

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce
Vliv elektrolovu na makrozoobentos

Autor: Michal Pavlíček

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Lucie Chaloupková

Místo a rok odevzdání: České Budějovice, 2010

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra rybářství a myslivosti
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal PAVLÍČEK**

Studijní program: **B4103 Zootechnika**

Studijní obor: **Rybářství**

Název tématu: **Vliv elektrolovu na makrozoobentos**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Kvantitativními metodami odběru makrozoobentosu s použitím Surberovy a driftové sítě bude vyhodnocena reakce bentických bezobratlých na elektrolov. Kromě porovnání kvantitativních ukazatelů makrozoobentosu před a po jednorázovém a opakovaném prolovení kontrolního úseku elektrickým agregátem bude studována odděleně jeho reakce včetně driftu na mechanické podněty (průchod lovicí čety), na elektrolov bez rušivých mechanických podnětů a na společný efekt obou aspektů při simulovaném elektrolovu. Výsledky budou prezentovány ve formě kvantitativních (denzita, biomasa) i kvalitativních (index diverzity) změn.


Rozsah grafických prací: podle potřeby s ohledem na výsledky
Rozsah pracovní zprávy: 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

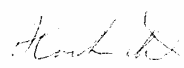
- Adámek Z., Helešic J., Maršálek B., Rulík M., 2008: Aplikovaná hydrobiologie, VÚRH JU Vodňany, 305 s.
Říha J., 1975: Lov ryb elektrickým proudem. SZN Praha, 207 s.
Lellák J., Kubíček F., 1991: Hydrobiologie. UK Praha, 257 s.
Adámek Z., Vostradovský J., Dubský K., Nováček J., Hartvich P., 1995: Rybářství ve volných vodách. Victoria Publishing Praha, 205 s.

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc.
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
Konzultant bakalářské práce: Ing. Lucie Chaloupková
Katedra rybářství a myslivosti
Datum zadání bakalářské práce: 18. listopadu 2008
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2010

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. března 2009

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU (viz. opatření rektora č. R 83). Zveřejnění je elektronickou formou v databázi STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum: 5. 5. 2010

Podpis studenta:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. RNDr. Zdeňku Adámovi, CSc. za odborné vedení, pomoc a cenné rady, kterých se mi dostalo v průběhu pokusů a při zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat konzultantce Ing. Lucii Chaloupkové za pomoc se zpracováním vzorků, a v neposlední řadě Ing. Martinu Bláhovi a Ing. Jřímu Kortanovi za pomoc při odběrech vzorků.

Obsah

1 Úvod	7
2 Literární přehled	9
2.1 Vliv elektrolovu na mortalitu zoobentosu	9
2.2 Možnosti odběru vzorků bentosu pomocí techniky elektrošoku.....	11
2.3 Efekt pozorování vodních organismů pomocí šnorchlování na drift zoobentosu.....	16
3 Popis lokalit	19
3.1 Lokalita Blanice – Strunkovice.....	19
3.1.1 Popis lokality.....	19
3.1.2 Podnebí.....	19
3.2 Lokalita Blanice – Vodňany.....	19
3.2.1 Popis lokality.....	19
3.2.2 Podnebí.....	20
4. Materiál a metodika	21
4.1 Uspořádání pokusu.....	21
4.2 Fyzikálně – chemické vlastnosti vody.....	21
4.3 Odběry vzorků.....	21
4.4 Vybavení pro odběry.....	22
4.5 Konečné zpracování vzorků.....	23
5. Výsledky	24
5.1 Blanice – Strunkovice (17. 6. 2009).....	24
5.2 Blanice – Vodňany (12. 10. 2009).....	28
5.3 Blanice – Vodňany (19. 10. 2009).....	31
6. Diskuse	35
7. Závěr	37
8. Seznam použité literatury	38
9. Přílohy	43

1. Úvod

I.

Elektrický agregát byl sestaven za účelem lovu ryb pomocí elektřiny. K lovu se využívá stejnosměrného proudu, který vyvolává u ryb elektronarkózu. Elektrolov je v ČR povolen pouze na vyjímku ze zákona, jinak patří mezi zakázané způsoby rybolovu. Uplatňuje se zejména pro získávání generačních ryb z volných vod (pstruh obecný, lipan podhorní, ...) k jejich výtěru a následné reintrodukci. Je však otázkou, do jaké míry ale ovlivňuje elektrolov ostatní vodní organismy.

II.

Téma a zaměření této práce má za úkol porovnat vliv elektrolovu zejména na drift makrozoobentosu v proudných úsecích toků. Drift je definován jako unášení částic a organismů ve směru proudu. Jako další možnost je použití slova drift pro označení migrace, a to jak poproudové, tak i protiproudové, takzvaný „aktivní drift“, i když je tento význam podle některých zdrojů považován za ne zcela přesný. Překlad tohoto anglického slova je nést, unášet, hnát.

Rozdíl mezi planktonem a driftem spočívá v tom, že planktonní organismy se mohou v proudící vodě rozmnožovat a cyklicky vyvíjet, kdežto driftující bentické organismy nikoli. V odborné literatuře byly použity i jiné názvy pro drift, zcela nebo částečně adekvátní, jako např. seston, bentoskok, bioskok, syrton, reoxon. Ke kvalitativnímu odlišení se pak používají termíny emergentní drift (pro zvýšený výskyt druhů hmyzu vylétavajícího z vody) a terestrický drift (pro zvýšený nálet druhů kladoucích do vody vajíčka, stržených větrem nebo vyplavených z břehové části). Označení katastrofický drift se pak používá při zvýšení driftu během přívalů, ledových dřenic, při otravách a znečištění. K tomuto se dá přiřadit i drift způsobený pracemi v korytě nebo drift způsobený elektrošokem při lovu ryb elektrickým agregátem.

Na rozdíl od starších názorů, že driftový fenomén je vyvoláván pouze hydrologickými faktory, převládá mínění, že přítomnost a chování driftujících organismů jsou především projevem jejich celkové aktivity za daných podmínek prostředí. Drift je součástí biologického mechanismu tekoucích vod, tzv. osídlovacího neboli kolonizačního cyklu. Poproudový drift larev hmyzu je v tomto cyklu vyrovnáván protiproudovým výletem imág a kladením vajíček v horních

úsecích toků. Také druhy permanentní fauny (blešivci) jsou běžnou součástí driftu a poproudový úbytek vyrovnávají protiproudovou migrací dospělých jedinců.

Do driftu vstupují především juvenilní instary bezobratlých, kteří v místech původní snůšky a při narůstající konkurenci již nemají dostatek prostoru, nebo jedinci (larvy, kukly) dokončující metamorfózu a líhnoucí se přímo z proudící hladiny (některé druhy jepic, chrostíků, pakomárů a muchniček). Proudem jsou strhávány také druhy z hlubší části dna, které dno opouštějí v době rozmnožování, a dále druhy, které přelézají z proudnice do břehové části a naopak. Drift je jev permanentní, proměnlivý během roku a dne (Lellák a Kubíček, 1991).

III.

Zvýšený drift ovšem způsobují i jiné činnosti, například brodění, které je součástí (i když ne vždy) nejen lovu pomocí elektrického agregátu, ale i jiných rybolovných metod (muškaření, vláčení a jiné). Práce se tedy zabývá tím, zda se drift makrozoobentosu zvýší při použití elektrického agregátu oproti samotnému brodění, jelikož v našem případě je brodění součástí elektrolovu. To umožní srovnání přirozeného driftu a driftu vyvolaného vlivem vlastního elektrického impulsu se specifikací vlivu driftu vyvolaného již výše zmíněným broděním.

2. Literární přehled

2.1 Vliv elektrolovu na mortalitu zoobentosu

Je nesporné, že všichni bezobratlí živočichové, kteří jsou přítomní ve vodním prostředí, mohou být usmrceni elektrickým polem o vysoké intenzitě v závislosti na době průchodu elektrického proudu jejich tělem a jeho druhu. U některých druhů jsou odpovídající elektrické parametry a technická zařízení známé (Ruttner-Kolisko 1943, Meyer-Waarden 1956, Vlasenko 1972 *ex* Rümmler *et al.* 2002).

Studie s 12 různými druhy zooplanktonu (například *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Polyphemus pediculus*, *Diaptomus* sp., *Cyclops* sp.) a hodnotou intenzity pole, které se vyskytuje pouze v bezprostředním okolí lovicí elektrody ($E = 14$ V/cm, stejnosměrný proud, $t = 20$ s, ($= 445 \mu\text{S/cm}$, $T = 12$ °C)), neprokázaly žádné bezprostřední případy úmrtnosti. Dokonce ani po 4 dnech nedošlo mezi elektricky ovlivněnou skupinou a kontrolou k žádným statisticky prokazatelným rozdílům mortality (Riedler 1955 *ex* Rümmler *et al.* 2002).

Se stejnými elektrickými parametry zkoumal také Riedler (1955 *ex* Rümmler *et al.* 2002) vliv na 7 různých druhů larev hmyzu (řády Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata, Megaloptera), beruškách (*Asellus aquaticus*), blešivcích (*Gammarus*), dále i na plžích (plovatky – *Lymnaea stagnalis*, *Lymnaea auricularia*) a mlžích (slávička – *Dreissena polymorpha*, okružanka – *Sphaerium corneum*). Mortalita po jednom dni byla 2 z 18 blešivců, 1 z 9 berušek a 2 ze 3 larev vážek. V těchto experimentech bez souběžné kontroly může mít vliv na mortalitu i manipulace.

Pokusy za účelem určení hodnot elektrického pole, jehož intenzita by měla vliv na drift larev hmyzu, prováděli Mesick a Tash (1980 *ex* Rümmler *et al.* 2002). Bylo použito 20 jedinců z 9 různých druhů (řády Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera). Za podmínek charakteristických pro elektrolov (stejnosměrný proud, $E = 0,18 - 1,62$ V/cm; impulzní stejnosměrný proud, $E = 0,37 - 1,84$ V/cm, frekvence 33 impulzů/s, ale i $E = 4$ V/cm, 66 impulzů/s; $t = 1$ s, $T = 5$ a 10 °C) nebyly zaznamenány žádné trvalé účinky nebo úmrtnost. Metamorfóza larev hmyzu, které byly vystaveny elektrickému poli o intenzitě 4 V/cm, nebyla po následujících 14 dnů nijak ovlivněna.

Troschel a Wetzlar (1990 ex Rümmler *et al.* 2002) prováděli pokusy s rakem bahenním (*Astacus leptodactylus*) a vystavili ho stejnosměrnému ($U = 420 \text{ V}$, $I = 2 \text{ A}$) a impulznímu stejnosměrnému proudu ($U = 600 \text{ V}$, frekvence = 40 impulzů/s) po dobu 15 sekund. K tomu byla použita komerční elektrolovňá zařízení. Vzdálenost od anody byla 30 cm. Z těchto hodnot získaných pro elektrodu standardních rozměrů bylo určeno, že intenzita pole byla 2,1 až 3,0 V/cm. Při průtoku proudu jedinci znehybněli a u některých trvala nehybnost i několik minut po vypnutí proudu. Úmrtnost ve srovnání s kontrolou během pěti týdnů nevykázala žádné statisticky významné rozdíly, výběrový soubor byl však malý (8 až 9 jedinců).

Chen *et al.* (1993 ex Rümmler *et al.* 2002) provedl pokus s rakem červeným (*Procambarus clarkii*) a stejnosměrným proudem. S přibývajícím intenzitou pole raci zrychlují svůj pohyb od katody k anodě dokud nedojde k jejich imobilizaci.

V další práci bylo zkoumáno zvýšení přirozeného driftu bentických organismů při lovu ryb elektřinou v mělkých řekách (0,15 až 0,35 m) se štěrkokamenitými substráty dna. Po třech opakováních lovu s pulzním stejnosměrným proudem se drift zvýšil na maximálně 5 % z celkového počtu všech přítomných organismů. Vzdálenost driftu více než 70 % organismů byla menší než 10 metrů. (Elliot a Bagenal 1972, Fowles 1975 ex Rümmler *et al.* 2002).

Taxony se silným sklonem k driftu mají také silný pud k protiproudové migraci (Mesick a Tasch 1980 ex Rümmler *et al.* 2002).

Největší pravděpodobnost poškození elektrolovem mají druhy s velkým tělem, protože na jejich tělo působí v elektrickém poli vyšší napětí (Shentyakova *et al.* 1970 ex Rümmler *et al.* 2002.).

Pro stanovení mortality byly také použity rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), škeble rybníčná (*Anodonta cygnea*), slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) a plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*). Bylo použito 7 pokusných nádrží pro každý druh, kde jedna nádrž byla kontrola, do třech nádrží byly zavedeny elektrody se stejnosměrným proudem (1,5 V/cm, 8 V/cm a 17 V/cm) a do zbylých třech elektrody s impulzním elektrickým proudem (1,5 V/cm, 8 V/cm a 17 V/cm). Doba trvání jednoho impulzu byla 1 ms (100 impulzů/s). Prostředí ve všech nádržích bylo takřka shodné, teplota 18 až 21 °C a měrná vodivost od 350 do 390 $\mu\text{S/cm}$. Početní

zastoupení bylo 20 jedinců škeble rybníčné, 40 jedinců slávičky mnohotvárné, 10 plovatek bahenních a 10 raků pruhovaných. Jedinci byli umístěni do nádrží a po 30 minutách aklimatizace byli vystaveni elektrickému proudu po dobu 15 sekund. Během následujících 60 minut byla pozorována a stanovena okamžitá mortalita. Jedinci byly následně umístěni do akvárií a perforovaných kontejnerů v jezeře Sacrower. Raci pruhovaní byli drženi individuálně v nádržích napájených vodou z téhož jezera. Po 2, 7 a 14 dnech byla provedena kontrola životaschopnosti každého jedince. V prvních 60 minutách došlo k úhynu pouze u slávičky mnohotvárné v nádržích s impulzním proudem, kdy jeden jedinec uhynul v nádrži s intenzitou 1,5 V/cm a jeden v nádrži s intenzitou 17 V/cm. Veškeré úhyny včetně těchto dvou byly za celých 14 dní sečteny a porovnány. Pokusy se škeblí rybníčnou proběhly beze ztrát jak v kontrole, tak i v ostatních nádržích. Ztráty u sláviček mnohotvárných byly v kontrole mírně vyšší (5 %), než u provedených pokusů (4,2 %). Stejně tomu bylo i u plovatek bahenních (5 % v kontrole, 4,2 % v pokusech). Úmrtnost u raků pruhovaných byla v pokusu mírně vyšší (12,5 %) než v kontrole (10 %). Rozdíl však není statisticky významný (Rümmler *et al.* 2002).

2.2 Možnosti odběru vzorků bentosu pomocí techniky elektrošoku

Odběr vzorků bentických bezobratlých je náročný úkol, který konfrontuje mnoho studií tekoucích vod. Vznikají problémy při odběrech, protože žádný z odběráků není vhodný pro všechny typy přírodních stanovišť. Kromě toho může nerovnoměrné rozšíření bezobratlých vést k chybnému odhadu stanovení populace nebo i k subjektivnímu přístupu k odběru odebraných vzorků (odebrání jen některých taxonů). Navíc jsou vzorky bentosu odebírané s použitím současných metod odběrů zpravidla náročné na zpracování, zejména pak časově. Vzorky bentosu jsou obvykle uchovány spolu s detritem pro pozdější zpracování v laboratoři, nebo jsou tříděni přímo na místě odběru, pokud další zpracování vyžaduje živé jedince (Taylor *et al.* 2001). Tradiční metody pro odběr vzorků v tocích spočívají ve fyzickém rozrušování dna a následném unášení bentosu do sběrné sítě proudem (Surber 1937; Hess 1941; Frost *et al.* 1971). Nicméně tyto vzorky obsahují velké množství detritu, což způsobuje, že zpracování vzorků je obtížné a časově náročné. Další nevýhodou je u tradičních odběrových zařízení to, že vzorek odebírají pouze na malé ploše substrátu (Surber 0,09 m²; Hess 0,09 m²).

Vzhledem k nerovnoměrnému výskytu a rozšíření bezobratlých v tocích (Downing 1979; Lancaster *et al.* 1991), musí být odebrán velký počet vzorků, aby se minimalizoval rozptyl a mohlo dojít k přesnému odhadu velikosti populace nebo rozmanitosti společenstva (Needham a Usinger 1956; Allan 1982; Morin 1985). Tyto odhady jsou často ohroženy časovými a finančními omezeními, která tak snižují optimální počet vzorků (Sheldon 1979; Ferraro *et al.* 1989). Metoda elektrošoku byla zkoušena proto, aby poskytla nové možnosti, jako jsou účinné odstranění bezobratlých ze substrátu a tím i minimalizaci detritu a zbytků ze dna v odebraném vzorku, nebo využití na větší ploše než mají klasické odběráky a tím i snížení variace mezi vzorky (Taylor *et al.* 2001). Elektrický proud se používá k omráčení a lovu ryb již po několik desetiletí (Cowx 1983, Hayes a Baird 1996), ale použití této techniky k odběrům vzorků bentických bezobratlých je relativně nové. Nedávná studie zkoumala použití elektrošoku na odběr vzorků desetinožců – řád Decapoda (Penczak a Rodriguez 1990, Fièvet *et al.* 1996; Rabeni *et al.* 1997). Metoda elektrošoku byla rovněž experimentálně použita pro shromáždění velkého množství larev jepic (McIntosh a Townsend 1994). Další studie zkoumaly nepřímý vliv elektrolovu na hustotu a drift zoobentosu (Elliot a Bagenal 1972; Fowles 1975; Bisson 1976). Ve všech těchto studiích vyvolal elektrošok drift taxonů bez fyzického rozrušování dna. Díky tomu bylo předpokládáno, že odběr vzorku bentosu pomocí elektrošoku by bylo efektivní využívat pro kvantitativní odhady četnosti populací bezobratlých. Tato metoda by měla větší účinnost zpracování vzorku, protože množství nashromážděného detritu by mělo být sníženo. Na základě těchto předpokladů byly vyvinuty dvě metody pro odběr v tocích, které mají pomocí elektrolovu přimět bentos k driftu a zachytit se v sítích. První metoda je použití elektrošoku uvnitř upraveného Hessova odběráku (0,09 m²), druhá pak zahrnuje opakované prolovování elektrickým proudem větší oblasti (2 -4 m²) ohraničené v horní a dolní části sítěmi. Porovnávaly se rozdíly v odhadech hustoty, účinnosti a výběrovosti mezi technikami využívajícími elektrošok a ostatními metodami (odběry vzorků z odběráku Surber, z Hessova odběráku a manuální odběr vzorků z jednotlivých kamenů). Pro porovnání vlivu elektrického proudu na bezobratlé byl porovnáván jejich drift, růst a úmrtnost. Toto bylo provedeno na společném zástupci, a to na jepicích *Baetis bicaudatus*, shromážděných výše uvedenými metodami (Surber, Hess a metody využívající elektrošoku). Nakonec se

porovnávala doba zpracování vzorků (vybírání a třídění) pro vzorky odebrané z odběráku Surber a vzorky získané metodami využívající elektrošoku.

Místo pokusů byla řeka East River a její přítoky v blízkosti biologické laboratoře Rocky Mountain v Coloradu, v nadmořské výšce 2945 m. Toky v této oblasti mají velký spád, dno tvořené kameny, průměrnou letní teplotu mezi 5 – 13 °C a vodivost v rozmezí od 126 do 270 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Jsou zde toky od prvních řádů, s průměrnou šířkou 1,7 m a letním průtokem 2,8 l/s, až po toky řádů třetích, s průměrnou šířkou 9,3 m a letním průtokem 770 l/s (Peckarsky *et al.* 2000, 2001). Ve společenstvech těchto toků převládají jepice (Ephemeroptera), pošvatky (Plecoptera), dvoukřídlí (Diptera) a chrostíci (Trichoptera) (Peckarsky 1991).

Při odběru vzorků pomocí elektrošoku byl použit zádový elektrický agregát Smith – Root model 15 – C. Standardní 28 centimetrová elektroda (anoda) byla nahrazena 15 centimetrovou, která produkovala silnější proud přes menší plochu. Požadavky na efektivní napětí byly podobné těm, které se v těchto tocích používají k lovu lososovitých ryb, a to v rozmezí 500 až 700 V stejnosměrného proudu. Ačkoli agregát Smith – Root má různé frekvence a šířky impulsů, bylo zjištěno, že standardní nastavení doporučené pro lososovité ryby bylo uspokojivé (60 až 80 impulsů/s a doba trvání impulsu 6 ms) (Taylor *et al.* 2001).

V roce 1997 bylo porovnáno pět vzorků odebraných z modifikovaného Hessova odběráku pomocí elektrošoku a pět vzorků odebraných v odběráku Surber ze různých toků v povodí East River. V roce 1999 bylo porovnáno pět vzorků odebraných z modifikovaného Hessova odběráku pomocí elektrošoku, tři vzorky odebrané opakováním elektrošoku přes větší oblast, pět vzorků odebraných v odběráku Surber, pět v Hessově odběráku a pět vzorků odebraných manuálně z jednotlivých kamenů. Vzhledem k tomu, že metody využívající k odběrům vzorků elektrošoku způsobují drift bentosu, byly jako první odebrány vzorky metodami bez elektrošoku. Vzorky byly poté obarveny bengálskou červení a konzervované v 95% ethanolu. Elektrický gradient uvnitř modifikovaného Hessova odběráku byl vytvořen tak, že anoda byla uvnitř odběráku a katoda v bezprostřední blízkosti odběráku, doba po kterou byl spuštěn elektrický proud byla 90 sekund. V roce 1999 byl umístěn 2 m široký a 1 m vysoký blok sítě s velikostí ok 280 μm pro odběr vzorků z větší oblasti (2 – 4 m^2), který byl ke dnu ukotven dřevěnými kůly. Katoda byla umístěna pod sítí a elektrický gradient směřoval od anody ke katodě. Účinnost

odběrů byla odhadnuta podle rovnic získaných Zippinem (1956, 1958). V roce 1997 a 1999 byly odebrány vzorky pomocí odběráku Surber (0,09 m², velikost ok 202 μm) na pěti náhodně vybraných místech klasickým rozrušováním dna rukou po dobu 90 s. V roce 1999 byl použit Hessův odběrák bez elektřiny, kdy byl vzorek odebrán klasicky ručním rozrušováním dna po dobu 90 s. V téže roce byly manuálně odebrány i vzorky z pěti náhodně vybraných kamenů (10 -15 cm) tak, že kameny nadzvednuté ze dna byly co nejrychleji přesunuty do vzorkovací sítě (velikost ok 250 μm). Plocha jednotlivých kamenů byla odvozena od jejich vnějšího obvodu. Všechny odebrané vzorky byly následně tříděny v laboratoři jedinou osobou na jednotlivé taxony. Doba na zpracování vzorku se vydělila celkovým počtem bezobratlých v každém vzorku, aby se získal počet minut na zpracování 100 jedinců (Taylor *et al.* 2001).

Pro zjištění škodlivých účinků odběru vzorků pomocí elektřiny byly provedeny pokusy na jepicích *Baetis bicaudatus*, které byly shromážděny všemi výše uvedenými metodami. Jedinci byly umístěni do nádrží po 15 jedincích z každého odběru zvláště. Na každý typ odběru bylo vyčleněno 10 nádrží. Do nádrží byly umístěny kameny s nárosty řas jako potravní zdroj. Velikost dílčího výběru *Baetis* byla zjištěna jejich vysušením při 60 °C za 24 hodin a následným zvážením na mikrováhách. Úmrtnost byla stanovena jako součet počtu jedinců, kteří zbyli po 7 dnech (Taylor *et al.* 2001).

V roce 1997 byly významné rozdíly mezi metodami odběru z odběráku Surber a elektrošoku uvnitř Hessova odběráku zejména u odhadu hustoty Ephemeroptera (jepice) a Plecoptera (pošvatky). Tyto rozdíly byly přičteny nízkému odhadu pro metodu Surber. Pro Trichoptera (chrostíky) a ostatní taxony nebyly mezi metodami zjištěny žádné významné rozdíly. Leveneův (1960) test pro homogenitu rozptylů mezi metodami odběru vzorků v rámci každého toku neprokázal takřka žádné rozdíly, uvedl naopak že rozptyly jsou stejné pro všechny odběry vzorků. V roce 1999 byly významné rozdíly pro odhad celkové hustoty bezobratlých u všech pěti metod odběrů. Podle manuálního odběru z jednotlivých kamenů byla odhadována nejvyšší hustota s největší variabilitou. Oproti tomu tradiční technika Surber poskytla nejnižší odhad hustoty. Metoda elektrošoku přes větší oblast byla výsledky podobná manuálnímu odběru vzorků z jednotlivých kamenů. Elektrošok v Hessově odběráku a vzorky odebrané z Hessova odběráku klasicky poskytly odhady střední

hustoty a významě se tedy nelišily od všech ostatních metod odběru vzorků. Ephemeroptera (jepice) byly nejhojnější skupinou ve všech metodách odběrů, nicméně ve vzorcích z odběráku Surber byly odhady hustoty pro Ephemeroptera nejnižší ve srovnání s ostatními čtyřmi metodami odběru vzorků. Plecoptera (pošvatky) byly druhou nejčastější skupinou, ale odhady jejich hustoty byly významně odlišné mezi všemi pěti způsoby odběru vzorků. Odhady hustot u Trichoptera (chrostíci) byly výrazně odlišné mezi všemi metodami, kdy ale ve vzorcích z Hessova a Surberova odběráku bylo zastoupeno více jedinců chrostíků než u manuálního odběru z jednotlivých kamenů. U ostatních taxonů nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v odhadech hustoty pro všechny metody odběru vzorků (Taylor *et al.* 2001).

Odběr vzorků Hessovým odběrákem byla nejúčinnější technika, 86 % z celkového počtu jedinců bylo odebráno při prvním odběru (probíhaly vždy tři odběry z totožného místa). Odběry vzorků odběrákem Surber měly podobnou účinnost, ale zároveň se příliš nelišily od elektrošoku v omezeném prostoru (v modifikovaném odběráku). Pravděpodobnost zachycení bentosu pro metodu elektrošoku přes větší oblast byla 73 %. Nicméně $92,5 \pm 6,1$ % bezobratlých bylo odebráno po třech použití elektrošoku, a to jak přes větší oblast, tak i v modifikovaném odběráku. Velikost jednotlivých jepic (*Baetis*) se mezi vzorky odebranými pomocí odběráku Surber a metodou elektrošoku nelišila. Zpracování vzorku bylo u metody elektrošoku o 40 % rychlejší než u vzorku, který byl odebrán v odběráku Surber, protože vzorky obsahovaly méně sedimentu a detritu. Vytřídění a určení 100 jedinců bentosu trvalo u vzorků odebraných elektrošokem 15 minut oproti 25 minutám u vzorků z odběráku Surber. Obě metody využívající elektrošoku i odběry z Hessova a Surberova odběráku měly přibližně shodné odhady množství taxonů. Oproti tomu vzorky odebrané manuálně z jednotlivých kamenů měly nízkou taxonomickou základnu, složení tvořily převážně taxony Ephemeroptera, což vedlo k vyššímu odhadu jejich dominance ve společenstvu. Při zkoumání vlivu elektrošoku na přežití, růst, vývoj a drift jepic rodu *Baetis* nebyly zjištěny žádné účinky (Taylor *et al.* 2001).

2.3 Efekt pozorování vodních organismů pomocí šnorchlování na drift zoobentosu

Stále častěji se používají pro pozorování vodních organismů (a to zejména ryb) přímé pozorovací techniky jako šnorchlování a potápění (Dolloff *et al.* 1996). Výhodou šnorchlování je to, že umožňuje pozorovateli určit přesné umístění ryb v proudu takřka bez ovlivnění jejich chování (Heggenes *et al.* 1990). Některé druhy a velikostní třídy jsou náchylnější k driftu (Waters 1962; Allan 1978). Množství driftu je ovlivněno i světlem, množství driftu je obecně přes den nižší a naopak za soumraku se blíží svému vrcholu (Waters 1962).

Petty a Grossmann (2000) provedli krátkodobou studii zabývající se vlivem šnorchlování na počet a složení driftu (velikostní a taxonomické). Studie byla provedena v září 1994 při průtoku 0,23 m³/s. Šnorchlování bylo prováděno přes den (od 11:00 do 16:00), protože to bývá i nejčastější doba pozorování ryb v malých (mělkých) tocích. Byly určeny tři desetimetrové úseky na řece o průměrné šířce 5,2 metrů (od 3,9 po 6,0 metrů). Nadmořská výška této oblasti byla 700 metrů nad mořem. Tyto tři úseky byly fyzicky srovnatelné. Substrát dna byl tvořen kameny a šterkem. Začalo se odebráním kontrolních vzorků, kdy neprobíhalo žádné šnorchlování. Drift se sledoval vždy po patnácti minutách, celkem ve třech opakováních. Na spodním konci každého úseku byly umístěny sítě (30x30 cm rámy a síťovina o velikosti ok 250 μm) přes celou šířku toku ve stejných vzdálenostech, stejně tak i ode dna k hladině. Po patnácti minutách byly sítě vyndány a obsah byl přenesen do nádob s 10% formalínem pro pozdější zpracování v laboratoři. Hned nato byly sítě vráceny do vody a na desetimetrovém úseku před sítěmi se začalo šnorchlovat po dobu 12 až 15 minut. Po uplynutí doby byly opět vzorky vyndány z vody a umístěny do 10% formalínu. Aktuální průtok se měřil pomocí elektronického průtokoměru (model 201 Marsh – McBirney). Pro srovnávací účely bylo odebráno pět vzorků bentosu ze sousedního ramena řeky (řeka zde tvoří vidlici) pomocí Hessova odběráku (0,1 m², síť o velikosti ok 250 μm). V laboratoři se dále rozdělily vzorky na jednotlivé řádky. V rámci řádků se dále ještě jedinci dělili na malé a velké (malí - < 1,0 mm, velké - ≥ 1,0 mm). Vzorky driftu makrozoobentosu u kontroly i při šnorchlování byly definovány jako celkový počet jedinců zachycených v síti za minutu. Porovnávaly se relativní hojnosti hlavních taxonů makrozoobentosu i velikosti přítomných organismů ve vzorcích bentosu,

kontrolního driftu a driftu za účasti šnorchlování. Druhým cílem této práce bylo zjištění vlivu šnorchlování na hustotu a složení bentosu v oblasti šnorchlování. Účinek šnorchlování (zde jako reakce bentosu na vyrušení) se stanovil odečtením počtu jedinců zachycených v kontrolním driftu od počtu jedinců v driftu za účasti šnorchlování. Účinky pak byly normalizovány na plochu o rozloze 3 m², kdy se počítalo se šířkou sítě (0,3 m) vynásobenou délkou úseku (10 m). Při šnorchlování se drift malých bezobratlých významně zvýšil z původních $5,5 \pm 1,4$ jedinců za minutu až do výše $57,8 \pm 11,1$ jedinců za minutu. Stejně tak se zvýšilo množství driftujících organismů velkého bentosu (z $0,10 \pm 0,02$ jedinců za minutu na $0,32 \pm 0,14$ jedinců za minutu). Šnorchlování mělo vliv také na velikost a taxonomické složení driftu makrozoobentosu. Relativní množství malých bezobratlých v driftu se zvýšilo z 98,2 % v kontrole na 99,5 % u vzorku driftu za účasti šnorchlování. Navíc byl zaznamenán posun v taxonomickém složení v důsledku šnorchlování (tabulka 1). Konkrétně relativní početnost jepic (Ephemeroptera) v driftu se při šnorchlování zvýšila (tabulka 1). Srovnáním vzorků driftu a bentosu vyplynulo, že nejvíce šnorchlování ovlivnilo zvýšení driftu bezobratlých, kteří mají přirozeně vysoký sklon k unášení. Například relativní hojnost malého bentosu byla v kontrole (97,8 %) významně vyšší, než se očekávalo na základě složení bentosu (96,2 %), což naznačuje přirozeně vysoký sklon k driftování pro tyto menší bezobratlé. Jako primární vliv šnorchlování tedy vyplynulo zintenzivnění driftu malých bezobratlých. V přírodních podmínkách vykazovaly jepice (Ephemeroptera) vysoký sklon k driftování oproti ostatním taxonům (tabulka 1). V pokusu pak bylo toto ještě umocněno šnorchlováním (tabulka 1).

	Bentos	Drift - kontrola	Drift - šnorchlování
Diptera	50%	27%	25%
Ephemeroptera	18%	58%	71%
Plecoptera	8%	2%	2%
Trichoptera	6%	3%	1%
Ostatní	18%	10%	1%

Tabulka 1. Procentuální zastoupení jednotlivých taxonů ve vzorcích.

Dále bylo zjištěno, že šnorchlování nemělo významný vliv na hustotu a složení makrozoobentosu. Ve skutečnosti bylo procento bentosu, který driftoval v reakci na šnorchlování, nižší než 0,5 % u všech taxonů s výjimkou jepic. U jepic bylo toto

procento podstatně vyšší, téměř 5 % ze všech jepic přítomných v bentosu vstoupilo do driftu v reakci na šnorchlování. Nicméně celkový vliv šnorchlování je velmi malý, do driftu vstupuje z celkového bentosu při šnorchlování jen velmi malé procento, a to okolo 1 % (Petty & Grossman 2000).

Je možné, že šnorchlování má mnohem větší vliv na bentos v noci. Předchozí studie ukázaly, že mnoho bezobratlých driftuje dále v noci než ve dne (Elliott 1971; Malmqvist & Sjöström 1987).

3. Popis lokalit

3.1 Lokalita Blanice – Strunkovice

3.1.1 Popis lokality

Prvním místem odběru vzorků byla řeka Blanice poblíž obce Strunkovice nad Blanicí. Průtokové poměry jsou zde závislé zejména na přehradě Husinec, která je od místa odběru vzdálená přibližně 11 až 12 km. Průměrný průtok pod Husineckou přehradou je $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Anonym1 2010). Dno řeky je zde převážně kamenité (od 5 do 66 cm v průměru), místy i šterkovité. Průměrná rychlost proudu v době odběru vzorků byla $0,57 \text{ m/s}$. Průměrná šířka toku zde byla 11 m (v rozmezí 9 až 13 m). Hloubka v místě odběru se v průměru pohybovala okolo 31 centimetrů (rozmezí od 25 do 38 cm). Délka úseku, na němž se pokus prováděl, byla 13 m.

3.1.2 Podnebí

Tato lokalita leží v okrese Prachatice v Jihočeském kraji v nadmořské výšce 458 m n. m. (Anonym2 2010). Klimatické podmínky v prachatickém okrese jsou silně ovlivněny nadmořskou výškou, velkou členitostí terénu a jsou proto značně rozdílné. V oblastech pod 800 m jako v našem případě je podnebí mírně teplé. Průměrná roční teplota dosahuje v Husinci (nadmořská výška 504 m) $7 \text{ }^\circ\text{C}$. Ve výše položených místech okresu je podle dlouhodobého měření v průměru více než 130 dnů se sněhovou pokrývkou. Průměrné roční srážky se pohybují od 500 mm/m^2 v nižších polohách až po 1100 mm/m^2 v horských oblastech okresu (Anonym3 2010).

3.2 Lokalita Blanice – Vodňany

3.2.1 Popis lokality

Druhé i třetí místo odběrů vzorků byla řeka Blanice ve Vodňanech pod spodním jezem (směrem na Protivín). Průměrný průtok Blanice v Bavorově (přibližně 9 km proti proudu) je $3,54 \text{ m}^3/\text{s}$ (Anonym1 2010). Koryto řeky bylo ve Vodňanech v minulosti napřímené. Dno řeky je zde tvořeno hlavně kameny různých velikostí (od 5 do 60 cm v průměru). Průměrná rychlost proudu zde byla v době odběrů $1,15$ a $1,05 \text{ m/s}$. Průměrná šířka toku $11,60 \text{ m}$ (v rozmezí $11,20$ až 12 m). Hloubka koryta byla v prvním případě v místě odběru $0,4 \text{ m}$, v druhém pak $0,3 \text{ m}$. Délka pokusného úseku byla $18,5 \text{ m}$.

3.2.2 Podnebí

Vodňany leží v okrese Strakonice v Jihočeském kraji v nadmořské výšce 398 m n. m. (Anonym4 2010). Zeměpisnou polohou ve výšce 382 – 838 m n. m. se tento okres řadí spíše mezi podhorské oblasti a v jihozápadní části mezi horské. Průměrné roční teploty se pohybují mezi 6 – 7,5 °C. Vodní srážky jsou poměrně vyrovnané, v průměru 550 – 650 mm/m² (s výjimkou roků 2002 – povodně a 2003 – extrémní sucho) (Anonym5 2010).

4. Materiál a metodika

4.1 Uspořádání pokusu

Odběry pro tento pokus proběhly celkem třikrát na dvou úsecích řeky Blanice, a to 17. 6. 2009 u obce Strunkovice nad Blanicí, 12. a 19. 10. 2009 pak ve Vodňanech. Sledovali jsme množství driftujícího makrozoobentosu, a to jak drift přirozený, tak i drift vyvolaný broděním a elektrolovem.

4.2 Fyzikálně – chemické vlastnosti vody

Při prvním odběru byla měřena pouze teplota vody pomocí lihového teploměru. V dalších dvou odběrech už byla měřena i koncentrace kyslíku a teplota pomocí multimetru. U obou lokalit se dále měřila rychlost proudu, průměrná šířka toku v místech odběru, délka úseku na němž pokusy proběhly a průměrná hloubka koryta.

4.3 Odběry vzorků

Vlastní odběry vzorků na první lokalitě proběhly 17. 6. 2009. Ke zjištění driftu byly použity driftové sítě o rozměrech vstupního otvoru 1 x 0,3 m a velikostí ok 500 μm . Tyto sítě mají po obvodu vstupního otvoru kovový rám, který má na kratších stranách dva kovové kruhy. Ty umožňují vertikální umístění sítí do toku. Sít'ovina za rámem tvoří rukáv, na jehož konec se pomocí provázku připevňuje plastová lahvička pro odběr vzorků. Sítě byly umístěny vždy po dvou v těsné blízkosti u sebe. Tím jsme docílili, že šíře odběru byla 2 m. Pro upevnění sítí byly použity železné zahrocené tyče s navařenou zarážkou, které po provlečení kruhy na sítích a zatlučením do dna držely sítě u dna a ve vertikální poloze. Pro zjištění přirozeného driftu byly sítě při prvním odběru ponechány v proudu po dobu 20 minut. Po uplynutí daného času jsme sítě vyjmuli z proudu. Postupným promýváním, následným propláchnutím v kbelíku s vodou a zcezením přes síto jsme přemístili organismy ze sítí do plastové lahvičky. Organismy zachycené na síti i přes propláchnutí jsme ze sítí odebrali do lahvičky manuálně. Vše se konzervovalo 4% formaldehydem. Další odběr byl proveden ve stejném místě s tím rozdílem, že před sítěmi, které byly umístěny na totožném místě, proběhlo brodění v úseku 13 m po dobu dvou minut. Po vyjmutí sítí proběhlo zpracování a konzervace vzorků naprosto totožně jako v prvním případě. Sítě byly následně umístěny do druhé poloviny toku na stejném úseku (13 m) byl po dobu 2 minut prováděn lov pomocí

elektrického agregátu. Následné vyjmutí a konzervace proběhla opět totožně s předchozími případy. Při odběrech vzorků bentosu ze dna jsme použili klasický odběrák Surber, konstruovaný dle normy ČSN EN 28265 (ISO 8265 : 1988). Plocha tohoto odběráku je obecně 0,09 m² (0,3 x 0,3 m). Vzorky jsme pomocí odběráku Surber odebrali nad místem odběru vzorků driftu a následně i v obou úsecích odběru driftu – po elektrolovu a po samotném brodění. Odebrané vzorky se opět konzervovaly 4% formaldehydem.

Druhý a třetí odběr proběhly na řece Blanici 12. a 19. 10. 2009. Odběr vzorků čistého driftu byl takřka shodný s předchozím odběrem, až na čas odběru. 12. 10. 2009 byla doba odběru přirozeného driftu zkrácena kvůli vysokému množství nečistot (listí) na 15 minut, 19. 10. 2009 pak na 10 minut. Dále proběhly odběry vzorků driftu ovlivněného broděním a driftu ovlivněného elektrolovem. Délka úseků byla v obou případech 18,5 m a doba brodění i elektrolovu byla 2 minuty. 12. 10. 2009 byly odebrány vzorky pomocí odběráku Surber v místě odběru driftu bentosu ovlivněného broděním i v místě odběru driftu ovlivněného elektrolovem. 19. 10. 2009 pak byl pomocí odběráku Surber odebrán vzorek pouze nad úseky odběru driftu. Veškeré odebrané vzorky byly opět konzervovány 4% formalínem.

Ve všech případech byl pro odběr driftu ovlivněného elektrolovem použit zářivý bateriový agregát Smith & Root o napětí 400V.

4.4 Vybavení pro odběry

U všech odběrů byly použity driftové sítě s kovovým rámem o velikosti vstupního otvoru 1 x 0,3 m a velikosti ok sítě 500 µm. Dále byl použit odběrák Surber. Ve všech případech byl použit zářivý bateriový agregát. K dalšímu vybavení patřily plastové lahvičky na vzorky, 40% formaldehyd, pinzety a stříčka. Pro měření šířky toku a délky úseku bylo použito pásmo. Teplota vody a koncentrace rozpuštěného kyslíku byla měřena multimetrem WTW Multiline. Pro měření substrátu dna (kamenů) a hloubky koryta jsme použili klasický svinovací metr. Rychlost proudu byla měřena pomocí vrtulového rychloměru, využívající přepočty otáček za určitý čas na rychlost proudění.

4.5 Konečné zpracování vzorků

Vzorky jsme zbavili detritu a třídili do 5 skupin, jepice (Ephemeroptera), pošvatky (Plecoptera), chrostíci (Trichoptera), pakomáři (Chironomidae) a ostatní (Varia). Ve všech vzorcích se počítalo kusové množství jednotlivých zástupců každé skupiny. Poté se u všech vzorků driftu vydělil počet jedinců jednotlivých skupin dobou odběru. Tím jsme získali počet driftujících jedinců za minutu. Toto nám umožňuje porovnání jednotlivých odběrů driftu (přirozený drift, drift ovlivněný broděním a drift ovlivněný elektrolovem). U jednotlivých skupin se dále určovaly dominující taxony.

5. Výsledky

5.1 Blanice – Strunkovice (17. 6. 2009)

První odběr 17. 6. 2009 z Blanice u Strunkovic nad Blanicí prokázal zvýšení driftu makrozoobentosu (tab.1) při elektrolovu (v tabulce uvedeno jako E+) i brodění (E-). Nejméně jedinců v celkovém součtu bylo v přirozeném driftu, i když doba jeho odebrání byla 10krát delší než u ostatních dvou odběrů driftu. Oproti tomu nejvíce driftujících jedinců bylo při odběrech driftu s vlivem elektrolovu (E+) (tab. 1).

17.6.2009	přirozený drift 1	přirozený drift 2	síť 1 E -	síť 2 E -	síť 1 E +	síť 2 E +
Trichoptera	0	1	5	8	5	11
Ephemeroptera	0	1	1	8	18	73
Plecoptera	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0	2	2	0	2
Varia	0	0	0	0	2	9
Celkem ks	0	2	8	18	25	95

Tab. 1 Počty jedinců ve vzorcích driftu

Pro přesnější srovnání jsme provedli přepočít driftujících organismů na jednu minutu (tab. 2).

17.6.2009	přirozený drift 1 / min	přirozený drift 2 / min	síť 1 E - / min	síť 2 E - / min	síť 1 E + / min	síť 2 E + / min
Trichoptera	0	0,05	2,5	4	2,5	5,5
Ephemeroptera	0	0,05	0,5	4	9	36,5
Plecoptera	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0	1	1	0	1
Varia	0	0	0	0	1	4,5
Celkem ks	0	0,1	4	9	12,5	47,5

Tab. 2 Drift za minutu

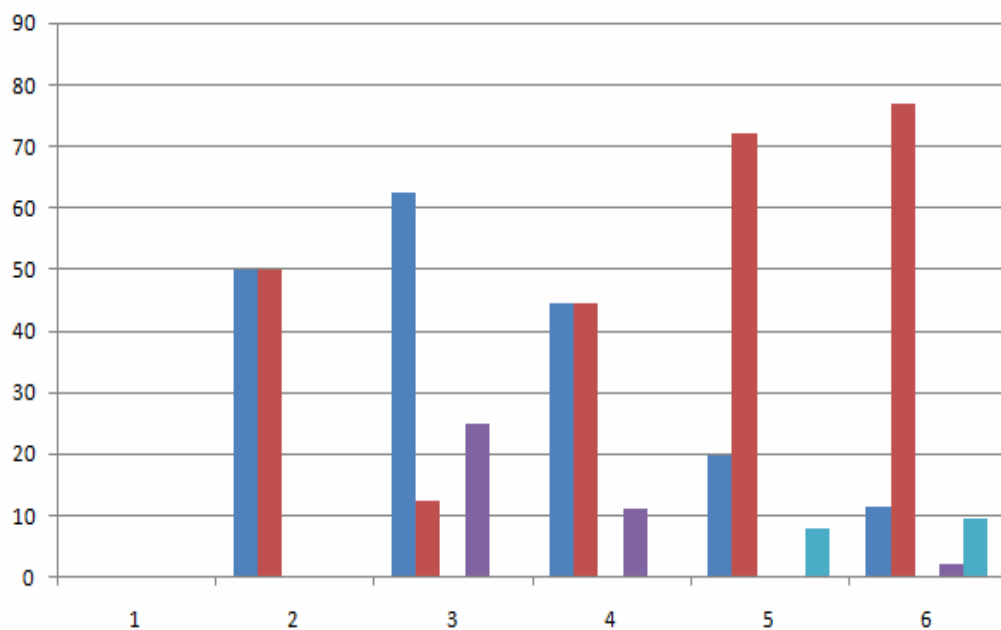
Při porovnání jednotlivých variant driftu nemáme u tohoto odběru srovnání přirozeného driftu pro síť 1, protože tato síť zůstala i po dvaceti minutách prázdná. V síti 1 jsme tedy mohli porovnat pouze drift ovlivněný broděním (dále v textu už jen E-) a elektrolovem (dále jen E+). Z těchto odběrů jsme zjistili, že rozdíl pro síť 1 u chrostíků co se týká počtu jedinců nebyl. U jepic v síti 1 došlo ke zvýšení driftu ve vzorcích E+ oproti vzorkům E- 18krát. Pakomáři byli přítomni v síti 1 pouze v driftu E-. Skupina varia byla přítomna v síti 1 pouze u driftu E+.

V síti 2 už přirozený drift zastoupen byl a tudíž máme srovnání pro zbylé dvě metody odběru driftu. U chrostíků se drift E+ zvýšil 80krát oproti přirozenému a

drift E- 130krát. U jepic došlo ke zvýšení driftu E- 80krát oproti driftu přirozenému, a drift E+ se v této síti oproti přirozenému driftu zvýšil 730krát.

Srovnáním driftu E- a E+ jsme dospěli ke zjištění, že drift u E+ byl vyšší v síti 1 u jepic 18krát, u chrostíků se nezměnil. Ostatní skupiny nebyly zastoupeny v obou driftech a nešly proto porovnat. V síti 2 došlo k mírnému zvýšení u chrostíků (1,4krát) u driftu E+. Ke zvýšení došlo i u jepic, a to 9,1krát. U pakomárů byly počty v obou driftech shodné.

Při porovnání procentuálního zastoupení jednotlivých skupin v driftu (tab. 3, graf 1) jsme při tomto odběru vzorků zjistili, že složení driftu se změnilo. V přirozeném driftu a v driftu ovlivněném broděním (E-) byl poměr dominantně zastoupených skupin (chrostíků a jepic) vyrovnaný (50 % ku 50 %; 44,4 ku 44,4 %), nebo vyšší ve prospěch chrostíků (62,5 ku 12,6 % v síti 1 E-). Naopak ve vzorcích driftu ovlivněných elektrolovem (E+) bylo zastoupení jepic v obou případech přes 70 % (72 % a 76,8 %) oproti chrostíků, jejichž procentuální zastoupení kleslo na 20 % a 11,6 %.



Graf 1 Zastoupení jedinců v driftu v %

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1 – přirozený drift 1 | modrá - Trichoptera |
| 2 - přirozený drift 2 | červená - Ephemeroptera |
| 3 – drift E- síť 1 | fialová - Chironomidae |
| 4 - drift E- síť 2 | světle modrá - Varia |
| 5 – drift E+ síť 1 | |
| 6 – drift E+ síť 2 | |

17.6.2009	přirozený drift 2 v %	síť 1 E - v %	síť 2 E - v %	síť 1 E + v %	síť 2 E + v %
Trichoptera	50	62,5	44,4	20	11,6
Ephemeroptera	50	12,5	44,4	72	76,8
Chironomidae		25	11,2		2,1
Varia				8	9,5

Tab. 3 Procentuální zastoupení jedinců v driftu

Z hlediska rodového zastoupení vypadaly vzorky z jednotlivých sítí následovně:

Síť 1 přirozený drift – nezachytili se žádné vzorky

Síť 1 drift E- u chrostíků - rody *Anabolia* a *Limnephilus*, u jepic - rod *Baetis*.

Síť 1 drift E+ u chrostíků - rody *Anabolia*, *Hydropsyche* a *Polycentropus*, u jepic - rody *Baetis*, *Potamanthus* a *Ecdyonurus*, skupina ostatní (varia) – 2 jedinci třídy máloštětinatci (Oligochaeta)

Pošvatky (Plecoptera) nebyly v driftu přítomny.

Síť 2 přirozený drift u chrostíků – rod *Polycentropus*, u jepic - *Baetis*.

Síť 2 drift E- u chrostíků - rody *Anabolia* a *Limnephilus*, u jepic - rod *Baetis* (zastoupen 90 %) a rod *Ecdyonurus*.

Síť 2 drift E+ u chrostíků – rod *Hydropsyche* (zastoupen 70 % všech přítomných chrostíků) a rod *Polycentropus*, u jepic - rody *Baetis* (opět 90% zastoupení), *Potamanthus* a *Ecdyonurus*, skupina varia - 2 jedinci třídy Oligochaeta a 7 jedinců čeledi muchničkovití (Simuliidae).

Pro porovnání jsme odebrali vzorky bentosu odběrákem Surber (tab. 4).

17.6.2009	Surber bez ovlivnění (nad odběry)	Surber v E +	Surber v E -
Trichoptera	27	38	41
Ephemeroptera	39	32	40
Plecoptera	0	0	1
Chironomidae	43	15	13
Varia	10	4	7
Celkem ks	119	89	102

Tab. 4 Počty jedinců ve vzorcích bentosu

V rodovém zastoupení ve vzorku bentosu nad odběry byly u chrostíků přítomny rody *Hydropsyche* (50 %), *Anabolia* a *Limnephilus*, u jepic rody *Baetis* (90 %), *Potamanthus* a *Ecdyonurus*, a u skupiny varia rod *Elmis* (8 ks), čeleď Ceratopogonidae (1 ks) a chobotnatka plochá (*Glossiphonia complanata* – 1 ks).

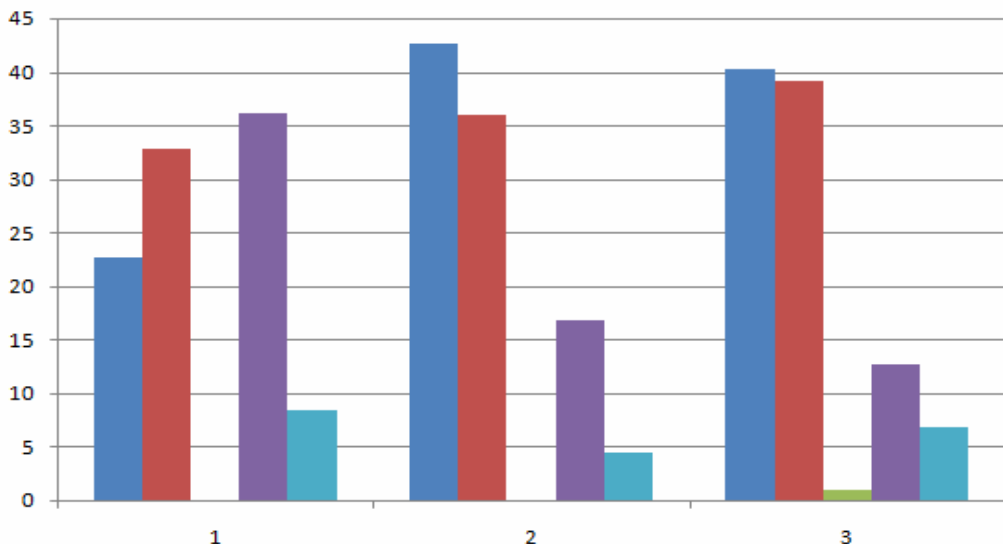
Ve vzorku bentosu z místa odběru driftu ovlivněného elektrolovem vypadalo rodové zastoupení následovně: chrostíci - rody *Hydropsyche* (50 %), *Anabolia* a *Limnephilus*, jepice - rody *Baetis* (90 %), *Potamanthus* a *Ecdyonurus*, a ve skupině varia – rod *Elmis* (2 ks) a čeleď Athericidae (2 ks).

Ve vzorku bentosu z místa po odběru driftu ovlivněného broděním to vypadalo následovně: chrostíci – rody *Anabolia* (90 %), *Hydropsyche* a *Polycentropus*, jepice – rody *Baetis* (90 %), *Potamanthus* a *Ecdyonurus*, varia – třída máloštětinatci (Oligochaeta – 2 ks), hltanovka bahenní (*Erpobdella octoculata* – 2 ks) a chobotnatka plochá (*Glossiphonia complanata* – 3 ks).

Procentuální vyjádření jednotlivých skupin v bentosu (tab. 5) mezi vzorky bentosu nevykazuje významné rozdíly u zastoupení jepic a skupiny varia, u chrostíků a pakomárů byl zaznamenán rozdíl mezi zastoupením ve vzorku neovlivněném a vzorky z míst ovlivněných broděním a elektrolovem a to až o 20 %.

17.6.2009	Surber bez ovlivnění (nad odběry) v %	Surber v E + v %	Surber v E – v %
Trichoptera	22,7	42,7	40,2
Ephemeroptera	32,8	36	39,2
Plecoptera			1
Chironomidae	36,1	16,8	12,7
Varia	8,4	4,5	6,8

Tab. 5 Procentuální zastoupení jedinců v bentosu



Graf 2 Zastoupení jedinců v bentosu

1 – bentos čistý (nad odběry)

2 – bentos v E-

3 – bentos v E+

modrá - Trichoptera

červená - Ephemeroptera

zelená - Plecoptera

fialová - Chironomidae

světle modrá - Varia

Pošvatky byly v této lokalitě zastoupeny v minimálním množství, ve vzorcích driftu vůbec a ve vzorcích bentosu pouze nahodile jeden jedinec (z celkového počtu 310 jedinců). Početně nejvíce zastoupenou skupinou ve vzorcích driftu i bentosu v této lokalitě byly jepice.

5.2 Blanice – Vodňany (12. 10. 2009)

V druhém odběru na řece Blanici ve Vodňanech bylo zastoupeno opět nejméně jedinců v přirozeném driftu (tab. 6) i po 15 minutách odběru (7,5krát delší doba než u zbylých dvou odběrů driftu). Nejvíce jedinců v součtu zde bylo u vzorku driftu ovlivněného pouze broděním (E-) v síti 1. V průměru z obou sítí (1 + 2) pak bylo nejvíce jedinců ve vzorcích driftu ovlivněného elektrolovem (E+).

12.10.2009	přirozený drift 1	přirozený drift 2	síť 1 E -	síť 2 E -	síť 1 E +	síť 2 E +
Trichoptera	7	2	267	65	136	39
Ephemeroptera	21	2	131	90	250	205
Plecoptera	0	0	5	1	8	6
Chironomidae	2	0	7	1	6	0
Varia	0	0	2	2	4	0
Celkem ks	30	4	412	159	404	250

Tab. 6 Počty jedinců ve vzorcích driftu

Po přepočtu driftu na jednu minutu (tab. 7) jsme porovnali množství driftu.

12.10.2009	přirozený drift 1/ min	přirozený drift 2/ min	síť 1 E - / min	síť 2 E - / min	síť 1 E + / min	síť 2 E + / min
Trichoptera	0,47	0,13	133,5	32,5	68	19,5
Ephemeroptera	1,4	0,13	65,5	45	125	102,5
Plecoptera	0	0	2,5	0,5	4	3
Chironomidae	0,13	0	3,5	0,5	3	0
Varia	0	0	1	1	2	0
Celkem ks	2	0,26	206	79,5	202	125

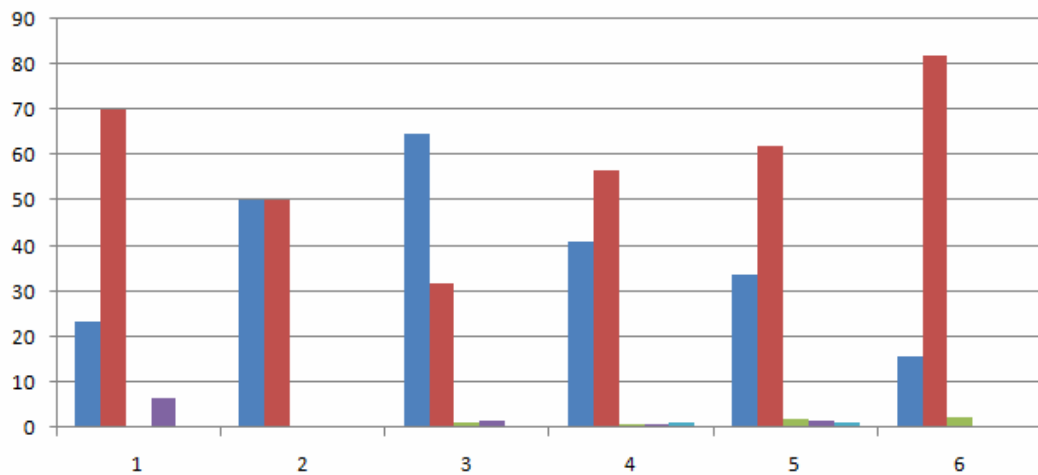
Tab. 7 Drift za minutu

V síti 1 se oproti přirozenému driftu zvýšil drift E- (ovlivněný broděním) u chrostíků přibližně 284krát, u jepic téměř 47krát, u pakomárů pak 27krát. Drift E+ se oproti přirozenému driftu zvýšil u chrostíků přibližně 145krát, u jepic 89krát, u pakomárů 23krát. Pošovky byly zastoupeny pouze v driftech E- (5 ks) a E+ (8 ks), varia taktéž (2 a 4 jedinci).

V síti 2 se drift E- zvýšil oproti přirozenému u chrostíků 250krát, u jepic přibližně 346krát. Drift E+ se zvýšil proti driftu přirozenému u chrostíků 150krát, u jepic přibližně 788krát. Pošvatky byly zastoupeny opět pouze v driftu E- (1 jedinec) a driftu E+ (6 jedinců). Pakomáři (1 ks) byli zastoupeni pouze v driftu E-, stejně jako varia (2 jedinci).

Následně jsme provedli porovnání driftu E- a driftu E+. V síti 1 se drift E+ oproti driftu E- u chrostíků snížil téměř o polovinu (1,96krát nižší), u jepic se zvýšil téměř dvojnásobně (1,9krát vyšší). U pošvatek se zvýšil 1,6krát, u pakomárů zůstal téměř shodný a pro skupinu varia se zvýšil 2krát. U síti 2 byla situace obdobná, Drift E+ se snížil u chrostíků 1,7krát, zvýšil se u jepic 2,3krát a pošvatek 3krát. Ostatní skupiny nebyly v této síti v driftu E+ zastoupeny.

Složení skupin v jednotlivých sítích bylo rozdílné (tab. 8, graf 3). U přirozeného driftu v síti 1 byly dominantním taxonem jepice (70 %), za nimi chrostíci (23,3 %). U síti 2 v přirozeném driftu bylo zastoupení chrostíků a jepic shodné (50 %). U driftu E- byli v síti 1 nejhojněji zastoupeni chrostíci (64,8 %), dále jepice (31,8 %). U síti 2 v driftu E- a u obou sítí u driftu E+ bylo nejvíce jepic (56,6 %; 61,9 % a 82 %) a chrostíků (40,9 %; 33,6 % a 15,6 %).



Graf 3 Zastoupení jedinců v driftu v %

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1 – přirozený drift 1 | modrá - Trichoptera |
| 2 - přirozený drift 2 | červená - Ephemeroptera |
| 3 – drift E- síť 1 | zelená - Plecoptera |
| 4 - drift E- síť 2 | fialová - Chironomidae |
| 5 – drift E+ síť 1 | světle modrá - Varia |
| 6 – drift E+ síť 2 | |

12.10.2009	přirozený drift 1 v %	přirozený drift 2 v %	sít' 1 E - v %	sít' 2 E - v %	sít' 1 E + v %	sít' 2 E + v %
Trichoptera	23,3	50	64,8	40,9	33,6	15,6
Ephemeroptera	70	50	31,8	56,6	61,9	82
Plecoptera	0	0	1,2	0,6	2	2,4
Chironomidae	6,7	0	1,7	0,6	1,5	0
Varia	0	0	0,5	1,3	1	0

Tab. 8 Procentuální zastoupení jedinců v driftu

Z hlediska rodového zastoupení vypadaly vzorky následovně:

V přirozeném driftu 1 u chrostíků - rody *Hydropsyche* a *Polycentropus*, u jepic – rody *Ecdyonurus* (90 %) a *Baetis*.

V přirozeném driftu 2 u chrostíků – rod *Anabolia*, u jepic – rod *Potamanthus*.

Sít' 1 v driftu E- u chrostíků - rody *Hydropsyche* (97%) a *Polycentropus*, u jepic rody *Ecdyonurus* (90 %) a *Baetis*, varia - čeled' Athericidae a čeled' Elmidae.

Sít' 2 v driftu E- u chrostíků – rod *Hydropsyche* (99 %), u jepic - rody *Ecdyonurus* (90 %) a *Baetis*, varia – čeled' Athericidae.

Sít' 1v driftu E+ u chrostíků – rody *Hydropsyche* (90%) a *Polycentropus*, u jepic – rody *Ecdyonurus* (90 %) a *Baetis*, varia – čeled' Tipulidae (2 jedinci), čeled' Elmidae (1 jedinec) a třída máloštětinatci (Oligochaeta – 1 jedinec).

Sít' 2 v driftu E+ u chrostíků – rody *Hydropsyche* (90%) a *Polycentropus*, u jepic – rody *Ecdyonurus* (90 %) a *Baetis*.

Vzorky bentosu zde byly odebrány jen v místech odběru vzorků driftu E- a E+ (tab. 9).

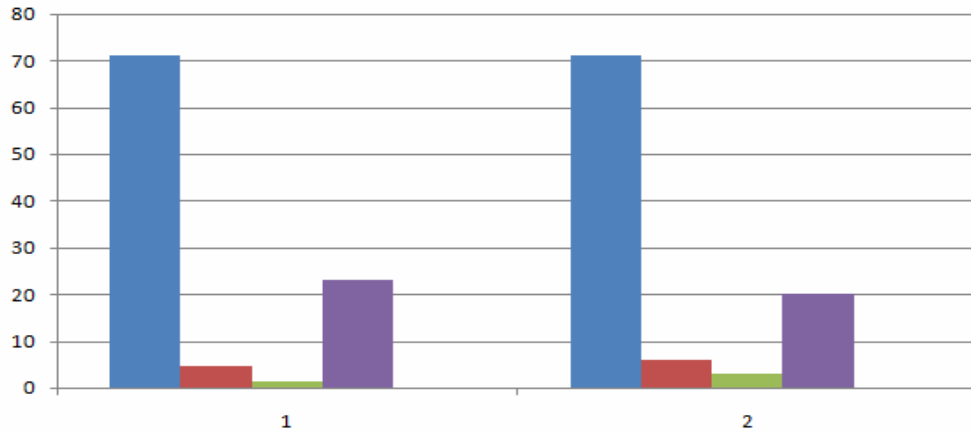
12.10.2009	Surber v E +	Surber v E -
Trichoptera	61	71
Ephemeroptera	4	6
Plecoptera	1	3
Chironomidae	20	20
Varia	0	0
Celkem ks	86	100

Tab. 9 Počty jedinců ve vzorcích bentosu

Rodové zastoupení v těchto dvou vzorcích bentosu vypadalo shodně. U chrostíků byl zastoupen rod *Hydropsyche* (99%) a u jepic rody *Ecdyonurus* a *Baetis*.

V procentuálním vyjádření složení bentosu (tab. 10, graf 4) bylo procento zastoupení chrostíků shodné (71 %). Mezi ostatními taxony byly zaznamenány rozdíly pouze o několik málo procent (od 1,8 do 3,2 %). Nejhojnější taxonomickou skupinou ve vzorcích bentosu zde byly chrostíci. Pošvatky zde byly zastoupeny více

než v první lokalitě, ale stále jen velmi malým procentem (do 2,4 % u driftu a do 3 % u vzorků bentosu). Skupina varia v těchto dvou odebraných vzorcích bentosu nebyla zastoupena vůbec.



Graf 4 Zastopení jedinců v bentosu

1 – bentos v E-

2 – bentos v E+

modrá - Trichoptera

červená - Ephemeroptera

zelená - Plecoptera

fialová - Chironomidae

světle modrá - Varia

12.10.2009	Surber v E + v %	Surber v E - v %
Trichoptera	71	71
Ephemeroptera	4,6	6
Plecoptera	1,2	3
Chironomidae	23,2	20

Tab. 10 Procentuální zastoupení jedinců v bentosu

5.3 Blanice – Vodňany (19. 10. 2009)

Třetí odběr opět vykázal nejnižší množství jedinců v přirozeném driftu (tab. 11). Nejvíce jedinců v součtu bylo zaznamenáno v driftu E+.

19.10.2009	přirozený drift 1	přirozený drift 2	síť 1 E -	síť 2 E -	síť 1 E +	síť 2 E +
Trichoptera	0	0	123	147	50	97
Ephemeroptera	1	0	26	65	151	139
Plecoptera	0	0	1	5	6	1
Chironomidae	0	0	1	3	5	5
Varia	1	1	2	4	7	3
Celkem ks	2	1	153	224	219	245

Tab. 11 Počty jedinců ve vzorcích driftu

Směrodatný pro porovnání zvýšení driftu byl opět přepočten na drift za minutu (tab. 12).

19.10.2009	přirozený drift 1 / min	přirozený drift 2 / min	síť 1 E - - / min	síť 2 E - / min	síť 1 E + / min	síť 2 E + / min
Trichoptera	0	0	61,5	73,5	25	48,5
Ephemeroptera	0,1	0	13	32,5	75,5	69,5
Plecoptera	0	0	0,5	2,5	3	0,5
Chironomidae	0	0	0,5	1,5	2,5	2,5
Varia	0,1	0,1	1	2	3,5	1,5
Celkem ks	0,2	0,1	76,5	112	109,5	122,5

Tab. 12 Drift za minutu

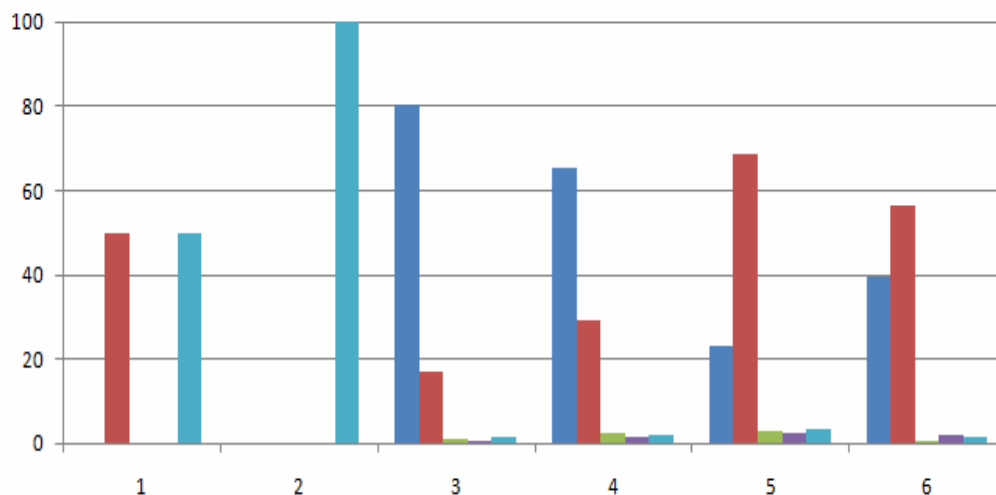
Porovnání s přirozeným driftem v tomto případě není snadné z důvodu malého počtu zachycených jedinců (tab. 11; tab.12). V síti 1 u přirozeného driftu byly zachyceny pouze 2 jedinci (jepice – 1 ks, varia – 1 ks) a v síti 2 pouze jeden jedinec (varia). V sítích jedna se tedy oproti přirozenému driftem zvýšil drift E- u jepic 130krát a u skupiny varia 10krát. Drift E+ se zvýšil u jepic 755krát a 35krát u skupiny varia. V síti 2 se drift skupiny varia zvýšil 20krát u driftu E- a 15krát u driftu E+.

Při porovnání driftu E- a E+ byly výsledky podobné předchozímu odběru (12. 10. 2009). Drift E+ byl u chrostíků nižší 2,5 a 1,5krát. U jepic se zvýšil 5,8 a 2,1krát a u pakomárů 5 a 1,7krát. V síti 1 se zvýšil i drift pošvatek (6krát) a skupiny varia (5krát). V síti 2 se naopak počty jedinců snížily, a to u pošvatek 5krát a u skupiny varia o 25 % (1,33krát).

Při porovnání zastoupení jednotlivých skupin v driftem (tab. 13, graf 5) byly z hlediska malého počtu celkově zachycených jedinců u čistého driftu dominantními skupinami jepice (síť 1 – 50 %) a varia (50 % a 100 %). V tomto případě jiné skupiny ani zastoupeny nebyly. V driftu E- byly převládající skupinou chrostíci (80,4 % a 62,65 %), následováni jepicemi (17 % a 29 %). V driftu E+ byla situace opačná, nejhojnějším taxonem byly jepice (68,94 % a 56,7 %), chrostíci až za nimi (22,83 % a 39,6 %).

19.10.2009	přirozený drift 1 v %	přirozený drift 2 v %	síť 1 E - v %	síť 2 E - v %	síť 1 E + v %	síť 2 E + v %
Trichoptera	0	0	80,4	65,62	22,83	39,6
Ephemeroptera	50	0	17	29	68,94	56,7
Plecoptera	0	0	0,65	2,23	2,73	0,4
Chironomidae	0	0	0,65	1,34	2,3	2
Varia	50	100	1,3	1,8	3,2	1,2

Tab. 13 Procentuální zastoupení jedinců v driftem



Graf 5 Zastoupení jedinců v driftu v %

1 – přirozený drift 1	modrá - Trichoptera
2 - přirozený drift 2	červená - Ephemeroptera
3 – drift E- síť 1	zelená - Plecoptera
4 - drift E- síť 2	fialová - Chironomidae
5 – drift E+ síť 1	světle modrá - Varia
6 – drift E+ síť 2	

Z hlediska rodového zastoupení:

V přirozeném driftu 1 u jepic - rod *Ecdyonurus*, u skupiny varia – čeleď Tipulidae.

V přirozeném driftu 2 u skupiny varia – čeleď Tipulidae.

Síť 1 v driftu E- u chrostíků – rod *Hydropsyche* (99 %), u jepic – rody *Ecdyonurus* (50 %), *Rhithrogena* (10 %), *Baetis* (30 %) a *Potamanthus* (10 %), u skupiny varia – rod *Ancylus*.

Síť 2 v driftu E- u chrostíků – rod *Hydropsyche* (99 %), u jepic - rody *Ecdyonurus* (80%), *Rhithrogena* (10%) a *Baetis* (10%), u skupiny varia – rod hltanovka (*Erpobdella* – 1ks), čeleď Athericidae (2 ks) a čeleď Pediciidae (1 ks).

Síť 1 v driftu E+ u chrostíků – rod *Hydropsyche* (99 %), u jepic – rod *Ecdyonurus* (90 %), u skupiny varia – třída máloštětinatci (Oligochaeta – 4 jedinci), čeleď Athericidae (2 jedinci) a rod *Elmis* (1 jedinec).

Síť 2 v driftu E+ u chrostíků - rod *Hydropsyche* (99 %), u jepic – rody *Ecdyonurus* a *Rhithrogena*, u skupiny varia – rod *Elmis* (1 jedinec) a čeleď Athericidae (2 jedinci).

Vzorek bentosu byl odebrán jenom jeden v místě nad odběry vzorků driftu (tab. 14).

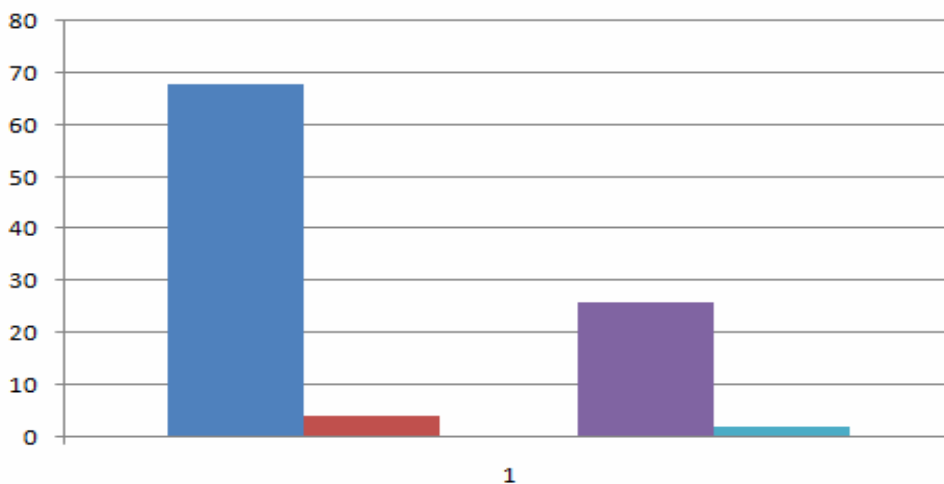
19.10.2009	Surber bez ovlivnění (nad odběry)
Trichoptera	34
Ephemeroptera	2
Plecoptera	0
Chironomidae	13
Varia	1
Celkem ks	50

Tab. 14 Počty jedinců ve vzorcích bentosu

Co se týká složení bentosu (tab. 15, graf 6), dominantní skupinou zde byli chrostíci (68 %) a dalším nejhojnějším taxonem byli pakomáři (26 %).

19.10.2009	Surber bez ovlivnění (nad odběry) v %
Trichoptera	68
Ephemeroptera	4
Plecoptera	0
Chironomidae	26
Varia	2

Tab. 15 Procentuální zastoupení jedinců v bentosu



Graf 6 Zastoupení jedinců v bentosu

1 – bentos čistý (nad odběry)

modrá - Trichoptera
červená - Ephemeroptera
zelená - Plecoptera
fialová - Chironomidae
světle modrá - Varia

V rodovém zastoupení to vypadalo následovně:

chrostíci - rod *Hydropsyche* (99%), jepice – rody *Ecdyonurus* a *Baetis*, skupina varia – rod hltanovka (*Erpobdella juv.*).

6. Diskuse

Základní předpoklad u tohoto pokusu byl, že se drift ovlivněný broděním a elektrolovem zvýší oproti driftu přirozenému, což se i potvrdilo. Kromě jediného odběru (Blanice – Vodňany 12. 10. 2009 síť 1) bylo vždy nejvíce jedinců zachyceno v sítích u odběru driftu ovlivněného elektrolovem.

Při brodění byli nejvíce ovlivněným taxonem v driftu chrostíci a to pouze s jedinou výjimkou (Blanice – Vodňany 12. 10. 2009 síť 2). V přirozeném driftu byl jejich výskyt minimální, pokud vůbec přítomni byli. Oproti tomu v driftu ovlivněném broděním při srovnání s driftem přirozeným jejich počet mnohonásobně vzrostl, řádově ve stovkách (v nejnižším případě 80krát, v nejvyšším 284krát).

U jepic pak v driftu ovlivněném broděním došlo také ke zvýšení počtu jedinců ve vzorcích, ale méně. Ve třech případech došlo ke zvýšení 47 až 130krát, ve dvou nemáme srovnání a v jednom případě se drift zvýšil 346krát.

Ostatní tři skupiny (pošvatky, pakomáři a varia) byly v přirozeném driftu zastoupeny naprosto minimálně a pokud byla možnost srovnání, byly broděním ovlivněny minimálně. V porovnání nedošlo prakticky k většímu zvýšení driftu jak 30krát.

V driftu ovlivněném elektrolovem byla u chrostíků situace překvapivě rozdílná. Kromě prvního odběru, kdy došlo u chrostíků k nepatrnému zvýšení oproti driftu ovlivněnému pouze broděním, došlo u chrostíků v driftu ovlivněném elektrolovem ke snížení počtu jedinců o třetinu a více. Z toho lze usuzovat na nízkou vnímavost chrostíků vůči elektrickému proudu.

U jepic byla situace naprosto opačná. V driftu ovlivněném elektrolovem stoupl počet jedinců ve všech případech o 90 % a více. Z toho plyne, že jepice mají vysoký sklon k driftu při elektrolovu.

Ostatní skupiny – pošvatky, pakomáři a varia, byly opět zastoupeny v minimálním množství a jejich poměry v jednotlivých driftech byly značně proměnlivé.

Kromě odběru vzorků přirozeného driftu bylo součástí odběru i brodění. Při brodění dochází k mechanickému rozrušování dna, a to má za následek zvýšení driftu oproti přirozenému. Na tomto principu - mechanickém rozrušování dna a následném unášení bentosu do sběrné sítě proudem, jsou založeny tradiční metody pro odběr vzorků bentosu v tocích (Surber 1937; Hess 1941; Frost *et al.* 1971).

U vzorků driftu ovlivněného elektrolovem byly vzorky nejpočetnější. V našem případě byl drift u těchto odběrů ovlivněn zároveň elektrickým proudem a broděním. Potvrdily se tak studie Elliota a Bagenala (1972), Flowlese (1975) a Bissona (1976), které se zabývaly nepřímým vlivem elektrolovu na drift zoobentosu, a ve kterých vyvolal elektrošok drift taxonů bez fyzického rozrušování dna. Tyto výsledky potvrzují, že metody využívající elektrošok způsobují drift bentosu, jak udává Taylor *et al.* (2001).

Nejpočetnějším taxonem v driftu ovlivněném elektrolovem byly jepice, i když ve vzorcích bentosu byly dominantně zastoupeny pouze při odběru z lokality Blanice – Strunkovice 17. 6. 2009. To dokazuje tvrzení Waterse (1962) a Allana (1978), že některé druhy a velikostní třídy jsou náchylnější k driftu.

Naše zjištění o citlivosti jepic na elektrický proud a jejich zvýšení driftu v reakci na elektrolov podporuje i studie McIntoshe a Townsenda (1994), kteří experimentálně použili metodu elektrošoku pro shromáždění velkého množství larev jepic.

Ojediné rozdíly a výjimky v rámci jednotlivého odběru vzorků i při porovnání odběrů navzájem mohly být způsobeny nerovnoměrným výskytem a rozšířením bezobratlých v tocích, jak udává Downing (1979) a Lancaster *et al.* (1991).

7. Závěr

Vyhodnocení tohoto pokusu potvrdilo vliv elektrolovu na makrozoobentos, který se projevil výrazně zvýšeným driftem. Při použití elektrolovu byl drift ovlivněn jak broděním, které bylo v tomto případě součástí metody, tak i elektrošokem. Pro srovnání se provedly odběry driftu ovlivněného pouze broděním, které simulovalo průchod lovcí čety. Nejvíce zachycených jedinců v součtu bylo v driftu ovlivněném elektrolovem.

Oproti přirozenému driftu došlo k významnému zvýšení driftu jakožto důsledku brodění i elektrolovu. Nejvíce se zvýšení driftu projevilo u chrostíků a jepic, jelikož ostatní taxony byly v driftu zastoupeny v minimálním množství. Proto není zvýšení nebo snížení jejich driftu v závislosti na brodění nebo elektrolovu průkazné.

V driftu ovlivněném broděním byly kromě jedné výjimky nejhojněji zastoupeni chrostíci. Ve srovnání s přirozeným driftem došlo u chrostíků ke zvýšení driftu v rozmezí 80 až 284krát. U jepic to bylo v rozmezí 47 až 130krát, s výjimkou při odběru 12. 10. 2009, kdy v jednom vzorku vyšlo zvýšení 346krát.

V driftu ovlivněném elektrolovem bylo zvýšení oproti přirozenému driftu nejpatrnější u jepic, kde se rozmezí pohybovalo ve většině (kromě jedné výjimky) možného srovnání nad 700krát. U chrostíků se rozmezí pohybovalo od 80 do 150krát. Naopak u nich došlo při porovnání driftu ovlivněného broděním a elektrolovem k poklesu množství jedinců o jednu třetinu a více.

Na brodění reagovali driftem nejvíce chrostíci, u použití elektrolovu pak jepice. Z tohoto zjištění jsem usoudil, že jepice mají při vyrušení elektrolovem vyšší sklon k driftu než chrostíci.

8. Seznam použité literatury

- Allan, J. D., 1978: Trout predation and the size composition of stream drift, *Limnology and Oceanography* 23: 1231 – 1237.
- Allan, J. D., 1982: The effects of reduction in trout density on the invertebrate community of a mountain stream, *Ecology*, 63: 1444 – 1455.
- Bisson, P. S., 1976: Increased invertebrate drift in an experimental stream caused by electrofishing, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 33: 1806 – 1808.
- Cowx, I. G., 1983: Review of the methods for estimating fish population size from survey removal data, *Fish. Manage.* 14: 67 – 82.
- Dollof, A., Kershner, J., and Thurow, R., 1996: Underwater observation, In: Murphy, B. R., and Willis, D. W. eds. *Fisheries techniques*, 2nd edn. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, pages 533 – 554.
- Downing, J. A., 1979: Aggregation, transformation, and the design of benthic sampling programs, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 36: 1454 – 1463.
- Elliot, J. M., 1971: The distances traveled by drifting macroinvertebrates in a Lake District stream, *Oecologia* 6: 191 – 220.
- Elliot, J. M., and Bagenal, T. B., 1972: The effects of electrofishing on the invertebrates of a Lake District stream, *Oecologia*, 9: 1 – 11.
- Fièvet, E., Tito de Morais, L., and Tito de Morais, A., 1996: Quantitative sampling of freshwater shrimps: comparison of two electrofishing procedures in a Caribbean stream, *Arch. Hydrobiol.* 138: 273 – 287.
- Ferraro, S. P., Cole, F. A., DeBen, W. A., and Schwartz, R. C., 1989: Power – cost efficiency of eight macrobenthic sampling schemes in Puget Sound, Washington, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 2157 – 2165.
- Fowles, C. R., 1975: Effects of electrofishing on the invertebrate fauna of a New Zealand stream, *N. Z. J. Mar. Freshwater Res.* 9: 35 – 43.
- Frost, S., Huni, A., and Kershaw, W. E., 1971: Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna, *Can. J. Zool.* 49: 167 – 173.
- Hayes, J.W., and Baird, D. B., 1996: Estimating relative abundance of juvenile brown trout in rivers by underwater census and electrofishing, *N. Z. J. Mar. Freshwater Res.* 28: 243 – 255.
- Heggenes, J., Brabrand, A., and Saltveit, S. J., 1990: Comparison of three methods for studies of stream habitat use by young brown trout and Atlantic salmon, *Transactions of the American Fisheries Society* 119: 101 – 111
- Hess, A. D. 1941: New limnological sampling equipment, *Limnol. Soc. Am. Spec. Publ.* 6.

- Lancaster, J., Hildrew, A. G., and Townsend, C. R., 1991: Invertebrate predation on patchy and mobile prey in stream, *J. Anim. Ecol.* 60: 625 – 641.
- Lellák J., Kubíček F., 1991: *Hydrobiologie*. UK Praha, 257 s.
- Levene, H., 1960: Robust test for equality of variances: In *Contributions to probability and statistics*, Edited by I. Olkin, S. G. Ghuryne, W. Hoeffding, V. G. Madow, and H. B. Mann. Stanford University Press, Stanford, Calif. pp. 278 – 299.
- Malmqvist, B., Sjöström, P., 1987: Stream drift as a consequence of disturbance by macroinvertebrate predators, *Oecologia* 74: 396 – 403.
- McIntosh, A. R., and Townsend, C. R., 1994: Interpopulation variation in mayfly antipredator tactic: differential effects of contrasting predatory fish, *Ecology*, 75: 2078 – 2090.
- Morin, A., 1985: Variability of density estimates and the optimization of sampling programs for stream benthos, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 1530 – 1534.
- Needham, P. R., and Usinger, R. L., 1956: Variability in the macrofauna of a single riffle in Prosser Creek, California, as indicated by the Surber sampler, *Hilgardia*, 14: 383 – 489.
- Peckarsky, B. L., 1991: Habitat selection by stream – dwelling predatory stoneflies, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1069 – 1076.
- Peckarsky, B. L., Taylor, B. W., and Caudill, C. C., 2000: Hydrologic and behavioral constraints on oviposition of stream insects: Implications for adult dispersal, *Oecologia*, 125: 186 – 200.
- Peckarsky, B. L., Taylor, B. W., McIntosh, A. R., McPeck, M. A., and Lytle, D. A., 2001: Variation in mayfly size at metamorphosis as a developmental response to risk of predation, *Ecology*, In Press.
- Penczak, T., and Rodriguez, G., 1990: The use of electrofishing to estimate population densities of freshwater shrimps (Decapoda, Natantia) in a small tropical river, Venezuela. *Arch. Hydrobiol.* 118: 501 – 509.
- Petty, J. T., Grossman, G. D., 2000: The effects of an underwater fish observation technique on stream macroinvertebrates at two spatial scales, *Ecology of Freshwater Fish*, Munksgaard, 9: 145 – 152.
- Rabeni, C. F., Collier, K. J., Parkyn, S. M., and Hicks, B. J., 1997: Evaluating techniques for sampling stream crayfish (*Paranephrops planifrons*), *N. Z. J. Mar. Freshwater Res.* 31: 693 – 700.
- Rümmler F., Göthling U., Zahn S., Schiewe S., 2002: Untersuchungen zu den Auswirkungen des Elektrofischfangs auf wirbellose Tiere, *Fischer & Teichwirt*, 7/2002, s. 251 – 254.
- Sheldon, A. L., 1979: Cost and precision in a stream sampling program, *Hydrobiologia*, 111: 711 – 718.

Surber, E. W. 1937: Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of stream, Trans. Am. Fish. Soc. 66: 193 – 202.

Taylor B. W., McIntosh A. R., Peckarsky B. L., 2001: Sampling stream invertebrates using electroshocking techniques: implications for basic and applied research, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58(3): 437 – 445

Waters, T. F., 1962: Diurnal periodicity in the drift of stream macroinvertebrates, Ecology 43: 316 – 320.

Zippin, C., 1956: An evaluation of the removal method of estimating animal populations, Biometrics, 12: 163 – 189.

Zippin, C., 1958: The removal method of population estimation, J. Wildl. Manage. 22: 82 – 90.

Anonym1, 2010: [online], [cit. 13. 4. 2010] . Dostupné na internetu: <http://www.pvl.cz/portal/sap/cz/index.htm>

Anonym2, 2010: [online], [cit.13. 4. 2010] . Dostupné na internetu: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/696?kam=obec&kod=550540

Anonym3, 2010: [online], [cit.13. 4. 2010] . Dostupné na internetu: <http://www.rakjk.cz/prachatice/charakteristika.html>

Anonym4, 2010: [online], [cit.13. 4. 2010] . Dostupné na internetu: <http://www.statnisprava.cz/rstsp/ciselniky.nsf/i/551953>

Anonym5, 2010: [online], [cit.13. 4. 2010] . Dostupné na internetu: <http://www.rakjk.cz/strakonice/charakteristika.html>

Seznam tabulek, grafů a příloh

1. Tabulky

- tab. č. 1: Počty jedinců ve vzorcích driftu (17.6.2009)
- tab. č. 2: Drift za minutu (17.6.2009)
- tab. č. 3: Procentuální zastoupení jedinců v driftu (17.6.2009)
- tab. č. 4: Počty jedinců ve vzorcích bentosu (17.6.2009)
- tab. č. 5: Procentuální zastoupení jedinců v bentosu (17.6.2009)
- tab. č. 6: Počty jedinců ve vzorcích driftu (12.10.2009)
- tab. č. 7: Drift za minutu (12.10.2009)
- tab. č. 8: Procentuální zastoupení jedinců v driftu (12.10.2009)
- tab. č. 9: Počty jedinců ve vzorcích bentosu (12.10.2009)
- tab. č. 10: Procentuální zastoupení jedinců v bentosu (12.10.2009)
- tab. č. 11: Počty jedinců ve vzorcích driftu (19.10.2009)
- tab. č. 12: Drift za minutu (19.10.2009)
- tab. č. 13: Procentuální zastoupení jedinců v driftu (19.10.2009)
- tab. č. 14: Počty jedinců ve vzorcích bentosu (19.10.2009)
- tab. č. 15: Procentuální zastoupení jedinců v bentosu (19.10.2009)

2. Grafy

- graf č. 1: Zastoupení jedinců v driftu v %
- graf č. 2: Zastopení jedinců v bentosu
- graf č. 3: Zastoupení jedinců v driftu v %
- graf č. 4: Zastopení jedinců v bentosu
- graf č. 5: Zastoupení jedinců v driftu v %
- graf č. 6: Zastopení jedinců v bentosu

3. Přílohy

Příloha č. 1: Mapa lokalit odběru

(<http://www.mapy.cz/#mm=ZTtTcP@x=132249600@y=132487168@z=9>)

Příloha č. 2: Foto Blanice – Vodňany 12. 10. 2009

Příloha č. 3: Foto – příprava driftové sítě

Příloha č. 4: Foto - instalace driftových sítí

Příloha č. 5 : Foto – instalace driftových sítí

Příloha č. 6:Foto – postavení sítí v toku

Příloha č. 7: Foto – odběr vzorků driftu ovlivněného broděním

9. Přílohy



Příloha č. 1: Mapa lokalit odběru

(<http://www.mapy.cz/#mm=ZTtTcP@x=132249600@y=132487168@z=9>)



Příloha č. 2: Foto Blanice – Vodňany 12. 10. 2009



Příloha č. 3: Foto – příprava driftné sítě



Příloha č. 4: Foto - instalace driftných sítí



Příloha č. 5 : Foto – instalace driftových sítí



Příloha č. 6:Foto – postavení sítí v toku



Příloha č. 7: Foto – odběr vzorků driftu ovlivněného elektrolovem

Souhrn

Vliv elektrolovu na makrozoobentos

Lov ryb pomocí elektrického agregátu je u nás povolen pouze na výjimku ze zákona a běžně se používá například při získávání generačních ryb z volných toků nebo monitoringu rybích společenstev. Je ovšem otázka, do jaké míry ovlivňuje stejnosměrný proud vyráběný elektrickým agregátem ostatní organismy ve vodě. Pokusy prováděné na toto téma se zabývaly především mortalitou vodních bezobratlých v laboratorních podmínkách a driftem bentosu při sledování ryb takzvaným „šnorchlováním“. Většinou se ovšem výsledky oproti kontrolnímu vzorku lišily pouze o několik málo procent.

Tato práce porovnávala množství driftu přirozeného, driftu způsobeného broděním a driftu způsobeného elektrolovem (brodění + elektřina). Odběry vzorků byly provedeny celkem třikrát na řece Blanici, 17. 6. 2009 u obce Strunkovice nad Blanicí, 12. a 19. 10. 2009 pod jezem ve Vodňanech. Součástí pokusu bylo odebrání kontrolních vzorků bentosu pomocí odběráku Surber. Vlastní pokus tvořili tři fáze. První fází bylo umístění lapacích sítí do toku a po určitém čase jejich vyjmutí a odebrání bentosu. Ve druhé fázi byly sítě opět umístěny do toku, ale byla již před nimi prováděna chůze. Sítě byly pak opět vyjmuty a odebrány vzorky. V poslední fázi byl před sítěmi proveden průchod se zapnutým elektrickým agregátem. Při pokusu byl použit zádový bateriový agregát Smith & Root o napětí 400V.

Výsledky práce potvrdily vliv elektrolovu na makrozoobentos zvýšeným driftem. Nejvíce jedinců v driftu bylo zaznamenáno u elektrolovu, nejméně v přirozeném driftu. Nejvíce reagovali na elektrický proud jepice (Ephemeroptera).

Klíčová slova: elektrolov, makrozoobentos, mortalita, drift, šnorchlování

Summary

Effect of electrofishing on macrozoobenthos

In the Czech Republic, fishing with the electrofishing gear is legal only with statutory exception for obtaining brood fish from public waters or for the monitoring of fish assemblages. There is a question indeed, to what degree the direct current produced by the electrofishing gear affects the other organisms in water. Experiments on this subject have been dealing mainly with mortality of water invertebrates under laboratory conditions and benthos drifting following snorkeling.

This work compares the quantity of natural drift, drift incurred by wading and drift incurred by electrofishing (wading + electricity). Sampling was performed on the river Blanice, namely 17. 6. 2009 near village Strunkovice nad Blanicí and 12. and 19. 10. 2009 below weir in Vodnany. Control sample of macrozoobenthos was collected using Surber sampler. Drift sampling consisted of three phases. The first phase comprised the natural drift collection. In the second phase, the drift of macrozoobenthos was affected by wading. Finally, the drift of aquatic macroinvertebrates was evaluated after wading associated with electrofishing (backpack battery electrofisher Smith & Root, 400 V).

The outputs of the thesis confirmed the effect of electrofishing on increased drift of macrozoobenthos. The most of drifting individuals was recorded in association with electrofishing, whilst the lowest figures were recorded in the natural drift. The most pronounced response to the electrofishing was recorded in mayfly (Ephemeroptera) nymphs.

Key words: electrofishing, macrozoobenthos, mortality, drift, wading