena každý den jednorázově pro celý rok. Hodnoty stavu vodní hladiny nejsou k dispozici pro každý den sledovaného období, ale pro dny, ve kterých docházelo k vybírání emergenčních pastí.



Obr. 15: Meteorologické oddělení při Biologické stanici v Lunz am See (zdroj: archiv Biologische Station, Lunz am See 2003)

#### 4.4 Zpracování dat

Z dostupných dat byly vyhodnoceny abiotické faktory, intenzita emergence, časový průběh, poměr pohlaví, synchronizace za období let 1982 – 1987.

Mezi abiotické faktory, které byly hodnoceny, patří: teplota vzduchu, teplota vody a výška vodní hladiny. Tyto parametry byly graficky vyjádřeny za celé šestileté období. Do grafu teploty vzduchu byly vyneseny hodnoty mediánu každého dne v průběhu sledovaného období a do grafu teploty vody jednorázové hodnoty každého dne v průběhu sledovaného období. Zatímco do grafu výšky hladiny byly zaneseny hodnoty pouze ze dnů, ve kterých docházelo k odběru.

Počty odchycených jedinců byly přepočítány na  $1 \text{ m}^2$ . Plocha pasti zaujímá obsah  $0,1 \text{ m}^2$ , pro převedení na  $1 \text{ m}^2$  byly všechny hodnoty vynásobeny 10 x.

Intenzita emergence byla vyhodnocena u vybraných druhů dle metodiky Waringera (1986) jako procento času z celkové doby trvání emergence, za které emerguje 50 % jedinců. Hodnota blízká 0 % znamená, že k emergenci poloviny jedinců dochází na počátku doby emergence a naopak hodnota blízká 100 % vyjadřuje, že polovina jedinců emerguje na konci celkové doby emergence.

Časový průběh emergence byl hodnocen, jako průměrné období v roce, ve kterém dochází k emergenci v rámci let 1982 – 1987. Rovněž byl hodnocen průměrný počátek emergence vzhledem k teplotním faktorům. Časový průběh emergence a abundance emergujících jedinců v jednotlivých letech byl vyjádřen graficky jako hodnota součtu dospělců ve 14denních intervalech v rámci sledovaného období. Tato vyhodnocení byla provedena u vybraných druhů obou pastí.

Poměr pohlaví je vyjádřen jako procentuální zastoupení samců u vybraných druhů obou pastí. Hodnoty jsou vyjádřeny za jednotlivé roky a průměr za celé časové období let 1982 – 1987.

Vzorec pro výpočet procentuálního zastoupení samců:

$$P = \frac{m}{(m + w)} \times 100$$

$m$  -  $\Sigma$  samci,  $w$  -  $\Sigma$  samice

Synchronizace byla graficky vyjádřena jako procentuální zastoupení emergence samců a samic vybraných druhů pastí A a B v čase. Jednotlivé výsledky byly porovnávány a bylo zjišťováno, zda jsou výlety synchronizované či asynchronní. Synchronizovaným výletem se rozumí společný výlet samců a samic ve stejném časovém období.

Zhodnocení nástupu a průběhu emergence vybraných druhů v zaplavené pasti A a periodicky zaplavované pasti B bylo prováděno jako porovnání abundance a doby trvání emergence vzhledem k umístění a zaplavení pasti. Cílem bylo zjistit, jaká je laterální distribuce daného druhu v toku a zda druhy preferují různou výšku vodní hladiny.

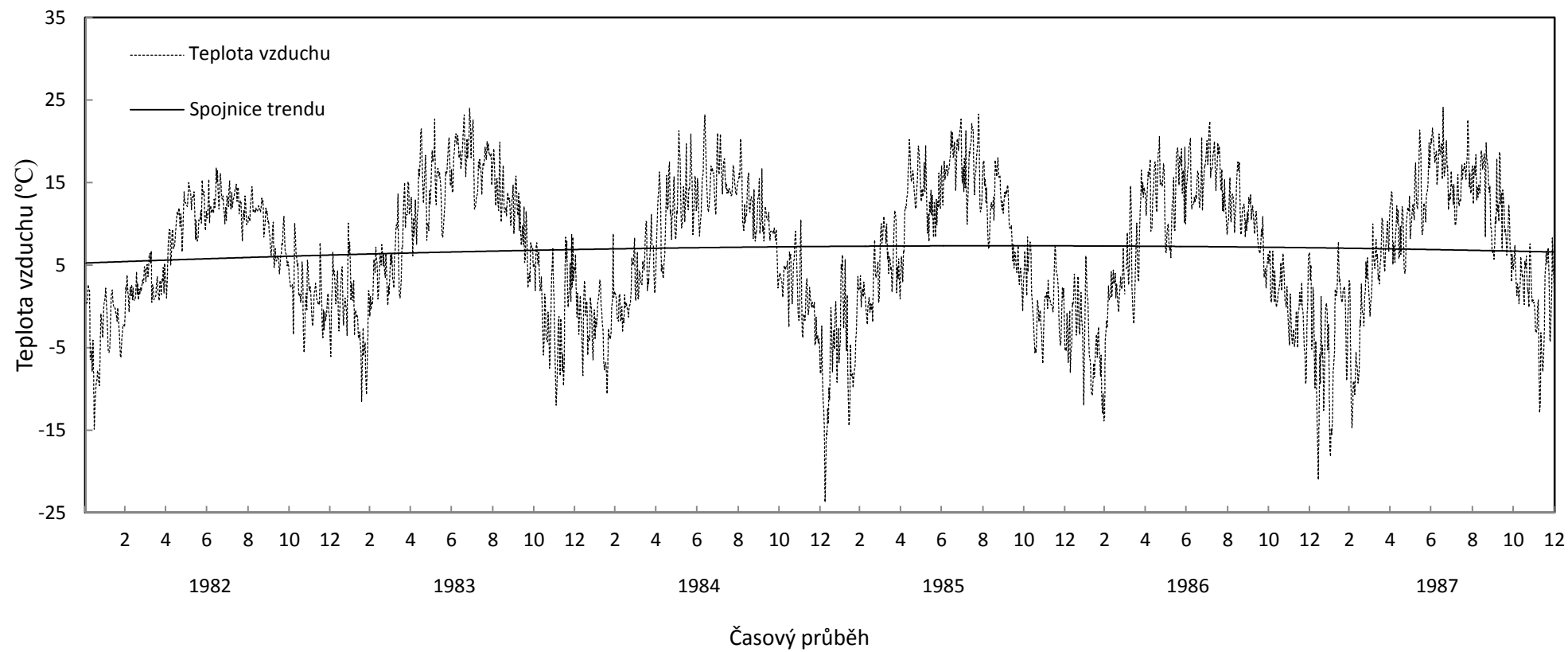
## 5 Výsledky

### 5.1 Faktory prostředí

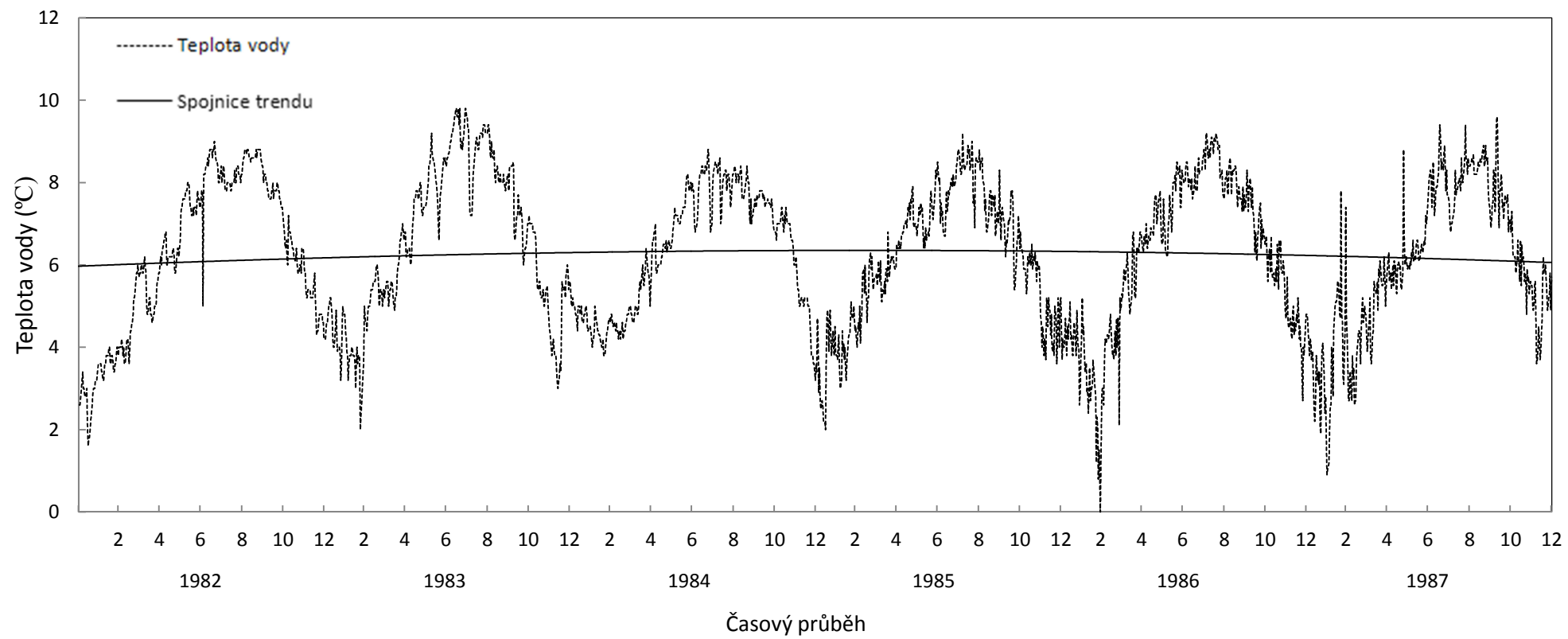
Teplota vzduchu (**Graf 1**) se pohybovala v rozmezí hodnot od  $-23,7^{\circ}\text{C}$  do  $24^{\circ}\text{C}$ . Nejteplejším rokem byl rok 1983 s průměrnou teplotou  $8,23^{\circ}\text{C}$ , naopak nejchladnějším byl rok 1982 s průměrnou teplotou  $5,54^{\circ}\text{C}$ .

Naměřené hodnoty teploty vody se pohybovaly v rozmezí od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $9,8^{\circ}\text{C}$  (**Graf 2**). Nejnížší průměrná roční teplota vody  $6,01^{\circ}\text{C}$  byla naměřena v roce 1987. Nejvyšší průměrná roční teplota vody  $6,55^{\circ}\text{C}$  byla stejně jako u teploty vzduchu, naměřena v roce 1983.

Vysoký vodní stav nastával periodicky v období jara, naopak nejnižší hodnoty byly pravidelně naměřeny na konci podzimu a v zimě (**Graf 3**). Stav vodní hladiny ovlivňuje zaplavení pastí, které jsou umístěny v toku. Past A byla umístěna níže v proudnici a byla zaplavená po celé časové období. Past B byla položena výše a k zaplavení docházelo pouze periodicky, nejčastěji v jarních měsících (duben - červen).

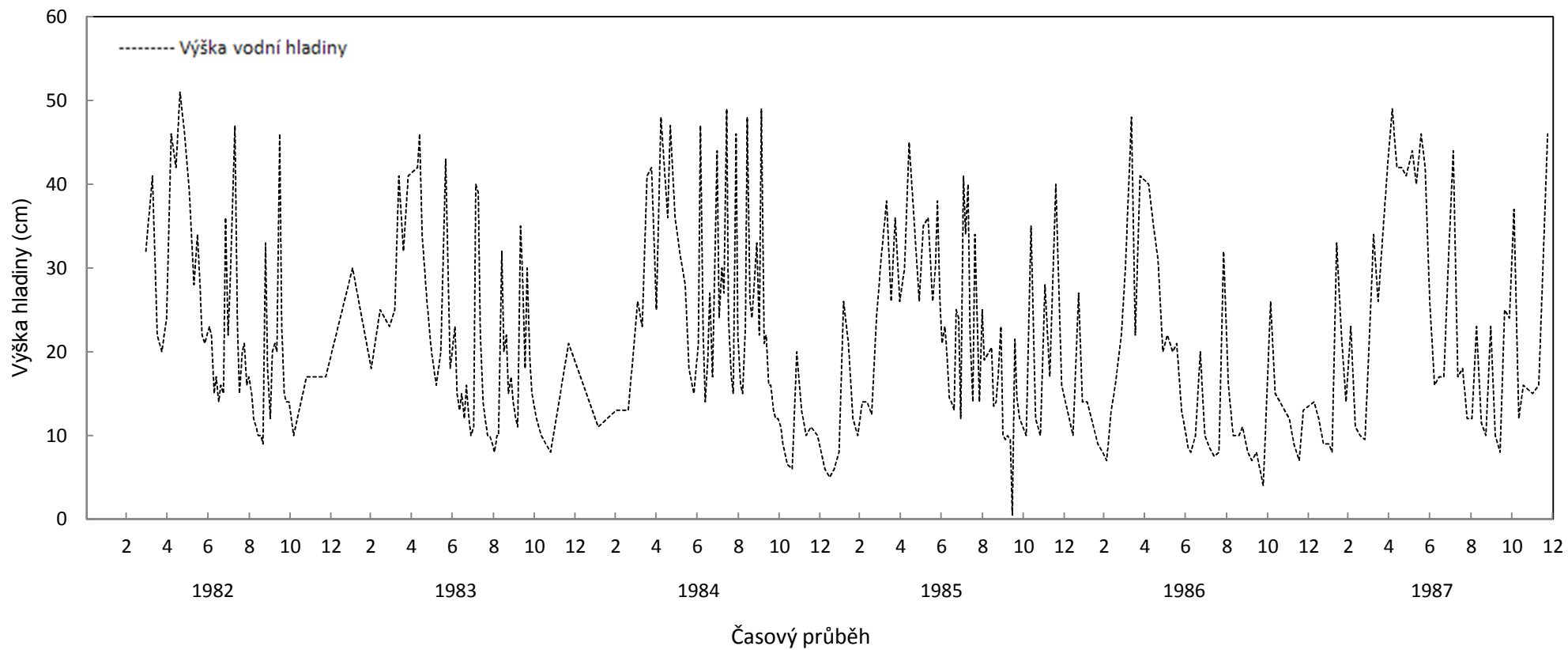


Graf 1: Teploty vzduchu v průběhu let 1982 – 1987



Graf 2: Teploty vody v průběhu let 1982 – 1987



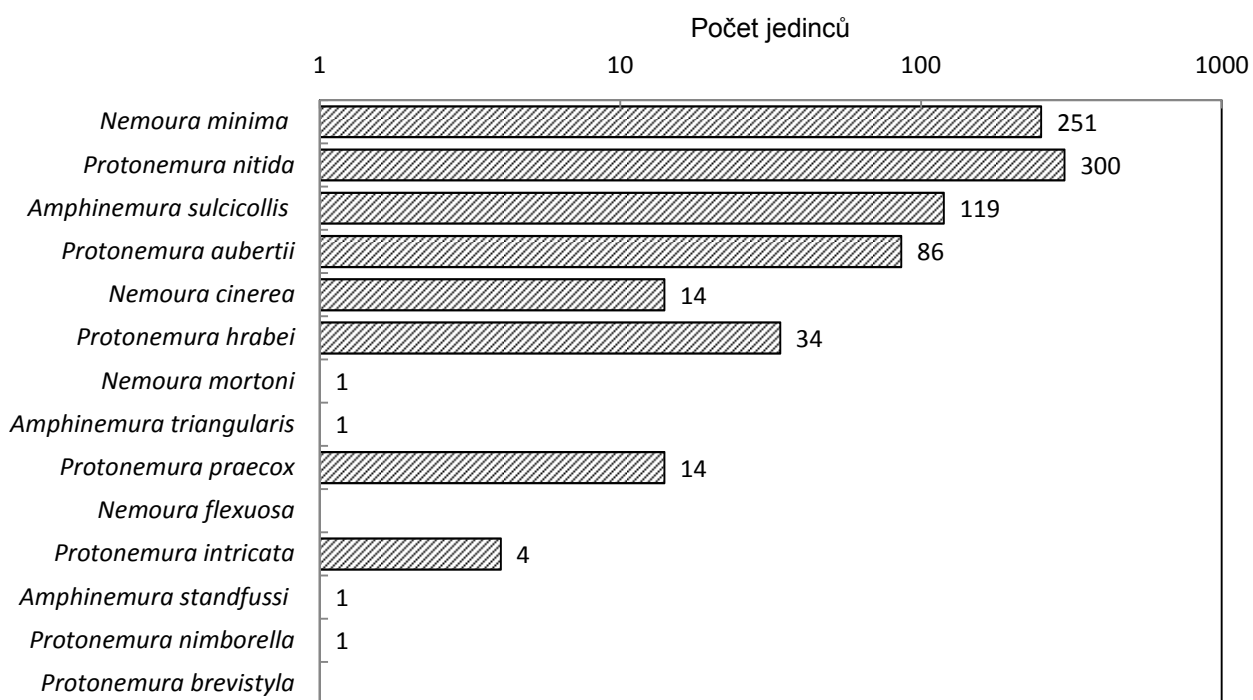


Graf. 3: Výšky vodní hladiny v průběhu let 1982 – 1987

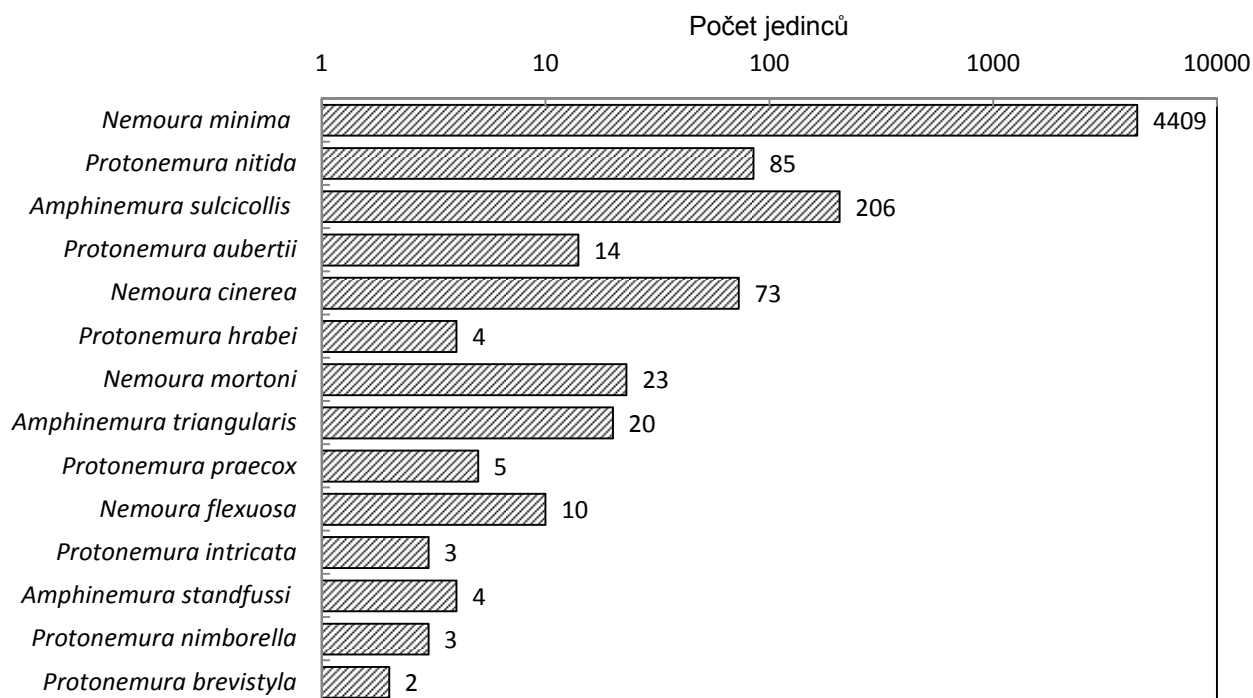
## 5.2 Emergence dospělců čeledi Nemouridae

V průběhu celého sledovaného období 1982 – 1987 bylo ve dvou emergenčních pastech zachyceno celkem 14 druhů. V zaplavené pasti (A) bylo zachyceno celkem 12 druhů s celkovým počtem 826 jedinců a v periodicky zaplavované pasti (B) 14 druhů s celkovým počtem 4 861 jedinců. V obou pastech byly dominantními druhy *Nemoura minima*, *Protonemura nitida* a *Amphinemura sulcicollis*.

Sumární počty jednotlivých druhů se v obou pastech značně liší, jejich hodnoty jsou uvedeny v **grafech 4 a 5**.



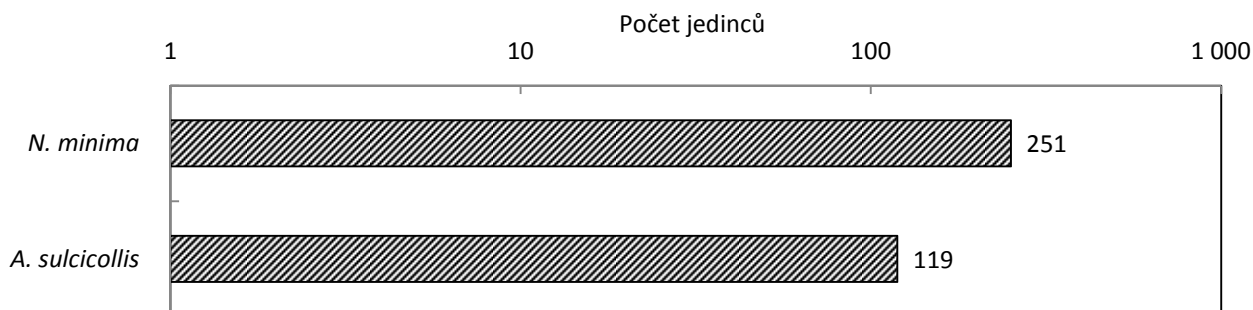
Graf 4: Sumární počty odchytených pošvatek v pasti A za celé sledované období 1982 - 1987



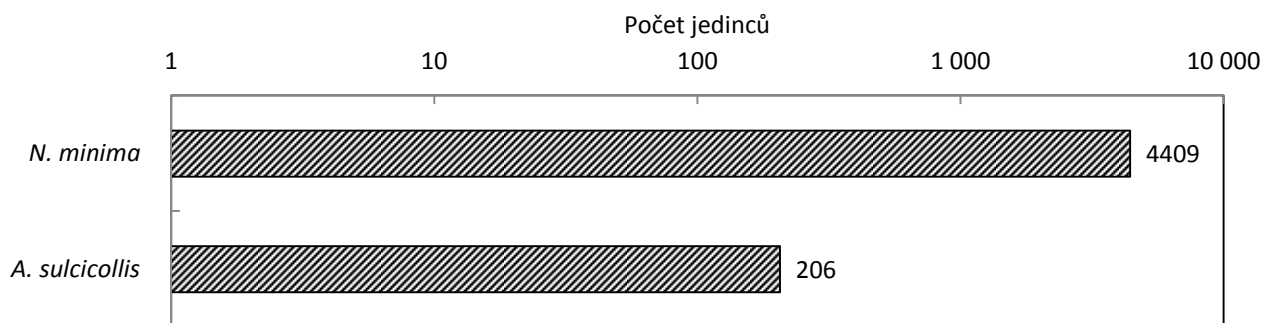
Graf 5: Sumární počty odchytených pošvatek v pasti B za celé sledované období 1982 - 1987

### 5.3 Emergence druhů *Nemoura minima* a *Amphinemura sulcicollis*

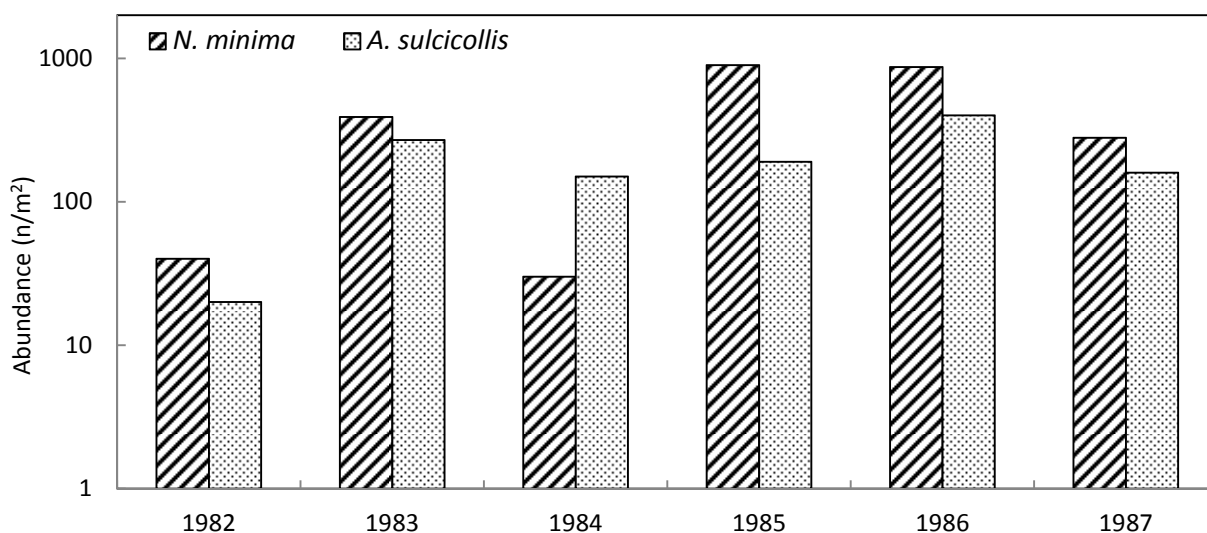
Za celé sledované období bylo v obou pastech odchyteno 4 660 jedinců druhu *Nemoura minima*, z toho v trvale zaplavené pasti (A) 251 jedinců a v periodicky zaplavované pasti (B) 4 409 jedinců. U druhu *Amphinemura sulcicollis* byla celková abundance obou pastí 325 jedinců, z toho v trvale zaplavené pasti (A) 119 jedinců a v periodicky zaplavované pasti (B) 206 jedinců.



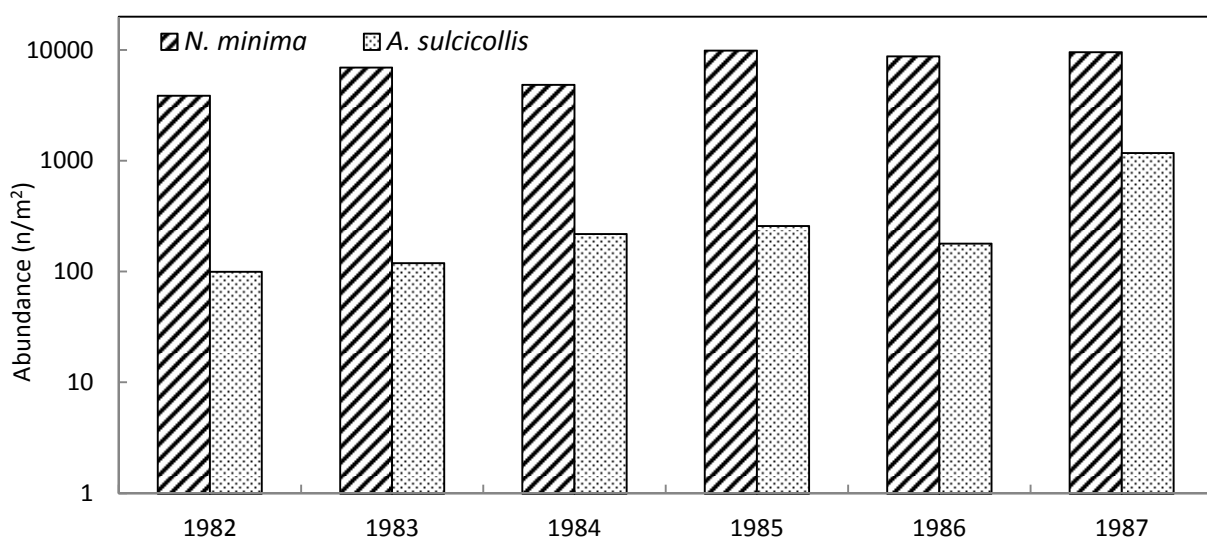
Graf 6: Sumární počty druhů *Nemoura minima* a *Amphinemura sulcicollis* v pasti A za sledované období 1982 - 1987



Graf 7: Sumární počty druhů *Nemoura minima* a *Amphinemura sulcicollis* v pasti B za sledované období 1982 - 1987



Graf 8: Abundance druhů *Nemoura minima* a *Amphinemura sulcicollis* v pasti A v jednotlivých letech 1982 – 1987



Graf 9: Abundance druhů *Nemoura minima* a *Amphinemura sulcicollis* v pasti B v jednotlivých letech 1982 – 1987

## 5.4 Časový průběh emergence

Začátek emergence *Nemoura minima* z pasti A nastával průměrně od 22. dubna do 19. května po dobu 46 až 104 dnů v roce. Průměrná teplota vody na začátku emergence 5,61°C do 6,48°C. V pasti B vylétala od 9. dubna do 10. května po dobu 44 až 92 dnů v roce. Průměrná teplota vody na začátku emergence se v jednotlivých letech pohybovala v rozmezí od 5,37°C do 6,43°C.

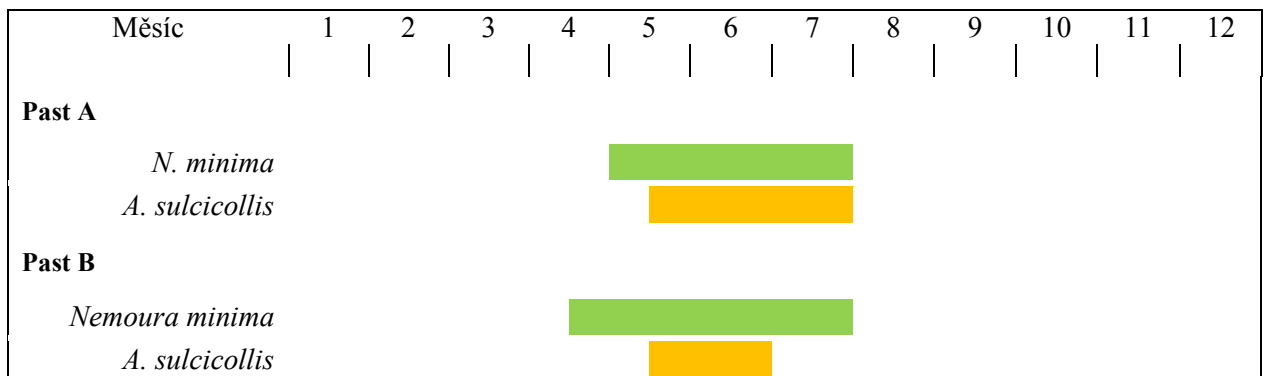
Začátek emergence *Amphinemura sulcicollis* z pasti A nastával průměrně od 11. dubna do 20. května po dobu 24 až 114 dnů v roce. Průměrná teplota vody na začátku emergence 5,61°C do 6,48°C. V pasti B vylétala od 30. dubna do 23. května po dobu 45 až 97 dnů v roce. Průměrná teplota vody na začátku emergence se v jednotlivých letech pohybovala v rozmezí od 6,11°C do 6,77°C.

Tabulka 1: Parametry emergence druhu *Nemoura minima*

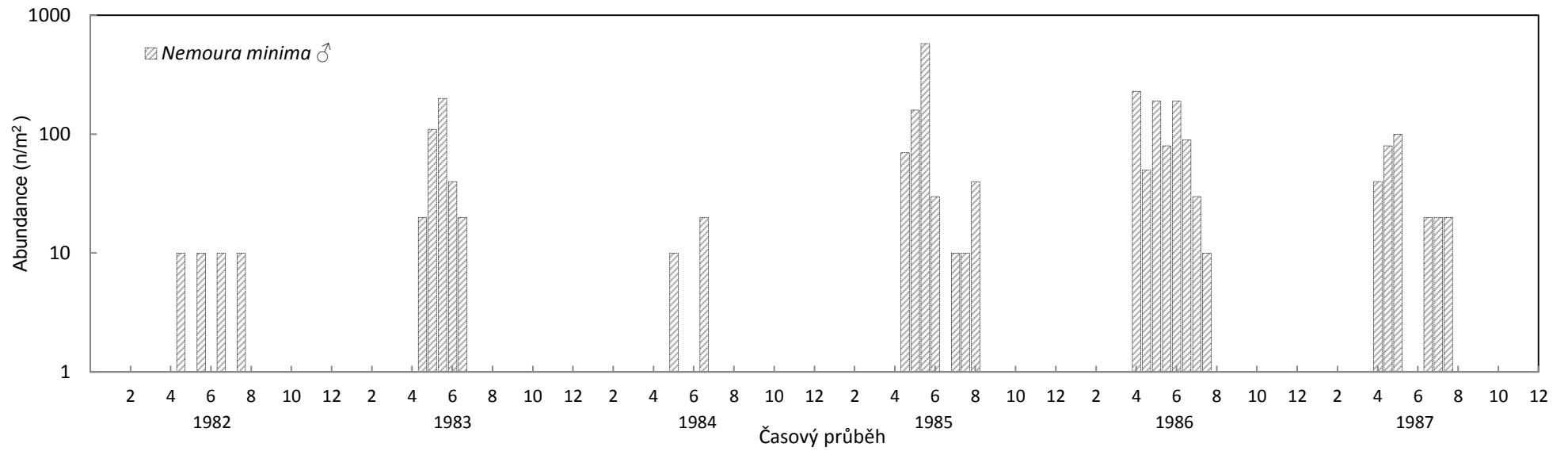
<i>N. Minima</i>	Průměrný den začátku emergence (datum)		Průměrná teplota začátku emergence (°C)		Trvání emergence (dny)		
	Past	A	B	A	B	A	B
1982		3.5.	10.5.	6,17	6,43	64	58
1983		6.5.	9.4.	6,27	5,37	73	83
1984		19.5.	20.4.	6,48	5,84	46	44
1985		10.5.	26.4.	6,20	6,07	84	73
1986		24.4.	20.4.	6,35	6,03	104	90
1987		22.4.	17.4.	5,61	5,43	104	92

Tabulka 2: Parametry emergence druhu *Amphinemura sulcicollis*

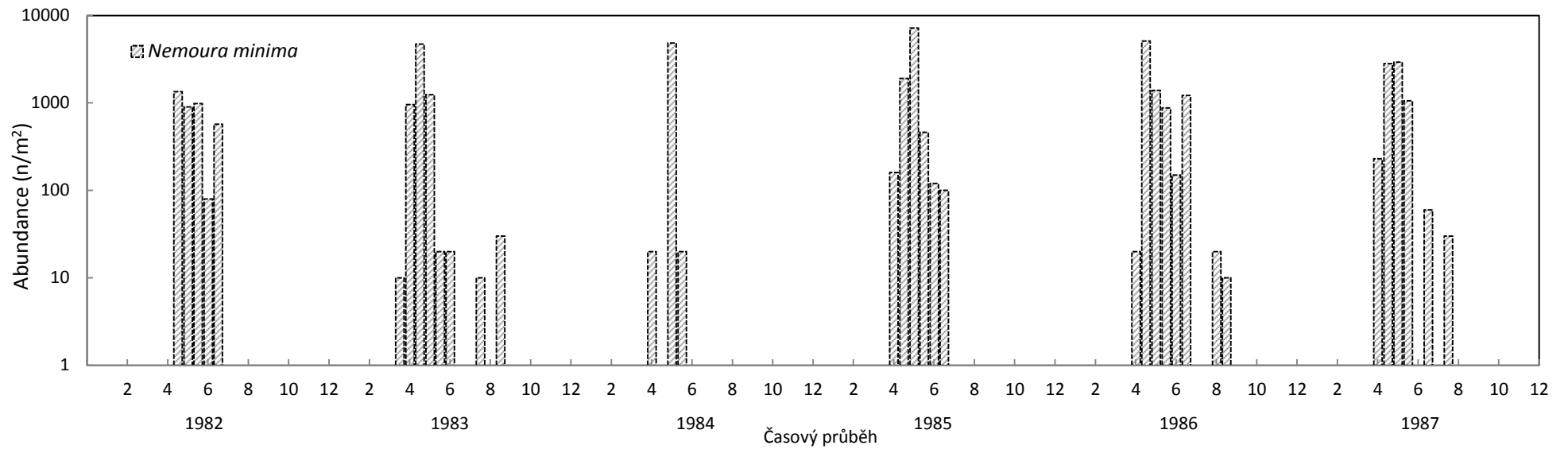
<i>A. sulcicollis</i>	Průměrný den začátku emergence (datum)		Průměrná teplota začátku emergence (°C)		Trvání emergence (dny)		
	Past	A	B	A	B	A	B
1982		3.5.	23.5.	6,17	6,11	53	72
1983		20.5.	3.5.	7,77	6,20	72	91
1984		17.4.	20.5.	5,40	6,48	114	45
1985		11.4.	10.5.	5,52	6,77	91	51
1986		17.5.	30.4.	6,99	6,52	91	97
1987		4.7.	22.5.	7,94	6,22	24	57



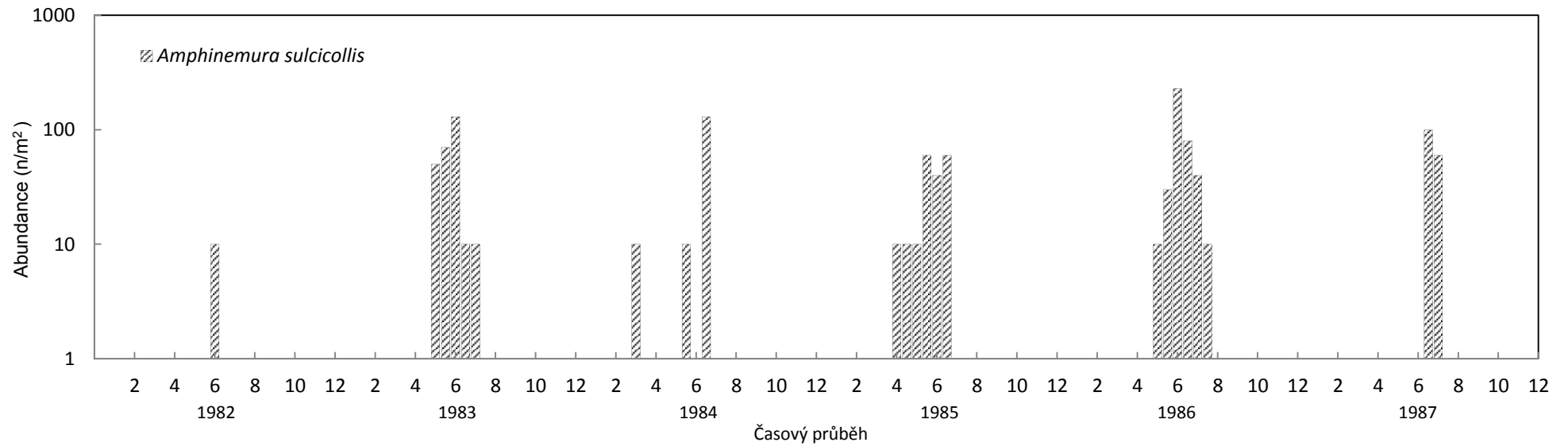
Graf 10: Průměrná doba emergence vybraných druhů v období 1982 – 1987



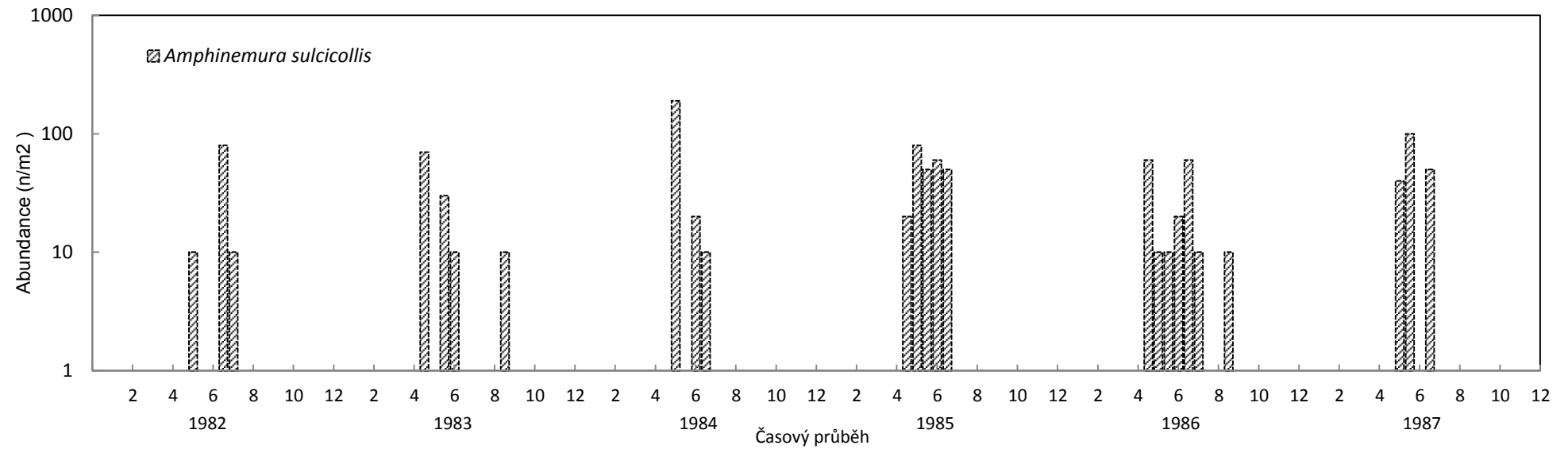
Graf 11: Abundance a časový průběh emergence druhu *Nemoura minima* v trvale zaplavené pasti A



Graf 12: Abundance a časový průběh emergence druhu *Nemoura minima* v periodicky zaplavované pasti B



Graf 13: Abundance a časový průběh emergence druhu *Amphinemura sulcicollis* v trvale zaplavené pasti A



Graf 14: Abundance a časový průběh emergence druhu *Amphinemura sulcicollis* v periodicky zaplavované pasti B



## 5.5 Intenzita emergence

Hodnota intenzity emergence za sledované období v pasti A u *Nemoura minima* pohybovala od 17,92 % do 53,49 %. Celkový průměr tohoto druhu za dané období je 28,8 %. U druhu *Amphinemura sulcicollis* se hodnota pohybovala od 32,84 % do 69,14 %, průměrem je hodnota 54,34 %. Intenzita v roce 1982 nebyla z důvodu malého počtu dat vypočítána.

V pasti B u druhu *Nemoura minima* kolísají hodnoty od 14,67 % do 66,67 %. Celkový průměr za sledované období vykazuje hodnotu 24,1 %. U druhu *Amphinemura sulcicollis* se hodnota pohybovala v rozmezí od 14,4 % do 59,18 %. Průměrná hodnota u tohoto druhu za celé časové období činí 43,79 %.

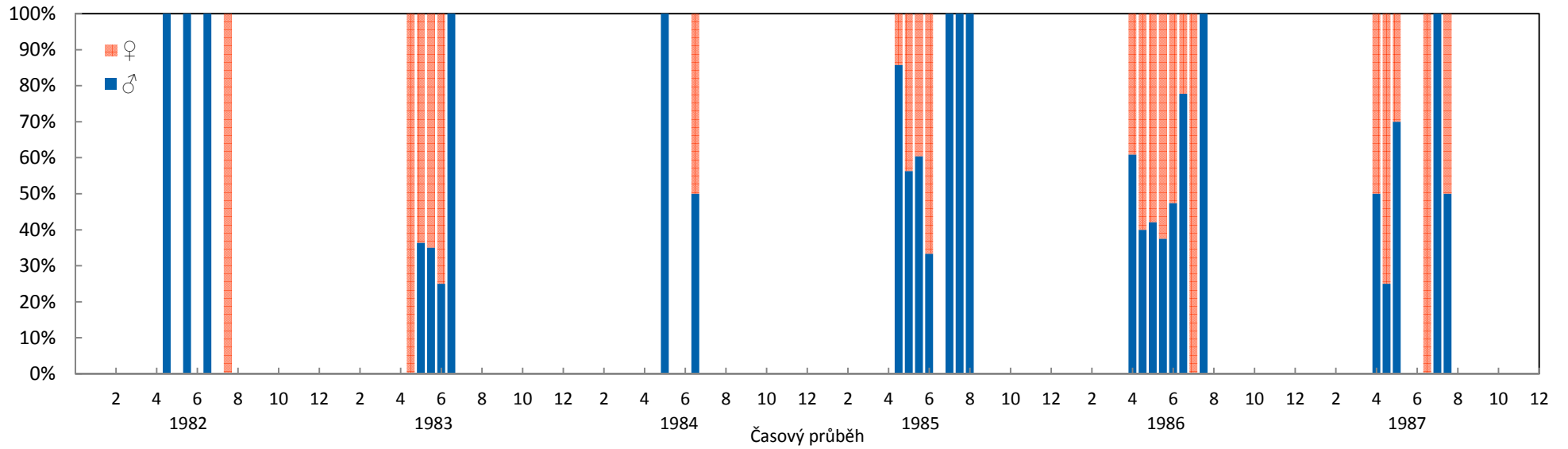
Tabulka 3: Intenzita emergence u vybraných druhů (\* intenzitu nebylo možné vyhodnotit z důvodu malého počtu dat)

	Intenzita emergence v %						Průměr
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	
Past A							
<i>Nemoura minima</i>	31,46	43,28	53,49	17,92	24,27	22,22	<b>28,8</b>
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	*	32,84	68,15	69,14	48,24	53,33	<b>54,34</b>
Past B							
<i>Nemoura minima</i>	21,31	14,67	66,67	32,35	15,79	27,36	<b>24,1</b>
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	57,58	14,04	18,6	53,7	50,59	59,18	<b>43,79</b>

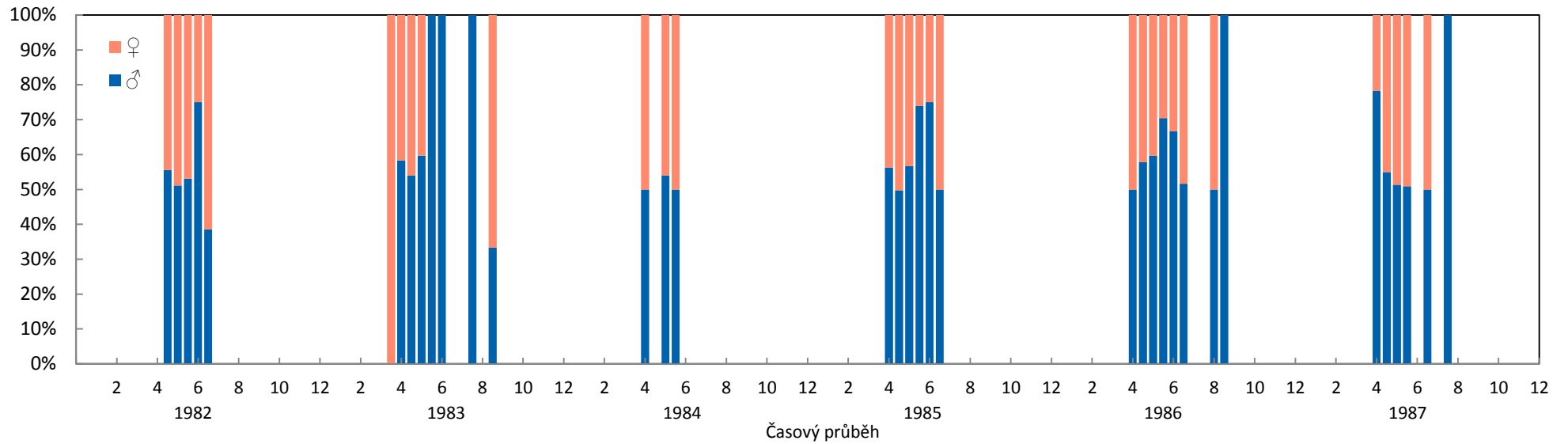
## 5.6 Pohlavní synchronizace emergence

Pohlavní synchronizace emergence byla vyhodnocena u druhů *Nemoura minima* a *Amphinemura sulcicollis*.

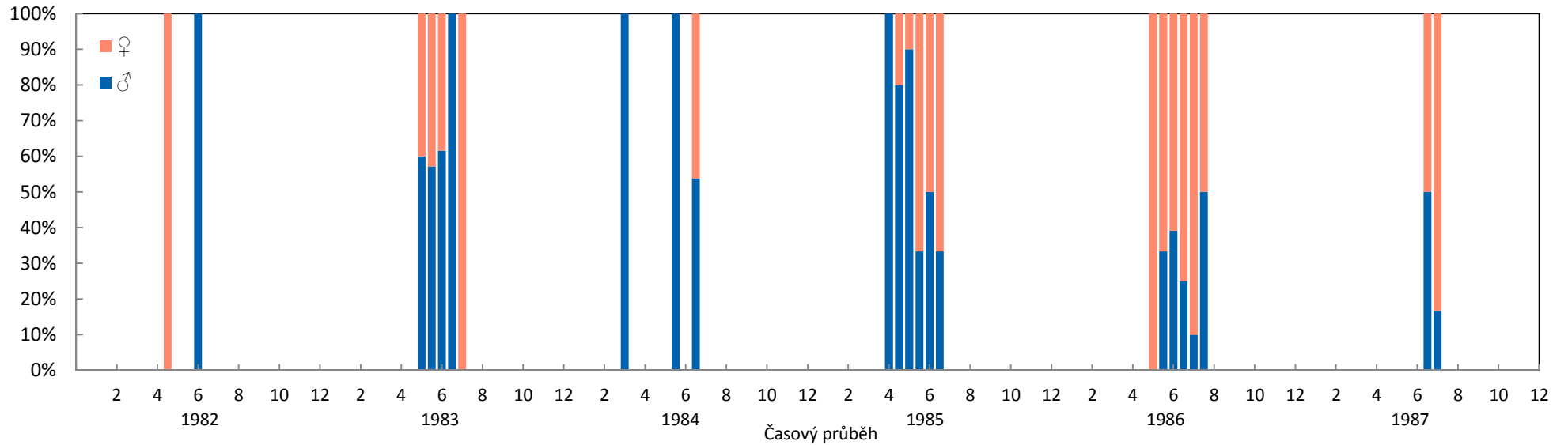
V pasti A u druhu *Nemoura minima* docházelo k synchronizované emergenci samců i samic v obou pastech (**Graf 15 a 16**). Hodnoty u druhu *Amphinemura* v obou pastech rovněž vykazují zcela synchronní výlety dospělců obou pohlaví u obou sledovaných druhů. (**Grafy 17 a 18**).



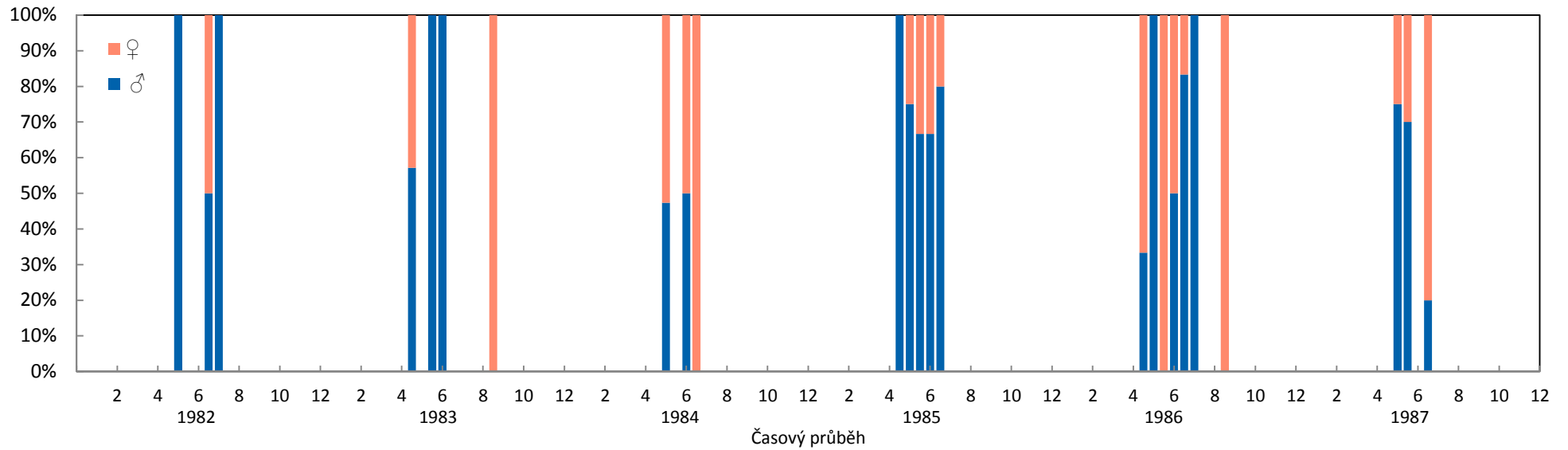
Graf 15: Pohlavní synchronizace emergencee druhu *Nemoura minima* v trvale zaplavené pasti A



Graf 16: Pohlavní synchronizace emergencee druhu *Nemoura minima* v periodicky zaplavované pasti B



Graf 17: Pohlavní synchronizace emergence druhu *Amphinemura sulcicollis* v trvale zaplavené pasti A



Graf 18: Pohlavní synchronizace emergence druhu *Amphinemura sulcicollis* v periodicky zaplavované pasti B

## 5.7 Poměr pohlaví

Hodnota procentuálního zastoupení samců se ve sledovaném období v pasti A u *Nemoura minima* pohybovala od 35,9 % do 75 %. Průměrná hodnota za celé sledované období je 53,4 %. U druhu *Amphinemura sulcicollis* se hodnota pohybovala od 30 % do 60 %, průměrem je hodnota 44,5 %.

V pasti B u druhu *Nemoura minima* v jednotlivých letech kolísají hodnoty od 52,9 % do 58,7 %. Průměrná hodnota za celé sledované období je 55,4 %. U druhu *Amphinemura sulcicollis* byl podíl samců v rozmezí od 45,5 % do 76,9 %. Průměrná hodnota za celé sledované období činí 58,7 %.

Tabulka 4: Poměr pohlaví samců a samic u vybraných druhů

	% zastoupení samců						Průměr
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	
Past A							
<i>Nemoura minima</i>	75,0	35,9	66,7	63,3	50,6	50,0	<b>53,4</b>
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	50,0	59,3	60,0	47,4	30,0	37,5	<b>44,5</b>
Past B							
<i>Nemoura minima</i>	52,9	55,8	54,0	56,3	58,7	53,3	<b>55,4</b>
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	60,0	66,7	45,5	76,9	55,5	56,8	<b>58,7</b>

## 6 Diskuze

Tématem předložené diplomové práce je komplexní vyhodnocení emergence vybraných druhů pošvatek, které byly odchyťávány v průběhu let 1982 – 1987.

Druhy *Amphinemura sulcicollis* a *Nemoura minima* byly po dobu 6 let odchyťávány do dvou pyramidových emergenčních pastí, umístěných v různých částech toku. Past A byla zaplavená celoročně a past B byla zaplavována periodicky v průběhu roku.

V práci byly vyhodnoceny abiotické faktory prostředí, konkrétně teplota vody, vzduchu a výška vodní hladiny za sledované období. U vybraných druhů byl porovnán nástup a průběh emergence mezi pastmi, zhodnocen časový průběh, intenzita emergence, synchronizace a poměr pohlaví.

### Abiotické faktory

Teplota vzduchu byla v průběhu let více kolísavá než teplota vody, která vykazuje dlouhodobě stabilní hodnoty. Spojnice trendu v **grafu 1** ukazuje, že za celé sledované období byla teplota vzduchu spíše konstantní. Stejně je to v případě teploty vody (**Graf 2**).

V období emergence v průběhu sledovaného období byly obě pasti zaplaveny. Pasti však byly v této době zaplaveny do rozdílných výšek, vzhledem k jejich postavení v toku. Hladina byla v pasti A vyšší a v pasti B nižší. Přesnou výšku zaplavení obou pastí však nelze určit vzhledem k absenci potřebných dat o jednotlivých pastích.

### Nástup a průběh emergence mezi pastmi

Výsledky z periodicky zaplavované pasti dokazují, že vybrané druhy vylétaly jen v době, kdy byl vyšší vodní stav, a tyto pasti byly zaplavené (porovnání grafů **11 - 14 s grafem 3**). V období s velmi nízkou či žádnou hladinou vody bylo přítomno mizivé procento emergencí.

Počet odchycených dospělců druhu *Amphinemura sulcicollis* byl podobný v obou pastech. Druh nevykazuje preferenci k výšce hladiny a její distribuce v příčném profilu toku je rovnoměrná (**Graf 6**). Počet odchycených dospělců druhu *Nemoura minima* byl ovšem výrazně vyšší v periodicky zaplavované pasti než v pasti trvale zaplavené (**Grafy 6, 7**). Tento druh se výrazně liší distribucí v příčném profilu toku a patrně preferuje břehové části s nižší výškou vodní hladiny. WARD & STANFORD (1982) poukazuje na to, že některé druhy vodního hmyzu před dokončením larválního stádia migrují do mělčích břehových partií kde emergují. Je pravděpodobné, že druh *Nemoura minima* takto migruje, vzhledem k faktu, že druh měl výrazně

vyšší početnost v době zaplavení periodické pasti (B) a v době sucha se nevyskytoval. Navíc také načasování a délka emergence byla u druhů obou pastí různá (**Graf 10**). K přesnému stanovení vlivu konkrétní výšky vodní hladiny je potřeba mít k více přesných hydrologických dat o jednotlivých pastích, které ovšem nejsou k dispozici. V úvahu je třeba vzít také to, že zaplavená emergenční past může sloužit také jako substrát, po kterém jedinci vylézají z vody a za normálních okolností by z vodní hladiny žádní dospělci nevylétali.

O emergenci druhů *Amphinemura sulcicollis* a *Nemoura minima* nebylo doposud publikováno mnoho prací. Ačkoliv ekologické nároky jednotlivých druhů v různých částech světa bývají značně odlišné, všeobecné trendy v životních cyklech jsou u celého řádu stejné nebo velmi podobné (YOSHIMURA 2004; KRUITBOS et al. 2012). Z tohoto důvodu lze demonstrovat příklady na jiných druzích.

STUMMER (1982), který vyhodnocoval pošvatky na potoce Seebach, potvrzuje, že různé druhy pošvatek preferují jinou výšku vodní hladiny a vykazují různou distribuci pošvatek v příčném profilu toku. Např. druh *Chloroperla susemichelli* preferoval emergenci v zaplavené pasti uprostřed proudu, na rozdíl od pastí polosuchých u břehu, kde bylo zachyceno podstatně méně dospělců. WOLF & ZWICK (1989) potvrzují, že abundance a načasování druhu *Nemurella pictetii* se liší v příčném profilu toku.

Výsledky této práce tedy potvrzují hypotézu o rozdílném nástupu a průběhu emergence mezi zaplavenou a nezaplavenou pastí.

### **Časový průběh emergence**

Z výsledků druhu *Nemoura minima* je patrné, že v periodicky zaplavované pasti (B) nastávala emergence v průměru od poloviny dubna, což je o několik dní dříve oproti trvale zaplavené pasti (A) a doba emergence byla delší (**Graf 10**) Tento druh emerguje v rozmezí teplot 5,5°C – 8,0°C (**Tab. 1**). GRAF et. al. (2009) uvádí, že tento druh v rámci celé Evropy vylétá na počátku května a výlety netrývají déle než 2 měsíce. Na potoce Seebach je tedy delší doba výletů dospělců.

Tyto trendy neplatí u druhu *Amphinemura sulcicollis*. Průměrný den výletu byl u tohoto druhu v obou pastech v polovině května při teplotách vody od 5,5°C do 8°C (**Tab. 2**) a délka emergence je v periodicky zaplavované pasti (B) o měsíc kratší než v trvale zaplavované pasti (A) (**Graf 10**). STUMMER (1982) však uvádí, že druh na stejné lokalitě vylétá v průměru až na začátku června s vrcholem emergence v srpnu. Autor však vyhodnocoval výsledky ze dvou let a v součtu všech 30 pastí na potoce Seebach.

K výletům obou druhů docházelo u obou druhů periodicky jednou za rok (**Grafy 11 – 14**). Životní cykly obou druhů jsou tedy univoltinní. Univoltinní životní cyklus *Nemoura minima*

byl potvrzen autory AUBERT (1959) a GRAF et al. (2009). U druhu *Amphinemura sulcicollis* pak autory GRAF et al. (2009) a TIERNO DE FIGUEORA et al. (2009).

V jednotlivých letech kolísá abundance a nástup emergence. Teplota vody v období emergence (duben – červenec) kolísá ve všech letech v rozmezí 1°C (**Graf 2**), což patrně nepředstavuje významný vliv na načasování a početnost emergence. Více však kolísá teplota vzduchu (**Graf 1**). Např. v teplotně podprůměrném roce 1982 bylo oproti jiným rokům velmi chladné jaro. Tato skutečnost se může odrážet v tom, že v některých případech mají druhy v obou pastech nižší abundanci (**Graf 8 a 9**) a výlety jsou v některých případech zpravidla o 10 - 15 dní opožděny oproti jiným rokům s teplejším jarem (**Graf 11 – 14**). K podobnému snížení počtu jedinců došlo však i v roce 1984, kdy byly teploty vzduchu stabilní. Jediným teoretickým vysvětlením proč jsou emergence v tomto roce tak odlišné, je velmi rozkolísaný stav vodní hladiny, který je patrný v **grafu 3**. Vliv teploty vzduchu na emergence tedy nelze spolehlivě prokázat.

BOTTORFF & BOTTORFF (2007) studovali emergenci pošvatek na dvou tocích ve Skotsku. Autoři uvádějí, že načasování vylétajících dospělců je dáno tepelným režimem daného toku, když stejné druhy pošvatek na dvou potocích, vylétaly v různou roční dobu. V teplejším potoce docházelo k nejpočetnějším výletům o několik dní v roce dříve v porovnání s potokem chladnějším. Ke stejným výsledkům došli SANDBERG & STEWARD (2005) v práci o pošvatce druhu *Isogenoides zionensis*, která nejmasivněji vylétá v období roku se vzrůstající teplotou vody. Studie autorů NEBEKER (1971 b); BRITAIN (1978); WARD & STANFORD (1982); SANDBERG & STEWARD (2005); HAIDEKKER & HERING (2008); LI et al. (2011) rovněž potvrzují trend zvyšování počtu a včasnější nástup emergence, především v souvislosti se snižováním teploty vody, nikoliv vzduchu.

V tomto případě však nelze prokázat hypotézu, že čím vyšší je teplota vody, tím dříve dochází k výletu dospělců, vzhledem k stabilní teplotě vody. NEBEKER (1971 a), který studoval výlety pošvatek pod přehradou v zimním období, potvrzuje hlavní vliv teploty vody na emergence. Po výletu dospělců však došlo ihned k úhynu v důsledku nízkých teplot vzduchu. Teplota vzduchu tedy neovlivňuje načasování a abundanci dospělců, ale je jednou z hlavních podmínek pro samotnou emergenci. V roce 1982, kdy byla nízká abundance druhů, mohli jedinci emergovat, ale nemuseli být odchyceni do pasti. Tuto teorii potvrzují výsledky práce BRITAIN (1990), který tvrdí, že při nízkých teplotách je fyziologicky znemožněn let hmyzu.



## Intenzita

Intenzita emergence je charakterizována jako procento času, které je potřeba k 50% výletu jedinců (WARINGER 1986). Bylo zjištěno, že intenzita druhu *Nemoura minima* se pohybuje kolem 25 %, tzn., že 50 % jedinců vylétá za ¼ času. Hodnoty druhu *Amphinemura sulcicollis* se pohybují kolem 50 %, tzn, že druh průměrně vylétá za ½ času. V porovnání dvou pastí byla doba pro 50% emergenci u obou druhů delší v pasti trvale zaplavené.

Vliv faktorů prostředí na intenzitu emergence nebyl prokázán. Při posuzování vlivu teploty vzduchu a vody na intenzitu emergence bylo zjištěno, že při prakticky stejných teplotách (vzduchu i vody) byly hodnoty intenzity emergence výrazně odlišné. Např. v roce 1982 dosahovala průměrná teplota vody v období emergence 7,37°C, přičemž intenzita *Nemoura minima* (past A) byla 31,46 %. V roce 1985 byla teplota vody velmi podobná (7,30°C), ale intenzita druhu byla 17,92 %. Stejně výsledky byly zaznamenány v obou pastech. V souvislosti s intenzitou emergence nebyl zjištěn žádný přímý vztah k teplotě vody ani vzduchu. Teplota vody bude zřejmě ovlivňovat emergenci spíše dlouhodobým působením (denní stupně) na larvální stádium (DAVIES 1984).

Výsledky ovšem naznačují, že intenzita emergence byla rozdílná v rámci odchytových prostředí. V porovnání trvale zaplavené pasti (A) a periodicky zaplavované (B) docházelo k 50% výletům vybraných druhů řádově dříve v pasti B (**Tab. 3**).

## Synchronizace

Jak je patrné z **grafů 15 – 18**, tak výlety samců a samic *Amphinemura sulcicollis* a *Nemoura minima* jsou synchronizované v obou pastích. Při porovnání výsledků z obou pastí lze soudit, že samci i samice obou druhů se nijak neliší v preferenci zaplavené (A) či periodicky zaplavované (B). Částečná nesynchronizované výlety jsou vzácné a navíc jsou patrné při minimálních počtech, což je vzhledem k celkové synchronizaci zanedbatelné. SINGH et al. (1984) podobným způsobem odchytával pošvatky na vodním toku v Kanadě. Autor uvádí, že 11 přítomných druhů pošvatek má zcela synchronizované výlety samců a samic. NEVES (1978), STUMMER (1982) a YULE (1985) ve svých pracích rovněž došly k výsledku, že pohlavní výlety byly synchronizované a mírné výchyly vznikaly v případě malého počtu jedinců. Přesnou synchronizaci vysvětluje teorie DAVIES (1984), který popisuje, že synchronizovaný výlet obou pohlaví zvyšuje možnost rychlé kopulace a následného kladení vajec, čímž je eliminován vliv predace.

Ovlivnění synchronizace abiotickými faktory prostředí nebylo prokázáno. Ve vztahu k výšce hladiny, teplotě vzduchu a vody nedošlo v průběhu 6 let k žádným významným změnám synchronizace.

Hypotéza o tom, že samci i samice vybraných druhů emergují synchronizovaně se potvrdila.

### **Poměr pohlaví**

Poměr pohlaví byl vyjádřen jako procentuální zastoupení samců (**Tab. 4**). V roce 1982 byly u druhu *Nemoura minima* v trvale zaplavené pasti (A), zaznamenány výrazné rozdíly v poměru pohlaví (75 % samců). V periodicky zaplavované pasti (B) nedocházelo k žádné výrazné odchylce od poměru 1:1.

U *Amphinemura sulcicollis* byly odchylky patrné v roce 1985 (pouhých 30 % samců). V periodicky zaplavované pasti (B) byl zaznamenán výraznější rozdíl v roce 1983, kdy bylo přítomno 66,7 % samců a ještě více v roce 1985, kdy měli samci zastoupení 76,9 %. Celkový poměr pohlaví je u tohoto druhu 1,42:1.

Jak je z výsledků patrné, tak stejně jako v případě synchronizace vznikají odchylky při nízké abundanci dospělců. Takové odchylky však pravděpodobně nepředstavují výrazný problém pro životní cyklus. Tyto výsledky potvrzují také autoři STUMMER (1982) a SANDBERG & STEWARD (2005), kteří rovněž poukazují na odchylky v poměru pohlaví při nízkých počtech odchycených dospělců.

Hodnoty poměru pohlaví u druhů odebraných v obou pastech jsou v různých letech kolísavé a nevykazují žádný významný trend ani vztah k teplotě vzduchu, vody či výšce hladiny.

Celkový poměr pohlaví u obou druhů za sledované období se nijak významně neliší od poměru 1:1. Poměr 1:1 byl u pošvatek také prokázán v pracích TARTER & KRUMHOLZ (1971); STUMMER (1982), SANDBERG & STEWARD (2005) a LI et al. (2011). SANDBERG & STEWARD (2005) navíc sledovali poměr pohlaví v tocích s různým tepleným režimem a nepotvrdili vliv teploty na poměr pohlaví. PETERSEN et al. (1999) zjistila, že v periodicky zaplavených pastích bylo odchyceno podstatně více samic než samců u druhů *Leuctra fusca* a *Leuctra nigra* (až 10:1). K takovým výrazným rozdílům v poměru pohlaví, v případě této práce nedochází.

Hypotézy o tom, že poměr pohlaví bude 1:1, se potvrdily.

## Seznam literatury

- ADAMICKA, P. S. (1991): A food schedule for *Cottus gobio* L.(Pisces) in Oberer Seebach, Ritrodat-Lunz study area, Austria. Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie. Verhandlungen IVTLAP, 24(3).
- ALBARIÑO, R. J. & BALSEIRO, E. G. (1998): Larval size and leaf conditioning in the breakdown of *Nothofagus pumilio* leaves by *Klapopteryx kuscheli* (Insecta, Plecoptera) in a South Andean Stream. International review of hydrobiology, 83(5-6): 397-404.
- AUBERT, J. F. (1959): Plecoptera. Imprimerie La Concorde, Lausanne. 132 p.
- BISPO, P. C., FROEHLICH, C. G. & OLIVEIRA, L.G. (2002): Stonefly (Plecoptera) fauna of streams in a mountainous area of Central Brazil: Abiotic factors and nymph density. Revista Brasileira de Zoologia, 19(1): 325-334.
- BOTTORFF, R. L. & BOTTORFF, L. D. (2007): Phenology and diversity of adult stoneflies (Plecoptera) of a small coastal stream, California. Illiesia, 3(1): 1-9.
- BOTTOVÁ, K., DERKA, T., BERACKO, P., & TIERNO DE FIGUEORA, J. M. (2013): Life cycle, feeding and secondary production of Plecoptera community in a constant temperature stream in Central Europe. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters, 43(1): 27-33.
- BOUCHARD, R. W. (2004): Guide to aquatic macroinvertebrates of the upper midwest. St. Paul: Water Resources Center, University of Minnesota. 208 p.
- BRITTAIN, J. E. (1973): The biology and life cycle of *Nemoura avicularis* Morton (Plecoptera). Freshwater Biology. 3(2): 199–210.
- BRITTAIN, J. E. (1978): Semivoltinism in mountain populations of *Nemurella pictetii* (Plecoptera). Oikos, 1-6.
- BRITTAIN, J. E. (1990): Life history strategies in Ephemeroptera and Plecoptera, Mayflies and stoneflies: life histories and biology. 1–12.
- BRITTAIN, J., ALBA-TERCEDOR, J. & SANCHEZ-ORTEGA, A. (1991): Life history characteristics as a determinant of the response of mayflies and stoneflies to man-made environmental disturbance (Ephemeroptera and Plecoptera). In Proc. VIth

Int. Conf. Ephemeroptera & Plecoptera, Granada, 539–545.

- BUTLER, M. G. (1984): Life histories of aquatic insects. New York: Praeger.
- CINNOLY, N. M., CROSSLAND, M. R. & PEARSON, R. G. (2004): Effect of low dissolved oxygen on survival, emergence, and drift of tropical stream macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 23(2): 251–270.
- DAVIES, I. J. (1984): Sampling Aquatic Insect Emergence. In: DOWNING J. A., RIGLER F. H.: A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh water. Blackwell Scientific Publications, 161 – 227.
- DEWALT, R. E., CAO, Y., TWEDDALE, T., GRUBBS, S. A., HINZ, L., PESSINO, M. & ROBINSON, J. L. (2012): Ohio USA stoneflies (Insecta, Plecoptera): species richness estimation, distribution of functional niche traits, drainage affiliations, and relationships to other states. *ZooKeys*, 178: 1.
- DOBRIN, M. & GIBERSON, D.J. (2003): Life history and production of mayflies, stoneflies, and caddisflies (Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera) in a spring-fed stream in Prince Edward Island, Canada: evidence for population asynchrony in spring habitats? *Canadian Journal of Zoology*, 81: 1083–1095.
- GRAF, W., LORENZ, A. W., TIerno DE FIGUEORA, J.M., LÜCKE, S., LÓPEZ-RODRÍGEZ, M.J. & DAVIES, C. (2009): Distribution and ecological preferences of european freshwater organism, Volume 2. Plecoptera. Pensoft, Sofia – Moscow. 262 p.
- GRUBBS, S. A., THOMAS, C. M., HUTCHINS, B. T. & TAYLOR, J. M. (2006): Life cycles of *Allocapnia recta* and *Leuctra spp.* (Plecoptera: Capniidae and Leuctridae) across a flow gradient in a central Kentucky karst headwater stream. *Southeastern Naturalist*, 5(2): 321–332.
- HAIDEKKER, A. & HERING, D. (2008): Relationship between benthic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera) and temperature in small and medium-sized streams in Germany: a multivariate study. *Aquat. Ecol*, 42: 463–481.

- IANNILLI, V.; TIerno DE FIGUEROA, J. M. & FOCHETTI, R. (2002): Life cycle of *Dinocras cephalotes* (Curtis, 1827) in Central Italy (Plecoptera, Perlidae). *Boletín de la SEA*, 31: 177–179.
- KIS, B. (1974): Plecoptera. Acad. Republ. Soc. România. Bucuresti. 271 p.
- KOZÁČEKOVÁ, Z., TIerno DE FIGUEORA, J. M., LÓPEZ-RODRÍGEZ, M. J., BERACKO, P. & DERKA, T. (2009): Life history of a population of *Protonemura intricata* (Ris, 1902) (Insecta, Plecoptera) in a constant temperature stream in Central Europe. *International Review of Hydrobiology*, 94(1): 57–66.
- KRUITBOS, L. M., TETZLAFF, D., SOULSBY, C., BUTTLE, J., CAREY, S. K., LAUDON, H. & SHANLEY, J. (2012): Hydroclimatic and hydrochemical controls on Plecoptera diversity and distribution in northern freshwater ecosystems. *Hydrobiologia*, 693(1): 39–53.
- LEDGER, M. E. & HILDREW, A. G. (2005): The ecology of acidification and recovery: changes in herbivore-algal food web linkages across a stream pH gradient. *Environmental Pollution*, 137(1): 103–118.
- LEDGER, M. E. & HILDREW, A. G. (2008): Growth of an acid-tolerant stonefly on epilithic biofilms from streams of contrasting Ph. *Freshwater biology*, 46(11): 1457–1470.
- LELLÁK, J., KOŘÍNEK, V., FOTT, J., KOŘÍNKOVÁ, J. & PUNČOCHÁŘ, P. (1982): *Biologie vodních živočichů*. Praha: Univerzita Karlova. 220 p.
- LI, F.; CAI, Q. & LIU, J. (2009): Temperature-Dependent Growth and Life Cycle of *Nemoura sichuanensis* (Plecoptera: Nemouridae) in a Chinese Mountain Stream. *International Review of Hydrobiology*, 94(5): 595-608.
- LI, J. L.; JOHNSON, S. L. & BANKS SOBOTA, J. (2011): J. Three responses to small changes in stream temperature by autumn-emerging aquatic insects. *Journal of the North American Benthological Society*, 30(2): 474–484.
- LILLEHAMMER, A., BRITAIN, J.E., SALTVEIT, S.J., & NIELSEN, P.S. (1989): Egg development, nymphal growth and life cycle strategies in Plecoptera. *Ecography*, 12(2): 173–186.
- LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. J., BO, T., TIerno DE FIGUEROA, J. M. &

- FENOGLIO, S. (2010): Nymphal trophic behaviour of two Nemouridae species (Insecta, Plecoptera) in the Curone creek (northern Apennines, Italy). *Entomological science*, 13(3): 288–292.
- LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. J. & TIerno DE FIGUEROA, J. M. (2006): Life cycle and nymphal feeding of *Rhabdiopteryx christinae* Theischinger, 1975 (Plecoptera: Taeniopterygidae). *Annales de la Société entomologique de France*, 42(1): 57–61.
  - NAGELL, B. & LARSHAMMAR, P. (1981): Critical oxygen demand in Plecoptera and Ephemeroptera nymphs as determined by two methods. *Oikos*, 36(1): 75–82.
  - NEBEKER, A. V. (1971a): Effect of high winter water temperatures on adult emergence of aquatic insects. *Water Research*, 5(9): 777–783.
  - NEBEKER, A. V. (1971b): Effect of temperature at different altitudes on the emergence of aquatic insects from a single stream. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 26-35.
  - NEVES, R. J. (1978): Seasonal succession and diversity of stoneflies (Plecoptera) in Factory Brook, Massachusetts. *Journal of the New York Entomological Society*, 144-152.
  - NOWINSZKY, L., PETRÁNYI, G. & PUSKÁS, J. (2010): The relationship between lunar phases and the emergence of the adult brood of insects. *Applied ecology and environmental research*, 8(1): 51–62.
  - OBERNDORFER, R. Y. & STEWARD, K. W. (1977): The life cycle of *Hydroperla crosbyi* (Plecoptera: Perlodidae). *Western North American Naturalist*, 37(2): 260–277.
  - PASTUCHOVÁ, Z.; LEHOTSKÝ, M.; GREŠKOVÁ, A. (2008): Influence of morphohydraulic habitat structure on invertebrate communities (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera). *Biologia*, 63(5): 720–729.
  - PETERSEN, I., WINTERBOTTOM, J. H., ORTON, S., FRIBERG, N. & HILDREW, A. G. (1999): Emergence and lateral dispersal of adult Plecoptera and Trichoptera from Broadstone Stream, UK. *Freshwater Biology*, 42(3): 401-416.
  - PUCKRIDGE, J. T., SHELDON, F., WALKER, K. F., & BOULTON, A. J. (1998): Flow variability and the ecology of large rivers. *Marine and freshwater research*, 49(1): 55–72.

- SALTVEIT, S. J. (1979): Field and laboratory studies on the life history of three species of *Amphinemura*. *Gewässer und Abwässer*, 64: 30–31.
- SANDBERG, J. B. & STEWARD, K. W. (2005): Life history of the stonefly *Isogenoides zionensis* (Plecoptera: Perlodidae) from the san miguel river, Colorado. *Illiesia*, 1(4): 21–32.
- SCHMID-ARAYA, J.M. (1994): Temporal and spatial distribution of benthic microfauna in sediments of a gravel streambed. *Limnology and Oceanography*, 39(8): 1813–1821.
- SILVERI, L., TIERNO DE FIGUEROA, J. M. & MAIOLINI, B. (2008): Feeding habits of Perlodidae (Plecoptera) in the hyporheic habitats of Alpine streams (Trentino-NE Italy). *Entomologica fennica*, 19(3): 176–183.
- SINGH, M. P.; SMITH, S. M. & HARRISON, A. D. (1984): Emergence patterns of the stoneflies (Plecoptera) from a wooded stream in Southern Ontario. *Aquatic insects*, 6(4): 233-243.
- SNELLEN, R. K. & STEWART, K. W. (1979): The life cycle and drumming behavior of *Zealeuctra claasseni* (Frison) and *Zealeuctra hitei* ricker and ross (Plecoptera: Leuctridae) in Texas, USA. *International Journal of Freshwater Entomology*, 1(2): 65–89.
- STEWART, K. W. & ANDERSON, N. H. (2010): The life history of *Ostrocerca dimicki* (Frison) in a shortflow, summer-dry Oregon stream. *Illiesia*. 6: 52–57.
- STUMMER, C. (1980): Beiträge zur metodik der Plecopteren emergenz und der untersuchung von bachsedimenten. *Jber. Biol. Stat. Lunz*, 3: 81-85.
- STUMMER, C. (1982): Emergenzuntersuchungen im" Ritrodat-Areal. *Jber. Biol. Stat. Lunz*, 5: 77-97.
- TARTER, D. C. & KRUMHOLZ, L. A. (1971): Life history and ecology of *Paragnetina media* (Walker) (Insecta: Plecoptera) in Doe Run, Meade County, Kentucky. *American Midland Naturalist*, 169-180.
- TIERNO DE FIGUEORA, J. M., BO, T., LÓPEZ-RODRIGUEZ, M. J., & FENOGLIO, S. (2009): Life cycle of three stonefly species (Plecoptera) from an Apenninic stream (Italy) with the description of the nymph of *Nemoura hesperiae*.

Annales de la Société entomologique de France, 45(3): 339–343.

- TIERNO DE FIGUEROA, J. M., LUZ N-ORTEGA, J. M. & LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. J. (2006): Mating balls in stoneflies (Insecta, Plecoptera). *Zoologica Baetica*, 17: 93–96.
- TIERNO DE FIGUEROA, J. M. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. (2004): Implications of imaginal-size variation over the flight period in stoneflies (Plecoptera). In: *Annales de la Société entomologique de France*. Taylor & Francis Group, 37–40.
- TIERNO DE FIGUEORA, J. M., SÁNCHEZ-ORTEGA, A., MEMBIELA IGLESIA, P. & LUZ N-ORTEGA, J. M. (2003): Plecoptera. *Fauna Ib rica*, 22: 404.
- TIXIER, G., & GUEROLD, F. (2005): Plecoptera response to acidification in several headwater streams in the Vosges Mountains (northeastern France). *Biodiversity & Conservation*, 14(6): 1525–1539.
- TOMANOVA, S. & TEDESCO, P. A. (2007): Body size, ecological tolerance and potential for water quality bioindication in the genus *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) from South America. *Revista de biologia tropical*, 55(1): 67–81.
- WAGNER, F. H. & BRETSCHKO, G. (2002): Interstitial flow through preferential flow paths in the hyporheic zone of the Oberer Seebach, Austria. *Aquatic Sciences-Research Across Boundaries*, 64(3): 307–316.
- WAGNER, F. H. & LEICHTFRIED, M. (2003): Endbericht des Langzeit-Forschungsprogramms RITRODAT. Mondsee: Institute for Limnology. Austrian Academy of Science. 132 p.
- WARD, J. V. & STANFORD, J. A. (1982): Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects. *Annual review of entomology*, 27(1): 97-117.
- WARINGER, J. A. (1986): The abundance and distribution of caddisflies (Insecta: Trichoptera) caught by emergence traps in the ‘Ritrodat’ research area of the Lunzer Seebach (Lower Austria) from 1980 to 1982. *Freshwater Biology*, 16(1): 49–59.
- WARINGER, J. (1993): Hydraulic measurements and distances travelled by drifting invertebrates in a calcareous mountain brook (Ritrodat-Lunz). *Jber.BioI.Stn Lunz*, 14: 102–110.
- WEISS, S., STRADNER, D. & GRAF, W. (2012): Molecular systematics, evolution



- and zoogeography of the stonefly genus *Siphonoperla* (Insecta: Plecoptera, Chloroperlidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 50(1): 19–29.
- WHITEMAN, C. D., HAIDEN, T., POSPICHAL, B., EISENBACH, S. & STEINACKER, R. (2004): Minimum temperatures, diurnal temperature ranges, and temperature inversions in limestone sinkholes of different sizes and shapes. *Journal of applied meteorology*, 43(8): 1224–1236.
  - WILLIAMS, D. D.; WILLIAMS, N. E. & HOGG, I. D. (1995): Life history plasticity of *Nemoura trispinosa* (Plecoptera: Nemouridae) along a permanent-temporary water habitat gradient. *Freshwater Biology*, 34(1): 155–163.
  - WOLF, B. & ZWICK, P. (1989): Plurimodal emergence and plurivoltinism of Central European populations of *Nemurella pictetii* (Plecoptera: Nemouridae). *Oecologia*, 79(4): 431-438.
  - YOSHIMURA, M. (2004): Seasonal and daily flight timing of oviposition in several stonefly species (Plecoptera) in the field. *Zoological science*, 21(2): 189–195.
  - YULE, C. (1985): Comparative study of the life cycles of six species of *Dinotoperla* (Plecoptera: Gripopterygidae) in Victoria. *Marine and Freshwater Research*, 36(5): 717-735.
  - ZWICK, P. (2000): Phylogenetic system and zoogeography of the Plecoptera, *Annual Review of Entomology*, 45(1): 709–746.
  - ZWICK, P. & HOHMANN, M. (2003): Direct development, no diapause, in *Taeniopteryx nebulosa* (Plecoptera, Taeniopterygidae). *Lauterbornia*, 47: 141–151.

#### **Elektronické zdroje:**

- Austrian Map online [on-line]. URL: <<http://www.boldis.cz/citace/citace.html>> [cit. 2013-03-18].7