Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

Bakalářská práce

Ekologie a management mrtvého dřeva ve vodních ekosystémech

Jakub Málek

© 2016 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Málek

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Ekologie a management mrtvého dřeva ve vodních ekosystémech

Název anglicky

Ecology and management of dead wood in the aquatic ecosystems

---

Cíle práce

Cílem práce bude ověřit platnost následujících hypotéz
(1) Mrtvé dřevo ve vodních plochách má zásadní vliv na druhovou rozmanitost vodních organizmů.
(2) Přítomnost mrtvého dřeva ve vodních plochách ovlivňuje faunu v blízkém okolí.
(3) Mrtvé dřevo má celkově kladný význam pro vodní hospodářství

Metodika

1. Porovnání rozdílnosti druhové rozmanitosti vodních organismů v prostředí s mrtvým dřevem a bez něj na základě poznatků z vědecké literatury.

2. Zjištění nároků vybraných druhů, reprezentujících celkovou biodiverzitu, na kvalitu, kvantitu a prostorovou distribuci mrtvého dřeva na základě vědecké literatury.

3. Ekonomické zhodnocení současného stavu managementu mrtvého dřeva vyskytujícího se ve vodních tocích.

4. Příprava bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

20 – 40 stran textu bez příloh

Klíčová slova

mrtvé dřevo, biodiverzita, vodní ekosystém, biotop, vodní hospodářství

Doporučené zdroje informací

Acuña, V., Díez, J. R., Flores, L., Meleason, M., & Elosegi, A. (2013). Does it make economic sense to restore rivers for their ecosystem services?. Journal of Applied Ecology, 50(4), 988-997.

Gregory, S., Boyer, K. L., & Gurnell, A. M. (Eds.). (2003). The ecology and management of wood in world rivers (pp. 315-336). Bethesda, Maryland: American Fisheries Society.

Chin, A., Laurencio, L. R., Daniels, M. D., Wohl, E., Urban, M. A., Boyer, K. L., ... & Gregory, K. J. (2014). The significance of perceptions and feedbacks for effectively managing wood in rivers. River Research and Applications, 30(1), 98-111.

Kail, J., Hering, D., Muhar, S., Gerhard, M., & Preis, S. (2007). The use of large wood in stream restoration: experiences from 50 projects in Germany and Austria. Journal of Applied Ecology, 44(6), 1145-1155.

Latterell, J. J., & Naiman, R. J. (2007). Sources and dynamics of large logs in a temperate floodplain river. Ecological Applications, 17(4), 1127-1141.

Merten, E. C., Finlay, J., Johnson, L., Newman, R., Stefan, H., & Vondracek, B. (2011). Environmental controls of wood entrapment in upper Midwestern streams. Hydrological Processes, 25(4), 593-602.

Mutz, M., Piégay, H., Gregory, K. J., Borchardt, D., Reich, M., & Schmieder, K. (2006). Perception and evaluation of dead wood in streams and rivers by German students. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters, 36(2), 110-118.

Seo, J. I., Nakamura, F., & Chun, K. W. (2010). Dynamics of large wood at the watershed scale: a perspective on current research limits and future directions. Landscape and Ecological Engineering, 6(2), 271-287.

Wohl, E., Cenderelli, D. A., Dwire, K. A., Ryan–Burkett, S. E., Young, M. K., & Fausch, K. D. (2010). Large in–stream wood studies: a call for common metrics. Earth Surface Processes and Landforms, 35(5), 618-625.

Wyżga, B., Zawiejska, J., & Le Lay, Y. F. (2009). Influence of academic education on the perception of wood in watercourses. Journal of environmental management, 90(1), 587-603.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Radek Bače, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 4. 11. 2015

doc. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 12. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Ekologie a management mrtvého dřeva ve vodních ekosystémech" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především vedoucímu této práce, Ing. Radkovi Bačemu, Ph.D., za cenné rady a za opravdu velmi ochotný přístup k mým četným dotazům během zpracovávání. Dále také všem, kteří mi poskytli důležité informace či data potřebné k vyhotovení a v neposlední radě těm, kteří mě podpořili povzbudivým slovem.

Ekologie a management mrtvého dřeva ve vodních ekosystémech

Souhrn

Tato práce pojednává o vlivu mrtvého dřeva na vodní organismy a na živočichy vyskytující se v okolí vod. Dále analyzuje ekonomické aspekty výskytu mrtvého dřeva ve vztahu k vodnímu hospodářství. Zvolená problematika byla řešena na základě poznatků již provedených studií. V práci je ve světovém měřítku porovnávána četnost a druhová bohatost makrozoobentosu a ryb v prostředí s mrtvým dřevem a v prostředí bez dřevní hmoty. Z dostupných zdrojů byl zjišťován vliv mrtvého dřeva na výskyt vybraných živočišných druhů vyskytujících se na území České republiky. V závislosti na teoretických poznatcích a zjištěných faktech jsou zde porovnány ekonomické klady a zápory mrtvého dřeva. V práci bylo ověřeno, že mrtvé dřevo skutečně pozitivně ovlivňuje hustotu a druhovou bohatost společenstev vodních organismů. Co se týče mrtvého dřeva a výskytu vybraných živočichů, nebyla z důvodu absence potřebných dat potvrzena souvislost. V případě významu mrtvého dřeva ve vodohospodářství nebyly zjištěny jednoznačné výsledky. Hypotéza byla autorem uznána za platnou, nicméně na základě převážně teoretických poznatků. Celkové výsledky práce naznačují, že mrtvé dřevo může mít v souvislosti se svými ekologickými hodnotami také ekonomické přínosy, a je proto důležité věnovat této problematice více vědeckých studií, na jejichž základě by bylo možné tyto přínosy zhodnotit.

Klíčová slova: mrtvé dřevo, biodiverzita, vodní ekosystém, biotop, vodní hospodářství

Ecology and management of dead wood in the aquatic ecosystems

Summary

This paper discusses the influence of deadwood on aquatic organisms and animals found in the vicinity of waters. The thesis also analyzes the economic aspects of the occurrence of deadwood in relation to water management. The chosen issue was addressed on the basis of findings of studies already carried. The work globally compares the abundance and species diversity of macroinvertebrates and fish in the environment of deadwood and the environment without wood. Effect of deadwood on the occurrence of selected species found in the area of Czech Republic was determined from available resources. Depending on the theoretical knowledge and ascertained facts, the economic pros and cons of deadwood are compared here. This work verified that the dead wood actually positively affects the density and species richness of communities of aquatic organisms. Regarding the deadwood and the occurrence of selected animals, due to the absence of necessary data, no connection has been confirmed. In the case of the importance of deadwood in water management, only ambiguous results were found. The author acknowledged this hypothesis to be valid, however, based mainly on theoretical knowledge. Overall, the results of the work indicate that deadwood could also have some economic benefits in connection with its ecological values, and therefore it is important to devote more of the scientific work to this issue, and based on them, it would be possible to evaluate these benefits.

Keywords: deadwood, biodiversity, aquatic ecosystems, biotope, water management

Obsah

1. **Úvod** 9

2. **Literární rešerše** 10

2.1 Mrtvé dřevo ve vodních ekosystémech 10

2.1.1 Charakteristika a terminologie 10

2.1.2 Přísun a funkce 11

2.2 Vodní biotopy a oživení 13

2.2.1 Bentos 13

2.2.2 Habitaty tekoucích vod 16

2.3 Význam mrtvého dřeva pro vybrané organismy 19

2.3.1 Společenstva makrozoobentosu 19

2.3.2 Společenstva ryb 21

2.3.3 Zástupci savců, ptáků a obojživelníků 22

2.4 Management mrtvého dřeva v ČR 24

2.4.1 Legislativní úprava 25

2.4.2 Aspekty vodního hospodářství 27

2.4.3 Selektivní management 29

3. **Metodika** 30

4. **Výsledky** 32

4.1 Porovnání kvantity a druhové rozmanitosti vodních organismů 32

4.2 Zjištění nároků vybraných živočichů na mrtvé dřevo 45

4.3 Zhodnocení významu dřevní hmoty pro vodní hospodářství 46

5. **Závěr** 48

6. **Seznam literatury a použitých zdrojů** 49

7. **Seznam příloh** 53

1. Úvod

Mrtvé dřevo je důležitým prvkem vodních ekosystémů, kde zastává několik funkcí. Kromě toho, že hraje podstatnou roli ve formování dna koryt a významně se podílí na morfologii toku, poskytuje vodním a vodě blízkým organizmům stanoviště, slouží jako substrát a v různých fázích rozkladu je i přímým zdrojem potravy. Pozitivní vliv mrtvého dřeva na biodiverzitu, morfologii a hydrauliku vodních toků, jenž je potvrzen odborníky, není mnohdy stejně vnímán správci vodních toků, kterými je tento prvek považován za nepříznivý element, jejž je třeba odstraňovat.

Tato bakalářská práce se zabývá ekologií a managementem "mrtvé" dřevní hmoty vyskytující se ve vodních plochách. Na základě dostupné literatury je zde v globálním měřítku popsán význam mrtvého dřeva pro vodní organismy, které jsou s ním v přímé interakci. Dále je zde zobrazeno úzké propojení mezi mrtvým dřevem a vybranými živočichy vyskytujícími se v České republice v okolí vod. Závěrem práce je stručný rozbor legislativních opatření týkajících se mrtvého dřeva v korytech toků, možnosti managementu a jeho ekonomické zhodnocení.

Cílem této práce bylo na základě vědeckých poznatků ověřit, zda mrtvé dřevo vyskytující se v tocích významně ovlivňuje četnost a druhovou rozmanitost vybraných vodních organismů. Zároveň také určit, zda a jakým způsobem ovlivňuje tento element výskyt vybraných živočichů, kteří jsou na vodní ekosystémy nějakým způsobem vázáni. Z důvodu toho, že ponechávání dřeva v korytech není správci vodních toků vítáno, bylo dalším cílem ověřit, zda mají jeho funkce celkově kladný význam pro vodní hospodářství, což by mohlo změnit současný přístup.

2. Literární rešerše

2.1 Mrtvé dřevo ve vodních ekosystémech

2.1.1 Charakteristika a terminologie

Mrtvé dřevo je odumřelá dřevní biomasa, v anglické literatuře označovaná jako woody debris, případně jako dead wood. Jedná se o dřevo v podobě větviček, silnějších větví, keřů, pařezů, ale také celých kmenů. Tento pojem však současně zahrnuje dřevní hmotu z biologického hlediska stále živou. Takovým příkladem mohou být vyvrácené, ale doposud zakořeněné stromy vykazující určitou vitalitu (Siemens et. al., 2006; Máčka et. al., 2011).

Mrtvé dřevo se může vyskytovat v libovolném ekosystému, a je tedy zapotřebí upřesnit, zda se jedná o dřevní hmotu vyskytující se ve vodním, nebo jiném prostředí. Pro specifičtější označení s větším zaměřením na vodní ekosystémy používá nejčastěji anglická literatura termíny large woody debris (LWD) – velké dřevní zbytky, coarse woody debris (CDW) – hrubé dřevní zbytky a small woody debris (SWD) – jemné dřevní zbytky. Jako LWD a CDW se označuje dřevní hmota o minimálních rozměrech 1 m na délku a 0,1 m šířky. Pod SWD spadají ostatní dřevní pozůstatky nedosahující těchto rozměrů (Máčka et. al., 2011).

V našich podmínkách se pro různé formy dřevní hmoty ve vodním toku a jeho bezprostředním okolí požívá mnoho výrazů. Jedním z nich, který je z hlediska významu označován za nejpřesnější (Máčka et. al., 2011), je termín "říční dřevo". Tento termín definuje malé i velké kusy dřeva ve vztahu k fluviálnímu prostředí, vyskytující se ve vodě volně nebo ve formě akumulací (Máčka et. al., 2011).

2.1.2 Přísun a funkce

Dřevní hmota se do vod dostává mnoha způsoby. Jak citují Kožený, Simon (2010) Bendu et. al. (2003), přirozeným vstupem do vodních toků je například sesuv stromů z podemletých břehů, náplavy při povodních nebo pády stromů a větví při mimořádných povětrnostních situacích, jako jsou vichřice, námrazy nebo silné sněhové pokrývky. Méně obvyklými příčinami jsou pak podle autorů lesní požáry, odumírání lesního porostu způsobené chorobami či škůdci nebo eroze půd. Podobné příklady ke vzniku přirozeného říčního dřeva uvádějí autoři Máčka et. al. (2011), kteří též popisují mrtvé dřevo antropogenně podmíněné, tj. podle nich například dřevo, které se do koryt dostává pádem při úmyslných těžbách.

Co se týče mrtvého dřeva a jeho výskytu ve vodních plochách, problematika je studována poměrně krátce; počátky výzkumů ve světě, především v USA, sahají do šedesátých až sedmdesátých let minulého století (Zimmerman et. al., 1967; Kožený, Simon, 2010). V posledních letech je mrtvé dřevo velkým tématem, a to především z hlediska ekologického. Zájem ekologů o tuto problematiku narůstá (Grešková, 2010) a k dispozici existuje již velké množství odborné literatury. Mnoho těchto studií ukazuje, že mrtvé dřevo ve vodních plochách například zvyšuje biodiverzitu (Wondzell, Bisson, 2003). Kromě pozitivního vlivu na vodní organismy také žádoucím způsobem ovlivňuje hydrodynamické korytotvorné procesy a významně pozměňuje odtokové poměry či charakter proudění (Siemens et. al., 2006). Vlivem pozměňování směru a rychlosti proudění, kde dřevní hmota vytváří překážku vodnímu proudu, vznikají v tocích rozmanitá prostředí (Máčka et. al., 2011). Turbulentní proudění, která pod vlivem dřeva vznikají, prokysličují tok a podporují tak samočisticí procesy (Kožený, Simon, 2010). Mrtvé dřevo několika způsoby ovlivňuje šíři koryta, například chrání břehy před erozí a zabraňuje tak jeho rozšiřování. V širším prostorovém měřítku může také ovlivňovat celé údolní dno (Máčka et. al., 2011). Celkově lze podle Koženého, Simona (2010) shrnout vliv dřeva na vodní toky a jejich ekosystémy do tří vzájemně souvisejících okruhů, tj. význam hydraulický, morfologický a biologický.

❖ **Biologická funkce**

Biologické procesy ve vodních ekosystémech ovlivňuje mrtvé dřevo dvěma způsoby. Jednak primárně, kdy je prvkem v přímé interakci s vodními organismy, ale také sekundárně, kdy v důsledku výše zmíněného pozměňování hydraulických procesů a morfologie toku vznikají pro vodní organismy vhodné životní podmínky.

Jak například uvádějí Wondzell a Bisson (2003), toky s mrtvým dřevem mají členitá koryta s proměnlivou šířkou a hloubkou, což určuje typy a relativní množství habitatů přítomných v úseku toku. Podle autorů bylo dokázáno, že biodiverzitu ve vodních ekosystémech zvyšuje dřevo v podobě pevného a stabilního substrátu. Nahromaděné dřevo, jakožto substrát na dně, vytváří různorodou strukturu mikrohabitatu, a je tak vhodný pro osídlení makrozoobentosem (Wondzell, Bisson, 2003). Jak ukázal výzkum Angermeiera a Karra (1984), části vodních toků s experimentálně vloženým dřevem byly následně více oživené vodními bezobratlými a rybami než kontrolní úseky o dřevní hmotu ochuzené. Také výsledky zkoumání v Oregonu ukázaly, že odstraňování mrtvého dřeva přímo znehodnocuje biotopy lososovitých ryb (House, Boehne, 1987). Toky obsahující mrtvé dřevo zadržují více anorganického i organického materiálu (Bilby, Likens, 1980; Wondzell, Bisson, 2003; Kajzarová, 2012), přičemž organické sedimenty jsou základem potravy vodních bezobratlých (Kožený et. al., 2011). Přestože se dřevo ve vodě z důvodu nedostatku kyslíku rozkládá velmi pomalu (Kožený et. al., 2011; Kajzarová, 2012) a je poměrně chudé na obsah některých důležitých prvků, vytváří podstatný zdroj živin (Kajzarová, 2012) a zároveň je primární složkou potravy některých druhů vodních bezobratlých (Hoffman, Hering, 2000). Z hlediska potravy je významný biofilm tvořící se na povrchu dřeva. Tento biofilm obsahuje řasy, houby a bakterie a slouží jako potrava spásačům a seškrabávačům z řad bezobratlých (Benke, Wallace, 2003; Kajzarová, 2012). Dřevo poskytuje také přírodní stanoviště. Je to element vhodný k přisednutí, vytváří úkryt před predátory a umožňuje tření či přezimování ryb (Wondzell, Bisson, 2003; Dolloff, Warren, 2003; Siemens et. al., 2006; Kajzarová, 2012).

2.2 Vodní biotopy a oživení

Vnitrozemské vodní ekosystémy lze rozdělit na vody podzemní a povrchové. Podzemní vody vznikají především průsakem vod povrchových pod zemský povrch. Z důvodu nepříznivých podmínek pro život, jako jsou nedostatek kyslíku a potravy nebo nízké teploty, jsou podzemní vody na rozdíl od povrchových mnohem méně oživené. Povrchové vody vznikají v důsledku zpětného pronikání podzemní vody na povrch. Ačkoliv mohou vyvěrající prameny z podzemí utvářet i vodní biotopy stojaté, jako jsou jezera, tůně nebo mokřady, většinou dávají podobu vodám tekoucím, jež jsou charakteristické trvalým jednosměrným prouděním. Podle velikosti, délky, sklonu a hydrologických poměrů dělíme tekoucí vody na vlastní prameny, pramenné stružky, bystřiny, horské potoky, potoky, říčky, řeky a veletoky (Sukop, 2006).

2.2.1 Bentos

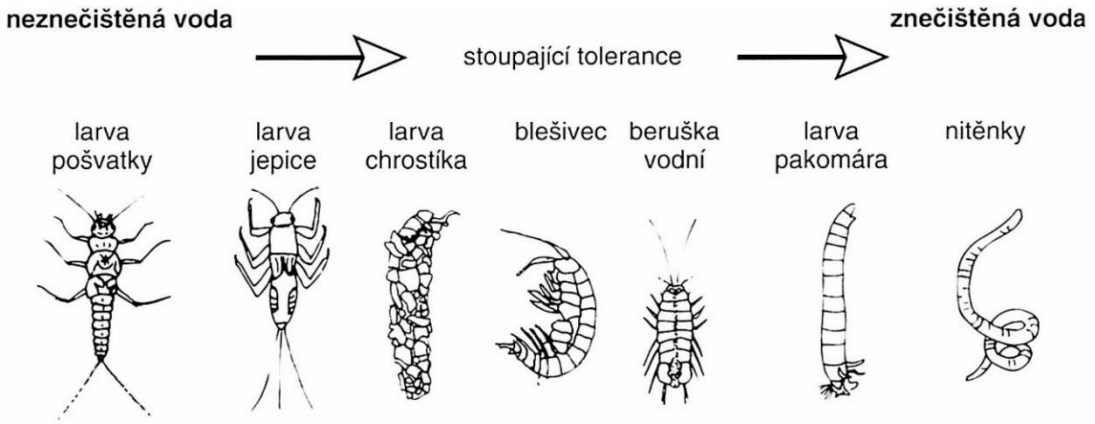
Bentosem se nazývají společenstva organismů žijících na dně (bentálu) tekoucích i stojatých vod. Tato společenstva rozdělujeme na rostliny a živočichy, tedy na fytobentos a zoobentos. K bentickým organismům patří i organismy nárostové, tzv. perifytony. Společenstva takových organismů přežívají přisedle na pevných dnových substrátech nebo na jiných vodních organismech vyskytujících se na dně (Sukop, 2006; Hartman et. al., 2005; Lellák, Kubíček, 1992).

Aby byly bentické organismy schopné odolávat vlivu proudění v tekoucích vodách, mají vyvinuto mnoho adaptačních prvků. K uchycení vegetace slouží různá příchytná vlákna, tzv. rhizoidy. U bezobratlých z řad bentosu lze pozorovat různé výrůstky, výběžky, přísavky, přilnavé plošky či háčky. Obvyklý způsob uchycení k substrátu je také produkce lepkavého slizu. Pokud nastane období vysýchání, mrazu nebo jiných nepříznivých změn, zalézají bentičtí živočichové do dna, tzv. hyporeálu, nebo se ode dna odpoutají a nechají se proudem odplavit (Sukop, 2006; Hartman et. al, 2005; Lellák, Kubíček, 1992).

Podle způsobu přijímání potravy lze bentické živočichy rozdělit do tří skupin. Na drtiče, kteří rozmělňují příliš velké části potravy na menší. Na sběrače, již filtrují potravní složky ze dna či vody, a na škrabače a spásače, kteří jsou adaptováni na sběr potravy z povrchu substrátu (Lellák, Kubíček, 1992). Co se týče velikosti, dělíme bentické bezobratlé na mikrobentos, meiobentos a makrobentos. Rozměrové rozmezí má však mezi autory drobné odchylky. Podle Sukopa (2006) jsou limity následující: mikrobentos do 0,6 mm, meiobentos od 0,6 do 1 mm a makrobentos nad 1 mm.

- **Funkce makrozoobentosu**

Makrobentičtí živočichové jsou podstatnou součástí vodních ekosystémů. Důležitou roli hrají podle Lelláka a Kubíčka (1992) v koloběhu a přeměně živin uvnitř vod. Makrozoobentos je významný z hlediska potravy. Jako potravní složka slouží rybám, vodnímu ptactvu a některým vodním savcům. Jak uvádí Sukop (2006), migrující bentičtí živočichové mohou např. u pstruha tvořit až 80 procent potravy. Proudem unášené organismy zoobentosu mají také pozitivní vliv vůči ekologicky postiženým úsekům, které jsou jimi během krátké doby znovu oživeny (Sukop, 2006). Jelikož je většina bentických živočichů citlivá na znečištění prostředí, slouží také jako ukazatel kvality vody (obr. 1) (Lellák, Kubíček, 1992; Králová, 2001).



Obrázek 1. Tolerance k organickému znečištění u různých skupin makrozoobentosu (Králová, 2001).

❖ Charakteristika vybraných taxonů makrozoobentosu

Řád Jepice – *Ephemeroptera*

Jepice jsou významným zástupcem makrozoobentosu, hojně se vyskytujícím v tekoucích i stojatých vodách dobré kvality. Z důvodu absence trávicího traktu a tedy nepřijímání potravy žijí dospělí jedinci jen několik hodin, maximálně dnů. Larvy vylíhnuté z vajíček nakladených do vody přežívají ve vodě obvykle jeden rok. U větších druhů i více let. Jepicím se daří téměř ve všech habitatech vodních ekosystémů, a jsou tak typickou potravou ryb i ostatních vodních živočichů (Sukop, 2006; Hartman et. al., 2005).

Řád Pošvatky – *Plecoptera*

Přestože larvy pošvatek umějí plavat, pohybují se zpravidla po dně. Nápadným znakem jsou dva štěty na konci zadečku, které zůstávají až do konečného stadia dospělosti. Podobně jako u jepic také jedinci dospělých pošvatek nepřijímají potravu, ale pouze vodu, a přežívají tak velmi krátkou dobu. Larvy pošvatek jsou dravé, výjimečně býložravé. Jelikož jsou značně náročné na obsah kyslíku ve vodě, vyskytují se převážně v horských a podhorských tocích. Jejich vývoj je velmi je pomalý a u většiny druhů trvá jeden až tři roky (Sukop, 2006; Hartman et. al., 2005).

Řád Chrostíci – *Trichoptera*

Hmyz s proměnou dokonalou, který prochází pěti až sedmi stádii, má tmavě zbarvené tělo a dva páry jemně chlupatých křídel. Ze zástupců makrozoobentosu je tento řád velmi důležitý. Při hojném výskytu tvoří významnou část potravy ryb, vodních ptáků, ale i některých savců. Kromě funkce potravní plní chrostíci také funkci čisticí, jelikož se významně se podílejí na rozkladu organických zbytků. Larvy chrostíků žijí na dně, ale jsou schopné vyplavat i do vyšších vrstev vodního sloupce. Většina druhů žije v přenosných obalech, tvořených například z miniaturních kamínků, nebo si vytváří jemné sítě ze sekretu slinných žláz (Sukop, 2006; Hartman et. al., 2005).

Řád Dvoukřídlí – *Diptera*

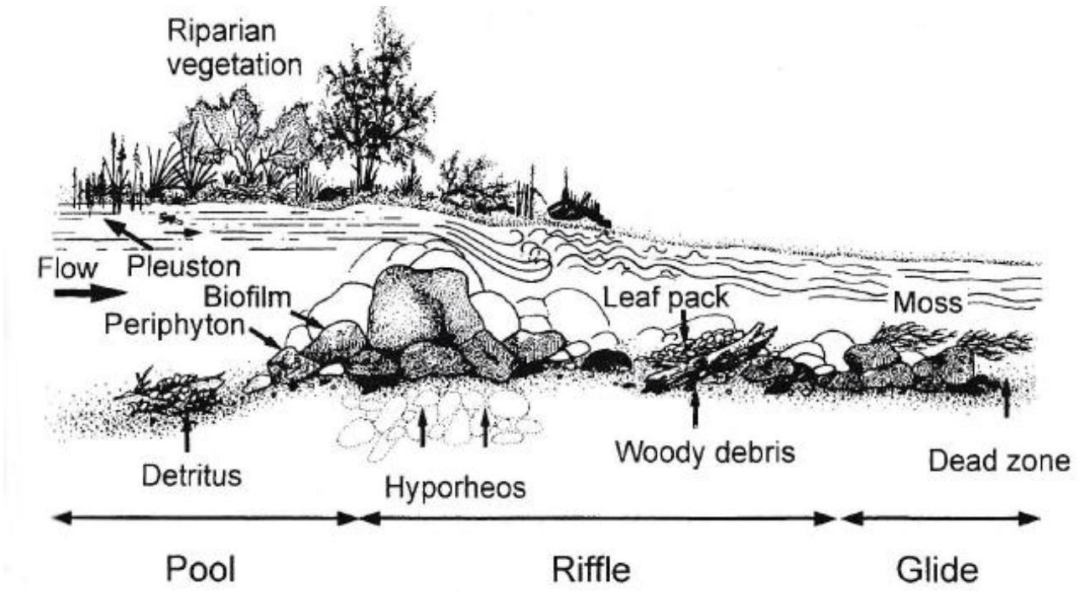
Dvoukřídlí jsou druhově nejpočetnějším řádem vodního hmyzu. Přeměna je dokonalá, dospělci mají vyvinutý pouze jeden pár křídel a ústní ústrojí je bodavě savé. Larvy dvoukřídlých mají červovité tělo, redukovanou hlavu a místo článkovitých končetin mají pouze panožky. K dýchání kyslíku využívají larvy dvoukřídlých celé tělo nebo tracheální žábry. Larvy dvoukřídlých se hojně vyskytují ve všech typech vod, a to i v extrémních podmínkách, jako jsou slané nebo velmi znečištěné vody. Rybám a ostatním vodním živočichům tvoří dvoukřídlí pro své množství a hojné rozšíření podstatnou složku potravy (Sukop, 2006; Hartman et. al, 2005).

Řád Brouci – *Coleoptera*

Jde o živočichy, jejichž vývoj probíhá dokonalou proměnou, většinou ve třech larválních stadiích. Převážně jde o hmyz suchozemský, avšak vyskytují se i brouci vodní. Jednou ze skupin vodních brouků jsou potápkovití. Larvy i dospělci této skupiny žijí ve vodě, živí se dravě a dokážou ulovit i malé rybky. V řadách vodních brouků jsou také zástupci býložravých skupin, jako např. plavčíkovití, rákosničkovití nebo nosatkovití. Kromě ryb slouží vodní brouci také jako potrava vodnímu ptactvu (Sukop, 2006; Hartman et. al., 2005).

2.2.2 Habitaty tekoucích vod

Vhodné životní podmínky ve stanovištích sladkovodních ekosystémů závisejí na mnoha ekologických a fyziologických faktorech, jimiž jsou výskyt a distribuce vodních organismů ovlivňovány (Lellák, Kubíček, 1992). Z hlediska oživení toku je podstatná především rozmanitost jeho vnitřního prostředí (obr. 2). Je důležité, aby koryto oplývalo různými typy habitatů, jako jsou například tůně nebo peřeje. Různorodostí příčného a podélného profilu koryta, je dosaženo i různorodých vlastností v toku. Členitost koryta ovlivňuje hloubku toku či rychlost proudění a úzce souvisí s výskytem a četností úkrytů pro ryby a jiné vodní organismy na dně a po březích toku (Just et. al., 2003).



Obrázek 2. Schéma rozmanitého říčního habitatu (Giller, Malmqvist, 1998).

Jak již bylo uvedeno, vhodnými elementy vytvářejícími tyto podmínky jsou různé formy mrtvého dřeva. Například v případě revitalizace toku nahrazuje mrtvé dřevo úkryty, jako jsou vymleté břehové a podkořenové kapsy, jejichž obnova může trvat několik let (Just et. al., 2003). Podle téhož autora a Siemense et. al. (2006) je dřevní hmota velmi významná v oblastech s chudým podložím. Z hlediska rozmnožování závisejí vhodná místa právě na dnovém substrátu, který jednotliví vodní živočichové upřednostňují. Nicméně preferované podloží nemusí vždy odpovídat prostředí, ve kterém živočichové žijí po zbytek roku (Just et. al., 2003).

- **Oživení nejčastějších typů dnových substrátů**

Bahno

Jak se uvádí v literatuře, bahnitý substrát je sice bohatý na množství žijících jedinců, avšak velmi chudý na druhovou rozmanitost. Podle Sukopa (2006) je počet vyskytujících se druhů v bahně mnohem menší než např. v kamenitém podloží. Počet bezobratlých jedinců může být na 1 m^2 bahna až 30 tisíc (Králová, 2001), nicméně množství biomasy v tomto podloží může být až desektát menší, než u habitatu mrtvého dřeva (Benke et. al., 1984). Zástupci bentického hmyzu osídlující

bahnitá dna jsou podle Lelláka a Kubíčka (1992) např. pakomáři (*Chironumus, Cryptochironomus, Glyptotendipes, Eutanytarsus*), dále jepice (*Ephemera vulgata, Caenis horaria, Brachycercus*), chrostíci z čeledi *Limnephilidae*, ploštice (*Micronecta, Nepa, Ranatra*), vážky, střechatky nebo někteří síťokřídlí brouci.

Kameny

Kameny, stejně jako mrtvé dřevo, nabízejí stabilní substrát, a jsou tak využívány mnoha čeleďmi makrozoobentosu. Osídlení kamenů však není zcela pravidelné. Důležité jsou především jejich velikost a tvar (Sukop, 2006). Jak autor uvádí, kameny větší než 500 cm^2 mají řidší osídlení než kameny menší, přičemž k největšímu osídlení dochází u kamenů s horní plochou cca 150 cm^2. Důležité je také pokrytí nárosty, které nabízejí potravu a úkryt (Sukop, 2006; Lellák, Kubíček, 1992). Mnoho vodních bezobratlých preferuje mezery mezi kameny, které je chrání před silným proudem. Stejně vhodný je prostor pod kameny, kterého využívají například zploštělé larvy pošvatek druhů *Leuctra* a *Chloroperla* (Králová, 2001). Dále prostředí s kameny obývají jepice *(Baëtis, Oligoneuriella, Ecdyonurus, Rhithrogena, Epeorus, Ephemerella)*, chrostíci *(Anabolia, Brachycentrus, Silo),* pošvatky, brouci, pakomáři a další (Lellák, Kubíček, 1992).

Písek

Písek je z hlediska osídlení označován v literatuře za nejchudší dnový substrát tekoucích vod. Především z důvodu nestability a nepatrného obsahu živného materálu je osídlení makrozoobentosem velmi řídké (Sukop, 2006; Lellák, Kubíček, 1992). Oživení v biomase může být u habitatu s písčitým substrátem až 50krát menší než u habitatu s mrtvým dřevem (Benke et. al., 1984). Písčitý substrát může být osídlen některými druhy máloštětinatců, dvoukřídlých, chrostíků, drobných pošvatek, hrabavých jepic, nebo pakomárů (Lellák, Kubíček, 1992).

Štěrk

Lellák, Kubíček (1992) a Sukop (2006) popisují štěrk jako druhý nejchudší substrát na obsah biomasy. Podle druhého autora je to stejně jako u písku z důvodu nestability a trofické chudosti. Králová (2001) uvádí, že štěrk je bohatý druhově, avšak v závislosti na jeho pórovistosti. K ochuzení společenstev bentosu podle ní dochází v případě zanesení štěrkového substrátu jemnějším sedimentem.

2.3 Význam mrtvého dřeva pro vybrané organismy

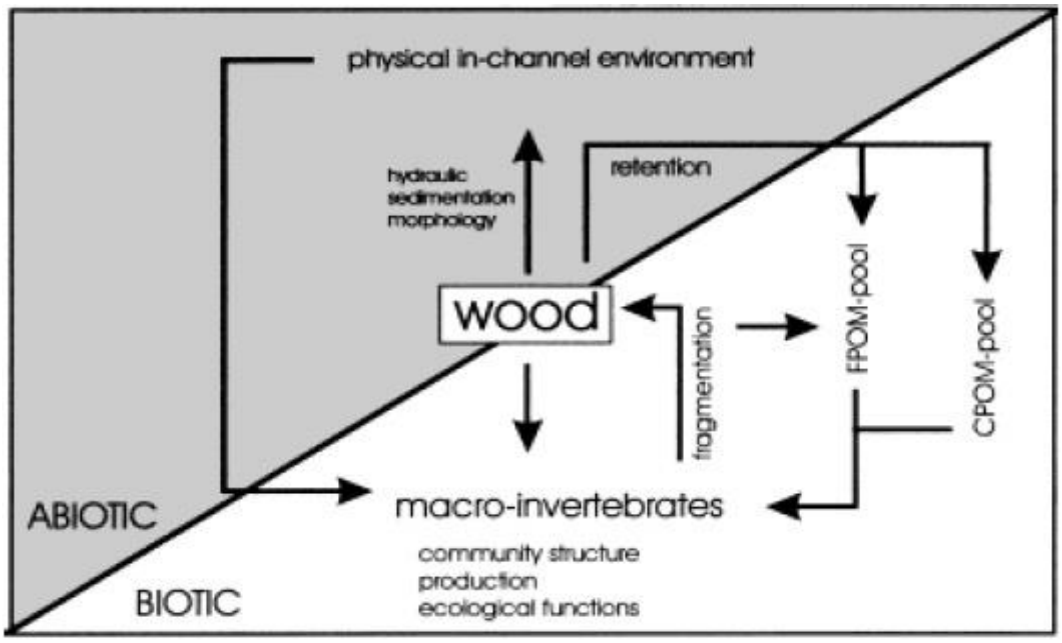
2.3.1 Společenstva makrozoobentosu

Uvádí se, že v tocích s jemnozrným materiálem je dřevo nepostradatelným stabilním stanovištěm pro vodní bezobratlé (Siemens et. al., 2006). Kromě místa k odpočinku je zároveň důležitým podložím k páření a prostorem pro kladení vajíček. Odloupnutá kůra či praskliny ve dřevě slouží vylíhnutým larvám hmyzu jako útočiště. Některé druhy si také samy vyvrtávají chodbičky, ve kterých se ukrývají před predátory. Rozmělněné zbytky větviček a kůry používají larvy ke stavbě svých schránek (například larvy chrostíka *Heteroplectron spp.* či *Pycnopsyche spp.*) (Benke, Wallace, 2003; Máčka et. al., 2011). Pokud jde o hustotu osídlení, rozhodující je především stupeň rozkladu. V první fázi, kdy je povrch dřeva čerstvý a nenarušený, slouží nejvíce jako prostředek k uchycení. S následujícím rozpadem se na povrchu začíná tvořit biofilm a také houby, které dřevo změkčují, díky čemuž může být využíváno jako primární zdroj potravy xylofágními druhy (Benke, Wallace, 2003; Siemens et. al., 2006; Hoffman, Hering, 2000; Dudley, Anderson, 1982).

Otázkou xylofágních druhů se zabývali poslední čtyři uvedení autoři, kteří rozdělují vodní bezobratlé na výhradně xylofágní, krmící se pouze mrtvým dřevem [Např. brouci (*Machronychus quadrituberculatus, Potamophilus acuminatus*), dvoukřídlí (*Glyptotendipes pallens, Stenochironomus gibbus, Sympposiocladius lignicola*)] (Hoffman, Hering, 2000). Dále na xylofágy, u kterých tvoří odumřelé

dřevo podstatnou, ne avšak jedinou složku potravy [Např. plži (*Acroloxus lacustris, Ferrissia wautieri, Physella acuta*), pošvatky (*Protonemura intricata*), chrostíci (*Anabolia furcata, Anabolia nervosa, Chaetopteryx villosa*)] (Hoffman, Hering, 2000). A na nexylofágní spásače a seškrábávače, kteří dřevo využívají pouze pro povrchový biofilm, organický odpad CPOM, FPOM (obr. 3) nebo k uchycení [Např. jepice (*Ephemerella ignita, Heptagenia aulphurea, Paralepthophlebia submarginata*), vážky (*Calopteryx splendens, Calopteryx virgo L.*), chorstíci (*Brachycentrus subnubilus, Hydropsyche pellucidula, Hydropsyche saxonica*)] (Hoffman, Hering, 2000).

Co se týče živin, které je rozkládající se dřevo schopné poskytnout vodnímu ekosystému, uvádí se relativní chudost na důležité prvky, jako je dusík či fosfor (Kajzarová, 2012). Podle Harmona et. al. (1986) však také záleží na anatomické struktuře mrtvého dřeva, která se liší podle druhu. Jednotlivé vrstvy hrubého dřeva, které se dělí na vnější a vnitřní kůru, dřevo a dřevní jádro, jsou totiž odlišně rezistentní k procesu rozkladu a mají různorodé chemické složení (Harmon et. al., 1986).



Obrázek 3. Úloha mrtvého dřeva ve struktuře a funkci ekosystémů tekoucích vod s důrazem na vztahy mezi dřevem a makrozoobentosem (Hoffman, Hering, 2000).

2.3.2 Společenstva ryb

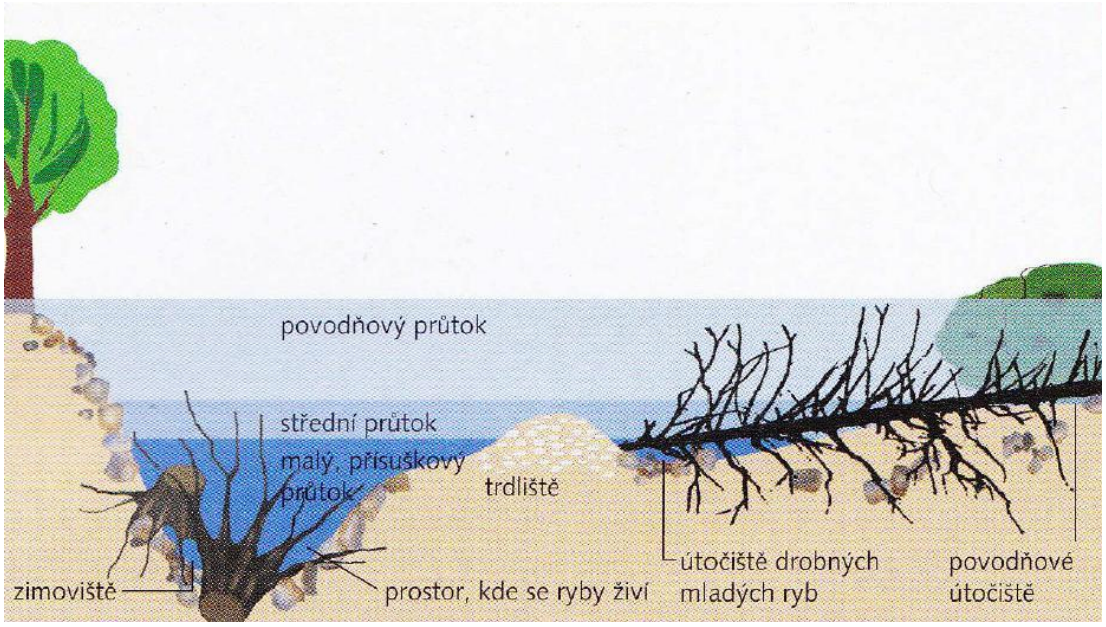
Co se týče mrtvého dřeva a ryb, ještě v 80. letech 20. století panoval v USA názor, že naplaveniny dřevní hmoty v tocích brání jejich prostupnosti a nepříznivě tak ovlivňují populace migrujících ryb. Úpravy toků, které spočívaly v odstraňování dřevní hmoty, však přinesly pouze zánik biotopů vhodných ke tření a erozi břehů (Kožený et. al., 2011).

Konkrétní případ popisují House, Boehne (1987), kteří ve státě Oregon sledovali využití vyčištěných úseků lososovitými rybami ke tření. Výsledky ukázaly, že preference ryb je v takových úsecích mnohem menší, než v místech s mrtvým dřevem. Jak uvádí Wondzell, Bisson (2003), mnoho studií dokazuje, že mrtvé dřevo uvnitř vod zvyšuje druhovou rozmanitost rybích společenstev, zároveň však dodává, že tento pozitivní vliv může záviset na spoustě dalších faktorů, jako je přítomnost či nepřítomnost jiných pevných substrátů, možnost jiného úkrytu nebo množství primární produkce. O ne zcela dostačujících informacích ohledně přímého vlivu mrtvého dřeva na rybí společenstva psali také autoři Angermeier, Karr (1984). I jejich výzkum ve státě Illinois však potvrdil prospěšnost dřeva v toku. Autoři mimo jiné rozdělili tok na dva kanály, z nichž z jednoho byla odstraněna veškerá dřevní hmota. Testy ukázaly nápadné rozdíly v hojnosti a druhové rozmanitosti ryb ve prospěch kanálu s mrtvým dřevem. O velmi pozitivním vlivu dřevní hmoty ve vodních plochách se přesvědčili také autoři Wright, Flecker (2004). Ti se zabývali otázkou nedostatečného přísunu dřeva do toků v tropických oblastech v důsledku odlesňování. Jejich výzkum ve Venezuele odhalil, že úseky toku s přirozeně se vyskytujícím dřevem obsahovaly nejen jednoznačně vyšší počet rybích jedinců, ale také druhová rozmanitost zde byla mnohem vyšší. Pokud jde o vztah mezi hojností a druhovou bohatostí, z výzkumu Gratwicka, Speighta (2005) je u ryb evidentní vzájemná korelace mezi těmito ukazateli.

Pokud jde o to, co je hlavním důvodem vazby rybích společenstev na hrubou a jemnou dřevní hmotu, uvádí se, že pro ryby je především zásobárnou potravy,

substrátem ke tření a prostorem k úkrytu či lovu (Angermeier, Karr, 1984; Wondzell, Bisson, 2003; Wright, Flecker, 2004; Dolloff, Warren, 2003; Siemens et. al., 2006).

Co se týče potravy, ryby využívají velké množství makrozoobentosu na povrchu dřeva. Siemens et. al. (2006) popisují, že potěr a mladé ryby nacházejí v prostředí s naplaveným dřevem ochranu před silným proudem a úkryt před predátory (obr. 4). Velké ryby pak tuto ochranu nacházejí v objemnějších elementech dřeva. Převrstvováním různých typů substrátů na dně vznikají rybí trdliště, v kterých hraje mrtvé dřevo důležitou roli. Jak autoři tvrdí, některé druhy ryb potřebují ke tření pouze přímo mrtvé dřevo.

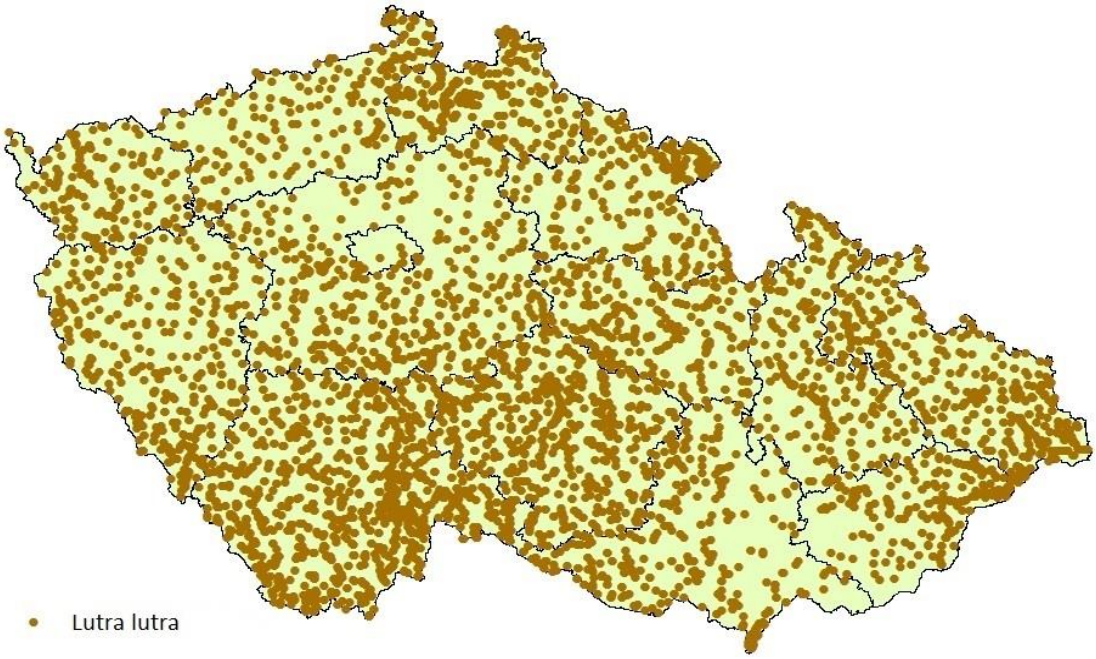


Obrázek 4. Význam mrtvého dřeva v toku pro ryby (Siemens et. al., 2006).

2.3.3 Zástupci savců, ptáků a obojživelníků

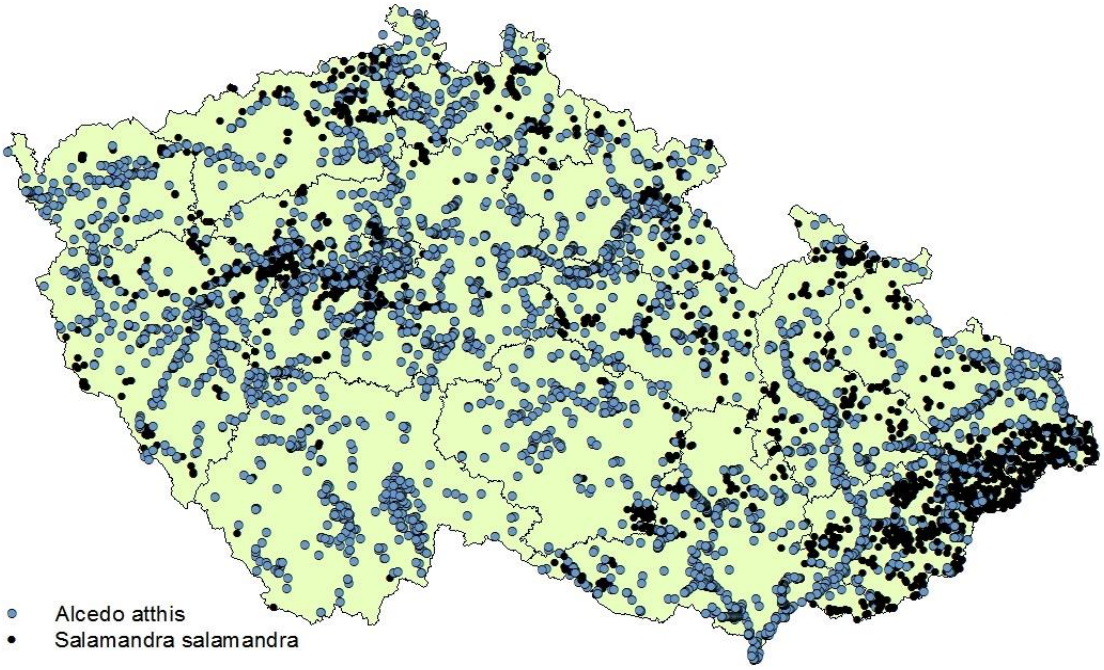
Mrtvé dřevo v tocích není podle literatury přínosné pouze pro vyloženě vodní organismy. Někteří autoři uvádějí, že dřevní hmotu ve vodních plochách využívají také živočichové, kteří jsou na vodní ekosystémy nějakým způsobem vázáni. Například Horák (2007) uvádí, že mrtvé dřevo poskytuje prostor k životu plazům, obojživelníkům, ptákům, netopýrům a dalším savcům. Podle autora jej mohou využívat jednak jako místo k úkrytu a stejně tak, jako někteří vodní

živočichové, také k potravě. Pokud se zaměříme na Českou republiku, zástupci takových druhů, reprezentující savce, ptáky nebo obojživelníky, jsou například vydra říční (*Lutra lutra*), ledňáček říční (*Alcedo atthis*) či mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*). Jak uvádějí Kožený et. al. (2011), vydra říční využívá akumulace dřevní hmoty na březích jako úkryt. Kajzarová (2012) popisuje důležitost spletitých kořenů pod vodní hladinou, které vydry využívají k budování nor, nebo padlé stromy v toku a po březích, sloužící jako úložiště jejich teritoriálního značkování.



Obrázek 5. Výskyt vydry říční v ČR (© AOPK ČR, 2016).

Jako místo k odpočinku a prostor pro sledování kořisti slouží nad hladinou vyčnívající větve ledňáčkovi (Kajzarová, 2012; Kožený et. al., 2011). Ačkoliv se tento chráněný pták živí především menšími rybami, potravou mu mohou být také vodní bezobratlí (Králová, 2001), kteří se, jak již bylo zmíněno, hojně vyskytují na mrtvé dřevní hmotě. Co se týče mloka skvrnitého, podle Štěpána (2012) je na mrtvé dřevo vázán nejvíce ze všech obojživelníků. Shnilé a padlé dřevo mu podle autora slouží jako zimoviště. Ačkoliv se tento obojživelník vyskytuje především v lesním prostředí, většinou jde o vlhké lokality v blízkosti vodních toků a odumřelé dřevo, které podle uvedených zdrojů využívá, lze tak zahrnout mezi vodní ekosystémy.



Obrázek 6. Výskyt ledňáčka říčního a mloka skvrnitého v ČR (© AOPK ČR, 2016).

2.4 Management mrtvého dřeva v ČR

Mrtvé dřevo v tocích, respektive způsob s jeho nakládáním je v České republice zhruba od roku 2000 předmětem častých sporů mezi ochránci přírody a správci vodních toků (Kožený, Simon, 2010). Autoři v práci uvádějí, že z hlediska vodního zákona č. 254/2001 Sb. (před novelou č. 150/2010 Sb.) je dřevní hmota v korytech považována za nežádoucí nebezpečný element a správci vodních toků jsou tak povinni tyto naplaveniny odstraňovat. Na druhé straně je zde zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb., který uznává význam dřevní hmoty pro vývoj přirozených vodních toků a jejich oživení, včetně zvláště chráněných organismů. Tím se v některých pasážích dostávají zákony do konfliktu (Kožený, Simon 2010). Další publikace, zabývající se též právním rámcem managementu dřevní hmoty v tocích, popisuje již určité posuny. Autoři studie Kožený et. al., (2011) rozebírají znění vodního zákona už po novelizaci v roce 2010. Novela č. 150/2010 Sb. podle jejich slov na základě poptávky po změně zavedeného přístupu ke správě vodních toků mnohé vyřešila, nicméně většinou je stále aplikován tradiční přístup a mrtvé dřevo je nadále odstraňováno.

2.4.1 Legislativní úprava

Níže jsou uvedeny výňatky z platného Vodního zákona České republiky, důležité pro management břehových porostů a dřevní hmoty v korytech, které ve své publikaci komentují Kožený et. al. (2011).

Platný český Zákon o vodách a o změně některých zákonů č. 254/2001 Sb.

Institut *správy vodních toků* je vymezen v § 47 vodního zákona:

„(1) Vodní toky jsou předmětem správy. Člení se na významné vodní toky a drobné vodní toky. Seznam významných vodních toků stanoví Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí vyhláškou.

(2) Správou vodních toků se rozumí povinnost

a) sledovat stav koryt vodních toků a pobřežních pozemků z hlediska funkcí vodního toku,

b) pečovat o koryta vodních toků, udržovat břehové porosty na pozemcích koryt vodních toků nebo na pozemcích s nimi sousedících v šířce podle § 49 odst. 2 tak, ***aby se nestaly překážkou znemožňující plynulý odtok vody při povodni*** *s přihlédnutím k tomu, aby jejich druhová skladba co nejvíce odpovídala přírodním podmínkám daného místa; to neplatí, jde-li o pozemky určené k plnění funkcí lesa,*

c) provozovat a udržovat v řádném stavu vodní díla v korytech vodních toků nezbytná ***k zabezpečení funkcí vodního toku****, popřípadě vodnímu toku převážně sloužící, která správci vodních toků vlastní, případně je užívají z jiného právního důvodu,*

… f) oznamovat příslušnému vodoprávnímu úřadu závažné závady, které zjistí ve vodním toku a jeho korytě, způsobené přírodními nebo jinými vlivy; současně navrhovat opatření k nápravě, ***obnovovat přirozená koryta vodních toků****, zejména ve* ***zvlášť chráněných územích*** *a v* ***územních systémech ekologické stability****,*

g) spolupracovat při zneškodňování havárií na vodních tocích,

h) navrhovat ***opatření*** *k nápravě zásahů způsobených lidskou činností* ***vedoucí k obnovení přirozených koryt vodních toků****.*

(3) Ministerstvo zemědělství stanoví vyhláškou způsob provádění činností uvedených v odstavci 2.

… (5) Správa vodních toků podle odstavců 2 a 4 musí být vykonávána tak, ***aby nepříznivý dopad na vodní a vodu vázané ekosystémy byl co nejmenší, a s ohledem na dosažení dobrého stavu vod podle § 23a odst. 1 písm. a) bodů 2 a 3.“***

Jak autoři uvádějí, z hlediska managementu a využití mrtvého dřeva je důležité odlišení přirozených koryt vodních toků. To vychází z definice v § 44 vodního zákona:

„(2) Přirozeným korytem vodního toku je koryto nebo jeho část, které vzniklo přirozeným působením tekoucích povrchových vod a dalších přírodních faktorů nebo provedením opatření k nápravě zásahů způsobených lidskou činností a které může měnit svůj směr, podélný sklon a příčný profil.“

„(3) V pochybnostech o hranici koryta vodního toku nebo o tom, zda se jedná o přirozené koryto vodního toku, rozhodne místně příslušný vodoprávní úřad.“

„Samovolné změny směru, podélného sklonu a příčného profilu lze vnímat jako základní vlastnost přirozených koryt. Při správě přirozených koryt vodních toků musí být tato charakteristika zachována. Vodní zákon zároveň v § 46 obecně ustanovuje, že je zakázáno měnit směr, podélný sklon a příčný profil koryta vodního toku (zákon tedy obecně zakazuje zásahy do koryta). Těmto základním požadavkům musí správa přirozeného koryta vodního toku vyhovět. **Její těžiště tedy spočívá ve sledování vývoje přirozeného koryta a v odůvodněných případech v realizaci takových zásahů, které podpoří funkci vodního toku nebo omezí povodňová rizika**,“ uvádějí k legislativní problematice Kožený et. al. (2011).

2.4.2 Aspekty vodního hospodářství

❖ **Možná rizika**

Na rozdíl od biotopů stojatých vod, ve kterých není mrtvé dřevo unášeno vodním proudem, v tekoucích vodách může představovat i velice nebezpečný element. Literatura uvádí, že zejména v době povodní představuje plavená dřevní hmota riziko pro bezproblémové odvody povodňových průtoků, procházející konstrukcemi a stavbami vyskytujících se na tocích. Splavená dendromasa v podobě kmenů, keřů a velkých větví může ucpávat mostní otvory, následkem čehož dochází k akumulaci vzdouvané vody a tím k ohrožení obydlených území v okolí. Velice nebezpečnou situaci pro území kolem toku představuje prolomení nahromaděného materiálu, kdy dochází k vytvoření umělé povodňové vlny a následného transportu masy dřeva. Náhlým nárazem velkého množství dřeva se silnou kinetickou energií může u vodních objektů dojít k destrukci (Kožený et. al., 2011). Dále může být mrtvé dřevo přímým rizikem pro rybáře a vodáky. Hrubá dřevní hmota ve vodním toku za zvýšeného stavu představuje pro účastníky vodních aktivit nebezpečnou překážku. V přírodně ponechávaných vodních biotopech mohou vést ke zranění větvě a kořeny ležících stromů (Kožený et. al., 2011, Siemens et. al., 2006).

❖ **Škody a náklady**

Jak je uvedeno, s výskytem dřevních akumulací v tocích je spojeno mnoho nebezpečných situací, během kterých může mimo jiné dojít k ekonomickým ztrátám. Naproti tomu reálné škody způsobené pouze přirozeným mrtvým dřevem a náklady na jejich odstranění se jen těžko vyčíslují. „Při povodni může problémy způsobit jakýkoliv plovoucí materiál odnesený ze břehů a nivy, včetně toho s lidským původem. Odlišit roli přirozeného říčního dřeva by bylo dost obtížné, i kdyby se na to správci toků zaměřili," uvádí k tématu Mgr. Pavel Kožený z Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka. Co se týče konkrétních částek, které představují náklady na preventivní odstraňování mrtvého dřeva či škody jím způsobených, například oddělení vodního hospodářství Ministerstva

zemědělství ČR či Správa toků státního podniku Lesy ČR taková data neevidují. „Škody nejsme schopni vyčíslit, zatím byla vždy snaha správce toku okamžitě po zjištění překážky v korytě ji beze zbytku odstranit," uvádí za Lesy ČR Mgr. Tomáš Řeha. K tomuto tématu se za Lesy ČR vyjadřuje také Ing. Pavel Pernica. „Přirozené mrtvé dřevo jako takové ve vodních tocích nepředstavuje pro správce toků zásadní problém. Jiná věc je mrtvé dřevo, které zůstává v korytech vodních toků po prováděných těžbách. Zde může docházet ke splavování a působení problémů především při povodňových průtocích. Konkrétní čísla problémů způsobených mrtvým dřevem na vodních tocích neevidujeme, jsou řešeny v rámci běžné činnosti správce toků, tedy údržby koryt a péče o břehové porosty."

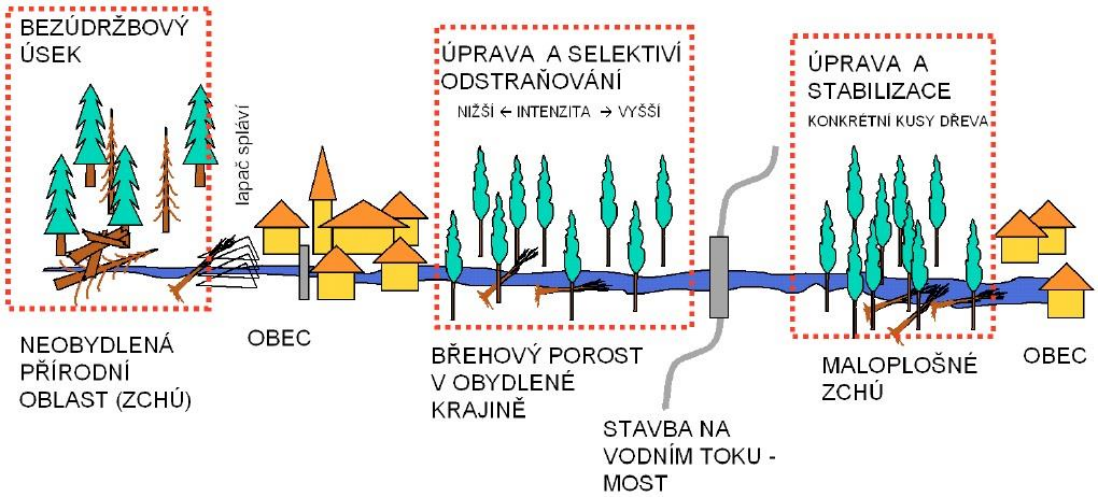
- **Ekonomické přínosy**

Přestože se v České republice pravděpodobně neuskutečnil žádný výzkum, který by zkoumal ekonomické výhody v ponechávání dřevní hmoty v tocích, na základě poznatků popisovaných v této práci lze o takových přínosech pro vodní hospodářství uvažovat. Podle informací zahraničních autorů Househo, Boehneho (1987); Wondzella, Bissona (2003); Angermeiera, Karra (1984); Wrighta, Fleckera (2004) a Siemense et. al. (2006), kteří ponechávání mrtvého dřeva v tocích spojují s vyšším počtem ryb, může být takovým příkladem zvýšení rybí produkce a následně větší výnosy z jejich prodeje. Dalším ekonomickým aspektem může být například úspora financí za technické úpravy koryt v důsledku ochranné protierozní funkce mrtvého dřeva, kterou uvádějí Siemens et. al. (2006) či Máčka et. al. (2011). Tyto a další možné ekonomické výhody konkrétně popisují Acuña et. al., (2013). Autoři na základě srovnávací analýzy hodnotili nákladovou efektivitu revitalizace toků proudících lesem mírného pásma do nádrží s pitnou vodou. Autoři práce provedené na Pyrenejském poloostrově ve výsledcích uvádějí, že nedostatek mrtvého dřeva v tocích má obrovskou ekonomickou cenu, a to právě pro jeho pozitivní vliv na rybí populace, kontrolu erozí, ale také z hlediska vodního samočištění a příležitostí v oblasti rekreace a turistiky.

2.4.3 Selektivní management

Vhodným managementem mrtvého dřeva v korytě, který by byl šetrný k životnímu prostředí a zároveň by efektivně eliminoval výše uvedená rizika při povodních, se již zmiňované publikace zabývaly. Práce Koženého, Simona (2010) a Koženého et. al. (2011) konstatují, že na základě poznatků a návodů, kterých existuje již mnoho, by mohly být uplatňovány diferenciované postupy (obr. 7). Konkrétní příklady uvedené níže jsou popsány také dalšími autory.

Především tam, kde jsou žádoucí přirozené procesy (toky v národních parcích či chráněných krajinných oblastech), by mělo být mrtvé dřevo ponecháno bez zásahů. Dále může být u dřevní hmoty upravována pouze její orientace, například umístěním kmene paralelně s proudem, odsunutím z proudnice nebo zaklíněním o stávající břehový porost. Zvýšení stability, a tedy minimalizování rizik lze dosáhnout kotvením dřevní hmoty lany či kolíky, což umožňuje nejen ponechání přirozeného dřeva, ale i bezpečné vkládání dřevní hmoty uměle. V místech, kde je to z hlediska bezpečnosti nezbytně nutné, lze zvolit selektivní odstraňování rizikových fragmentů a akumulací mrtvého dřeva. Možným technickým řešením, je také použití lapačů zachycujících splaví (Kožený, Simon, 2010; Kožený et. al., 2011; Siemens et. al., 2006; Máčka et. al., 2011).



Obrázek 7. Schéma diferencovaného managementu břehových porostů a mrtvého dřeva v korytě přirozeného toku (Kožený et. al., 2011).

3. Metodika

K účelům této bakalářské práce "*Ekologie a management mrtvého dřeva ve vodních ekosystémech*" byla na základě klíčových slov uvedených v zadání vyhledána česká a zahraniční odborná literatura pojednávající o této problematice. K sestavení literární rešerše byly použity poznatky z vybraných elektronických zdrojů a tištěných publikací a také komentáře a data poskytnuté kompetentními osobami či institucemi. Rešerše byla rozdělena na následující kapitoly:

- **Kapitola 2.1**

V podkapitole 2.1.1, byla popsána charakteristika mrtvého dřeva ve vodních ekosystémech. Konkrétně je zde uvedeno, v jakých formách se tento element může vyskytovat, jaké mají tyto formy rozměrové zařazení a jaké názvosloví používá odborná literatura. V podkapitole 2.1.2 bylo vysvětleno, jakým způsobem do vodního prostředí dřevní hmota vstupuje a jaké jsou v korytech toků její hlavní funkce.

- **Kapitola 2.2**

V úvodu je stručně popsán vznik podzemních a povrchových vod. V první části 2.2.1 jsou popsána společenstva vodních organizmů zvaných bentos. Zde bylo popsáno základní rozdělení bentosu, způsob jeho života a hlavní funkce. K tématu byl do textu vložen obrázek převzatý z citovaného zdroje. V závěru této části byla uvedena charakteristika nejčastěji se vyskytujících taxonů makrozoobentosu. V podkapitole 2.2.2 byla popsána důležitost různorodých v prostředí v toku, k čemuž byl umístěn obrázek z převzatý z uvedeného zdroje. Na závěr této části byl vytvořen popis typických dnových podkladů z hlediska jejich predispozice k oživení.

- **Kapitola 2.3**

V podkapitolách 2.3.1. a 2.3.2 bylo popsáno, jakým způsobem je mrtvé dřevo využíváno makrozoobentosem a rybami. U těchto vodních organismů byly v minulosti provedeny potřebné výzkumy a k dispozici tak byla dostupná data pro

potvrzení či zamítnutí hypotézy, že mrtvé dřevo ovlivňuje jejich četnost a diverzitu. K tématu byly do textu umístěny obrázky dostupné v uvedené literatuře. V podkapitole 2.3.3 bylo popsáno, jakým způsobem mohou mrtvé dřevo v tocích využívat vybraní živočichové, kteří se vyskytují v okolí vod. Pro podpoření hypotézy, že mrtvé dřevo ovlivňuje jejich výskyt, zde byly uvedeny interakce s mrtvým dřevem u ledňáčka říčního zastupujícího vodní ptactvo, u mloka skvrnitého zastupujícího obojživelníky a u vydry říční zastupující vodní savce. Pro více informací na toto téma byla kontaktována Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, která poskytla data o výskytu uvedených živočichů na území ČR. Tato data byla v programu Arc Map 10.3 převedena na mapy, které jsou v práci uvedeny. Co se týče zvolených živočichů, záměrně nebyl vybrán bobr evropský, který je schopný sám mrtvé dřevo vytvářet.

- **Kapitola 2.4**

Kapitola byla vytvořena na základě hypotézy, že mrtvé dřevo má celkově kladný význam pro vodní hospodářství ČR. V úvodu je stručně popsána problematika managementu elementu. Do části 2.4.1 byl umístěn rozbor vodního zákona ČR. U výňatků z uvedeného zákona, převzatých z citované literatury, byla ověřena shodnost s jejich aktuálním zněním ve sbírce zákonů. V podkapitole 2.4.2 byla vypsána možná rizika a škody spojené s výskytem dřevní hmoty. Za účelem získání přesných dat ohledně škod a celkových finančních ztrát byly kontaktovány instituce k tomu kompetentní. Konkrétně byl tázán Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Ministerstvo zemědělství ČR a Lesy ČR. Vyjádření konkrétních osob byla uvedena do textu. V závěru podkapitoly je soupis možných ekonomických přínosů mrtvého dřeva pro vodní hospodářství. Tyto přínosy byly autorem popsány na základě informací, vyplývajících z poznatků uvedených v této práci. V podkapitole 2.4.3 byly vypsány různé způsoby managementu mrtvého dřeva, které byly navrženy citovanými autory. Součástí této kapitoly je grafické znázornění diferenciovaného managementu, které bylo převzato z uvedeného zdroje.

4. Výsledky

4.1 Porovnání kvantity a druhové rozmanitosti vodních organismů

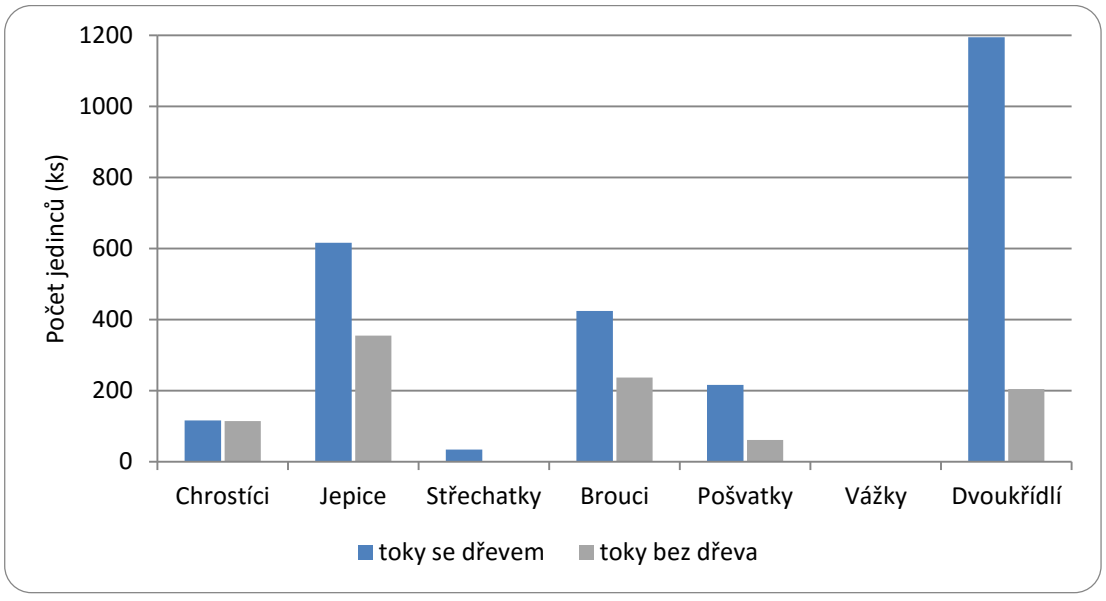
Pro znázornění rozdílů v početnosti a druhové bohatosti vodních organismů mezi stanovišti obsahujícími dřevní hmotu a stanovišti bez dřevní hmoty jsou v této bakalářské práci použity informace čerpané z vybrané dostupné literatury. Grafy uvedené níže jsou sestrojeny na základě dat z výzkumů, které probíhaly ve státech Evropy - Česká republika, Slovensko (uvedeno se svolením autorů) a Jižní a Severní Ameriky - Venezuela, Illinois. Tyto grafy nejsou zpracovány jednotně stejným způsobem, jelikož jednotlivé výzkumy nemají stejná výsledná data a povětšinou nejsou zpracovány totožnou metodikou. Nutno podotknout, že vzhledem k odlišným klimatickým podmínkám, rozdílům v krajinných sférách mezi uvedenými kontinenty a také k rozdílným charakteristikám jednotlivých vodních toků, které byly předmětem výzkumu, není jasné, do jaké míry lze výsledky mezi jednotlivými lokalitami porovnávat.

- **Potoky Javornice, Koželužka a Radnický, Vejvanovský a Zbirožský potok; Česká republika**

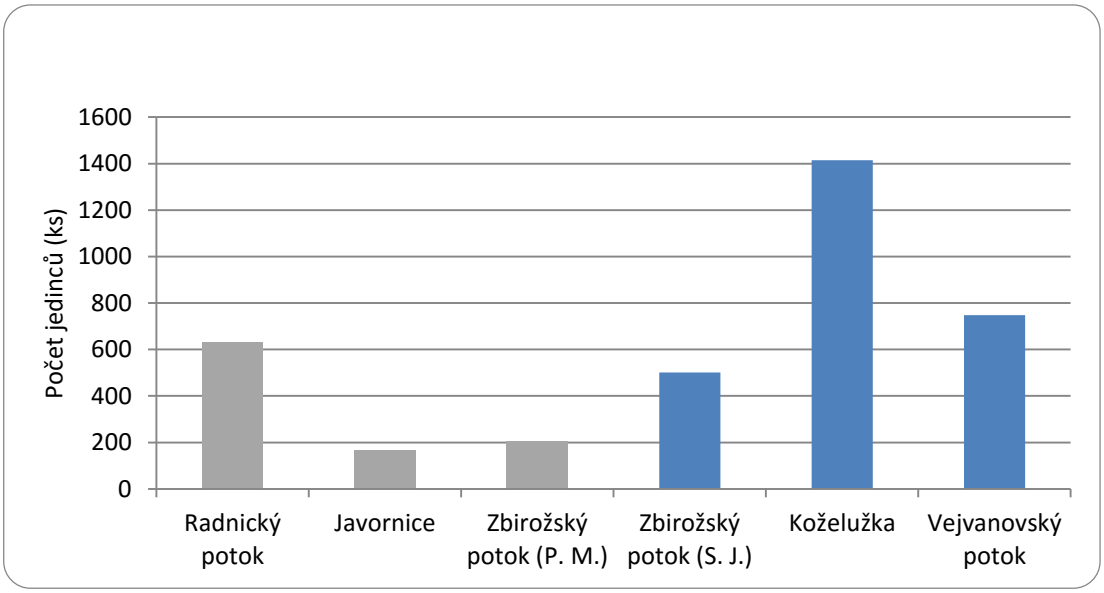
První výsledky, které jsou v této práci uvedeny, pocházejí z výzkumu provedeném na území České republiky. Autorka práce Lorencová (2013) analyzovala složení společenstev makrozoobentosu ve vybraných tocích s dřevem a bez dřeva na území povodí Berounky. Mezi toky klasifikované jako "bez dřeva" byly vybrány potoky Javornice s dnem tvořeným malými kameny a pískem, Radnický potok s malými kameny a minimálním množstvím dřeva, které není uvažováno, a Zbirožský potok – Podmokelský mlýn, jehož dno utvářely velké, převážně nárosty pokryté kameny. Mezi toky spadající do kategorie "se dřevem" byly zahrnuty Zbirožský potok – u Skryjských jezírek, obsahující velké kameny a také značné množství mrtvého dřeva v podobě velkých větví a kmenů. Dále potok Koželužka s písečno-bahnitým dnem a mrtvým dřevem ve formě menších větví a také Vejvanovský potok, jehož dno obsahovalo kromě dřeva a malých kamenů také organický odpad

CPOM. Ačkoliv byly vzorky makrozoobentosu pořizovány dvěma různými metodami, výsledky uvedené v této bakalářské práci jsou sestaveny na základě pouze jedné, podle autorky výzkumu té přesnější metody, tj. oděr pomocí Surberova sběrače. Tímto způsobem, kdy je dle autorky dokonale provzorkován každý habitat zvlášť, bylo na výše uvedených šesti profilech odebráno celkem dvacet vzorků.

Obrázky č. 8 a č. 9 prezentují zjištěné počty jedinců makrozoobentosu v jednotlivých tocích. Z prvního obrázku č. 8 lze pozorovat, že všechny řády bezobratlých obsahovaly vyšší počty v tocích se dřevem. Největší rozdíly vykazoval řád Dvoukřídlých, u kterého byl počet jedinců v tocích s dřevní hmotou téměř šestinásobný. Podstatné rozdíly vykazovaly také řády Jepice, Brouci a Pošvatky. Na obrázku č. 9 jsou uvedeny celkové hodnoty všech skupin makrozoobentosu, zvlášť pro jednotlivé sledované toky. Oproti ostatním je výrazně nejoživenějším tokem potok Koželužka s mrtvým dřevem, následován Vejvanovským potokem, rovněž se dřevem. Třetí potok s dřevní hmotou, tedy Zbirožský potok S. j. vykazuje mírně nižší hodnoty než Radnický potok, jenž je sice zařazen mezi toky bez mrtvého dřeva, nicméně jisté množství dřevní hmoty obsahuje. Zbylé dva potoky bez dřevní hmoty, Javornice a Zbirožský potok P. m. byly oživeny nejméně.

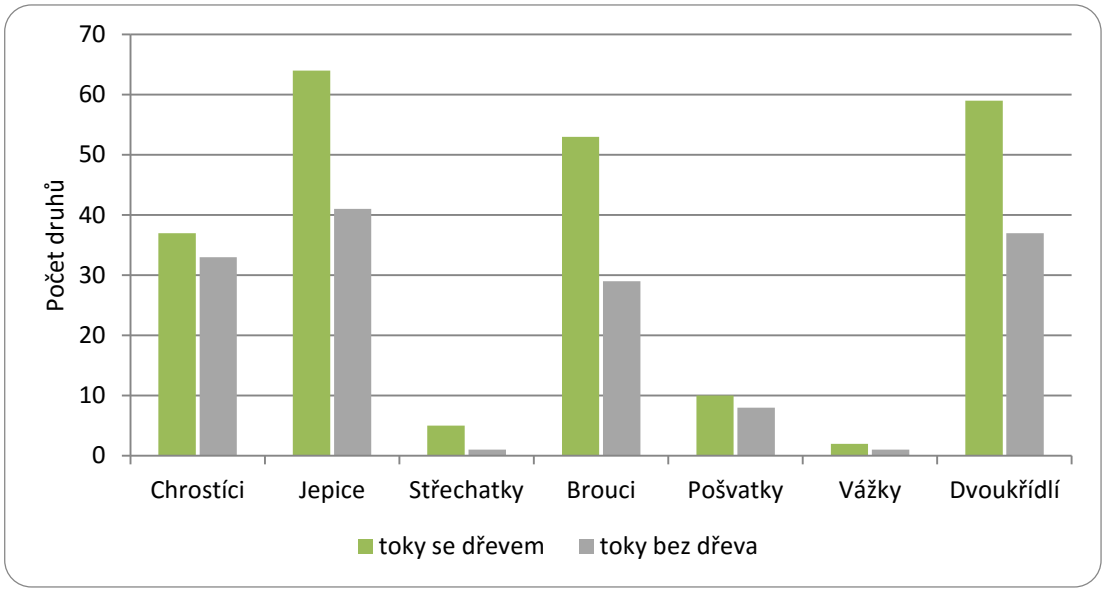


Obrázek 8. Počet jedinců makrozoobentosu zastupujících jednotlivé řády celkově ve všech sledovaných tocích (Lorencová, 2013).

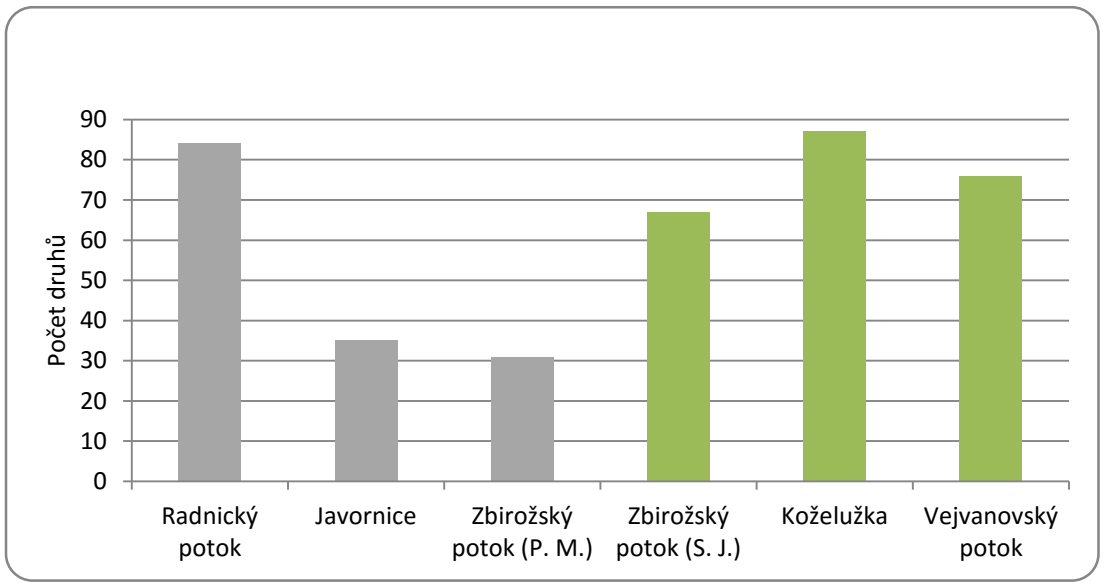


Obrázek 9. Celkový počet jedinců makrozoobentosu na jednotlivých sledovaných tocích (Lorencová, 2013).

Na stejném principu jsou sestrojeny obrázky č. 10 a č. 11, porovnávající druhovou rozmanitost. I zde je evidentní, že lepší výsledky mají toky s mrtvým dřevem, přičemž větší počty druhů v těchto tocích vykazují všechny skupiny makrozoobentosu (obr. 10). Ačkoliv v oživení u toků se dřevem byl na prvním místě řád Dvoukřídlých, v druhové rozmanitosti je až za řádem Jepice. Třetím řádem, rovněž s podstatně vyššími hodnotami oproti tokům bez dřeva, jsou brouci. Celkové počty druhů bezobratlých v jednotlivých tocích na obrázku č. 11 jsou v podobném poměru jako počty jedinců. V tomto případě však velké hodnoty vykazuje i Radnický potok, jenž je osídlen téměř stejným počtem druhů jako druhově nejrozmanitější potok Koželužka. Celkově je evidentní, že makrobentičtí bezobratlí výrazně preferovali toky se dřevem. Tyto toky obsahovaly nejen výrazně vyšší počty jedinců, ale i počty druhů, což potvrzuje velký ekologický přínos dřeva v korytech. Pokud jde o Radnický potok, jenž byl klasifikován jako potok bez dřeva, výsledky by mohly naznačovat, že i minimální množství dřeva v toku může mít velký vliv na společenstva makrozoobentosu. Hodnoty bezobratlých v něm zjištěné byly totiž srovnatelné s toky, které dřevo obsahovaly ve velkém množství, nicméně pravděpodobnější příčinou velkého oživení v Radnickém potoce je dno tvořené menšími kameny, což by potvrzovalo názor Sukopa (2006) v kapitole 2.2.2.



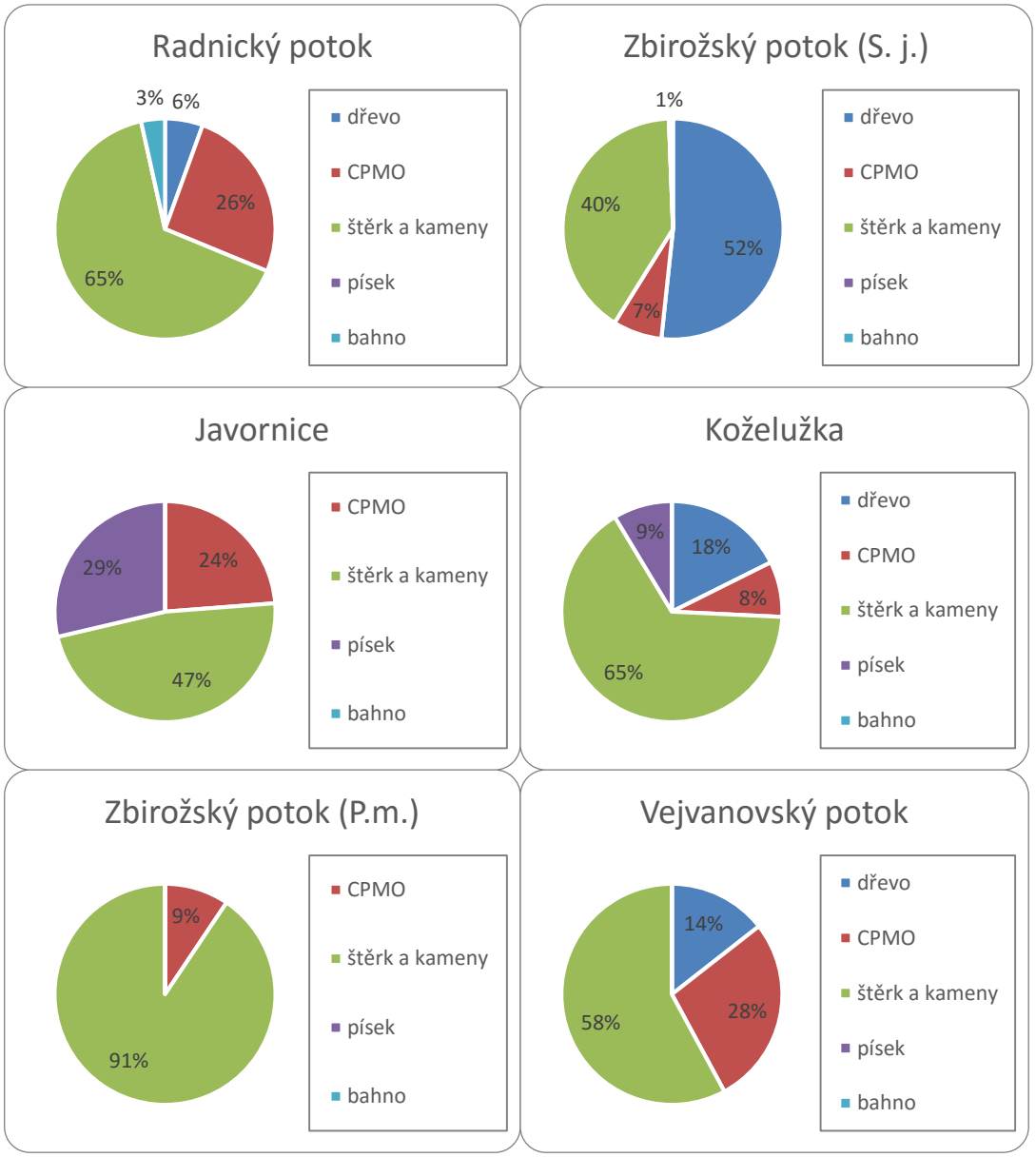
Obrázek 10. Počet druhů makrozoobentosu zastupujících jednotlivé řády celkově ve všech sledovaných tocích (Lorencová, 2013).



Obrázek 11. Celkový počet druhů makrozoobentosu na jednotlivých sledovaných tocích (Lorencová, 2013).

Posledním obrázkem k výzkumu z ČR jsou grafy popisující oživení konkrétních habitatů vyskytujících se ve sledovaných tocích (obr. 12). Je patrné, že největším počtem jedinců v obou typech toků oplývalo dno tvořené štěrkem a kameny, s výjimkou Zbirožského potoka, kde bylo největší na dřevě. Pokud uvedené výsledky porovnáme s informacemi v kapitole 2.2.2., potvrzuje se, že kameny jsou

velice oblíbeným útočištěm bentických živočichů, a jsou tak jimi hustě osídleny. Na druhou stranu štěrk, který je autorkou výzkumu prezentován dohromady s kameny jako bohatý, označuje literatura jako substrát početně druhý nejchudší. Co se týče písku, nelze jednoznačně potvrdit, že je substrátem nejchudším, jak se v literatuře uvádí. Určité oživení ve dvou případech sice vykazoval, nicméně jako nejchudší substrát zde působilo bahno, které je v literatuře naopak popisováno jako poměrně bohaté na počet jedinců.

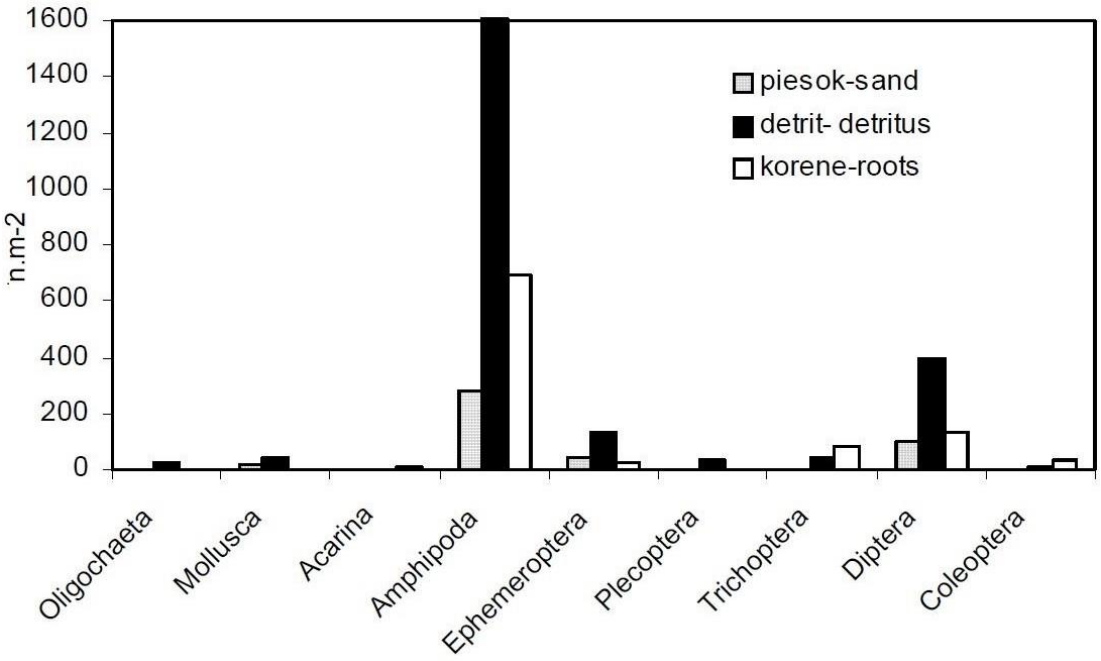


Obrázek 12. Procentuální vyjádření počtu jedinců makrozoobentosu na jednotlivých substrátech ve sledovaných tocích (Lorencová, 2013).

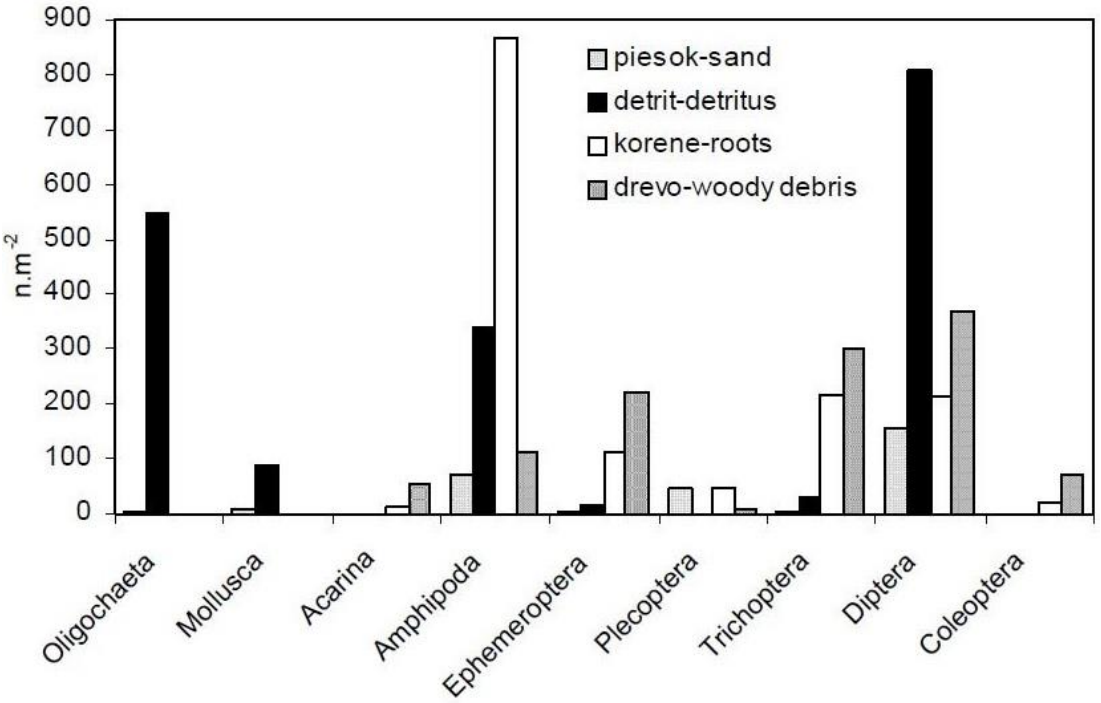
❖ **Řeka Rudava, Slovensko**

Výzkum vlivu mrtvého dřeva na bezobratlé vodní živočichy proběhl také na Slovensku. Autoři práce Derka et. al. (2001) testovali vlivy jednotlivých typů substrátů na výskyt makrozoobentosu v řece Rudavě. Zkoumaný tok byl rozdělen na dvě lokality. První z lokalit byla obec Prievaly, kde Rudava představuje nížinný potok. Dno čtyřicetimetrového zkoumaného úseku bylo z 56,6 % tvořeno pískem, z 32 % odumřelou organickou hmotou detritem, z 6,6 % kořeny pobřežních dřevin a ze 4,8 % mrtvým dřevem. Druhou lokalitou byla obec Studienka, kde je Rudava nížinou říčkou. Dno stejně dlouhého úseku jako u lokality č. 1, bylo tvořeno z 55 % pískem, z 25,5 % detritem, ze 3,9 % kořeny pobřežních dřevin, ze 14,5 % mrtvým dřevem a z 2,1 % bahnem. (Pro nedostatek dat byly grafy převzaty z publikace).

Na sledovaných lokalitách bylo zaznamenáno celkem 57 druhů makrozoobentosu, z toho 23 druhů na lokalitě č. 1 a 44 druhů na lokalitě č. 2. Na obrázcích č. 13 a č. 14 je znázorněna hustota jedinců makrozoobentosu jednotlivých skupin. Při porovnání obou lokalit je zřejmé, že na lokalitě č. 1, kde dřevo na dně toku vykazovalo pouze necelých pět procent, je celkově mnohem menší osídlení makrozoobentosem než na lokalitě č. 2, kde mrtvé dřevo obsahovalo ze všech typů substrátů necelých patnáct procent. Z devíti skupin bezobratlých vykazovaly v první lokalitě velmi významný výskyt jedinci řádu *Amphipoda* (Různonožci), a to na všech substrátech. Následoval řád *Diptera* (Dvoukřídlí), taktéž na všech typech substrátů. Jedinci téměř všech ostatních řádů vykazovali v této lokalitě méně než sto kusů na m^2. Mnohem významnější počty jedinců lze pozorovat na obrázku č. 14. Lokalita č. 2 byla nejvíce osídlena řádem *Oligochaeta* (Máloštětinatci) na detritu, *Amphipoda* (Různonožci) na kořenech a *Diptera* (Dvoukřídlí) opět na detritu. Více než sto kusů na m^2 vykazovali také řády *Ephemeroptera* (Jepice) a *Trichoptera* (Chrostíci), v obou případech na dřevě. Celkově lze konstatovat, že největší hustota makrozoobentosu byla v obou lokalitách zaznamenána na detritu, který je následován kořeny a dřevem na lokalitě č. 2 a kořeny na lokalitě č. 1. Jako nejméně oživený substrát zde vychází písek, což v tomto případě potvrzuje mínění autorů v kapitole 2.2.2.



Obrázek 13. Počet jedinců makrozoobentosu zastupujících jednotlivé řády na uvedených typech substrátu. **Lokalita č. 1** (Derka et. al., 2001)**.**

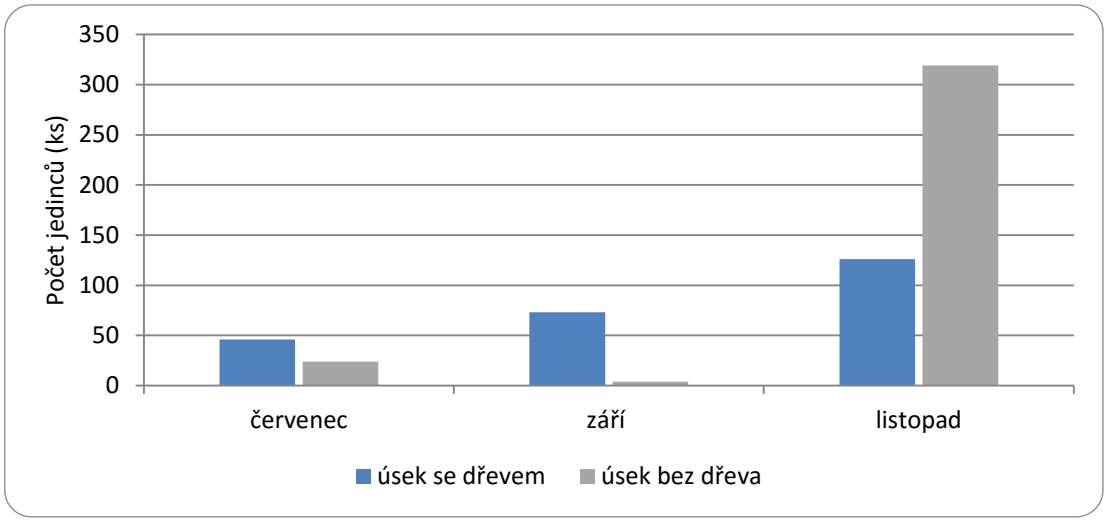


Obrázek 14. Počet jedinců makrozoobentosu zastupujících jednotlivé řády na uvedených typech substrátu. **Lokalita č. 2** (Derka et. al., 2001)**.**

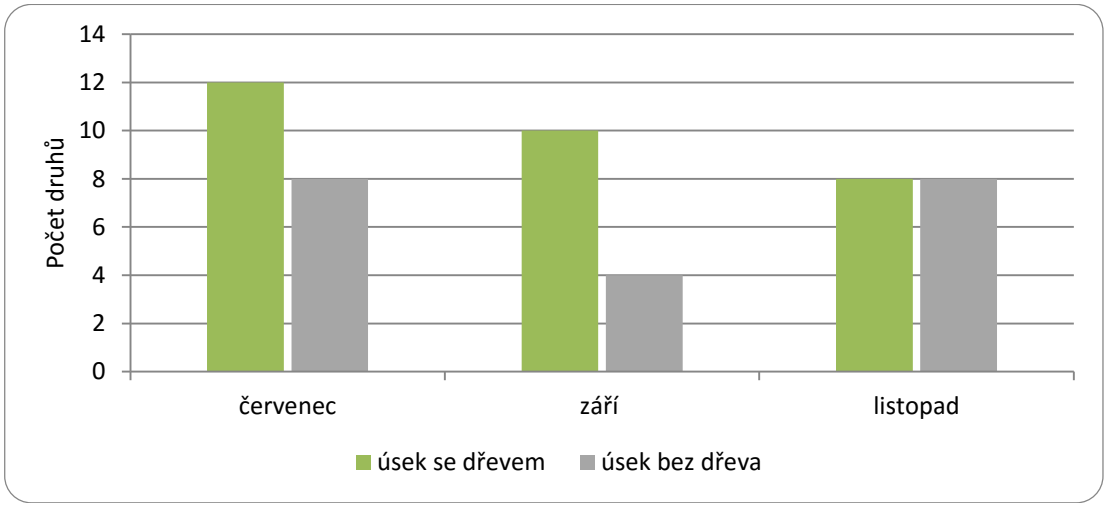
❖ **Potok Jordan Creek, USA – experiment s rozděleným tokem**

Výzkum Angermeiera a Karra (1984), kteří zkoumali důležitost mrtvého dřeva pro život ryb, proběhl na menším teplém toku Jordan Creek ve státě Illinois. V červnu roku 1979 byl třicetimetrový úsek symetrického koryta Jordan Creeku, jehož dno tvořilo z 85 % bahno a písek, rozdělen podél proudu pletivem. Zatím co z jedné strany rozděleného toku bylo všechno mrtvé dřevo odstraňováno, na straně druhé byl zajištěn neustálý přísun větví, klád a pařezů po celé délce pletivového plotu. Tento postup byl dodržován až do konce listopadu 1979. Vzorky ryb byly evidovány v červenci, září a listopadu 1979, přičemž oba konce zkoumaného úseku byly vždy před odebíráním vzorků ohraničeny pletivem, ryby byly omráčeny pomocí elektrického agregátu a následně byly vyloveny ponornou sítí a podběrákem. Vylovení jedinci byly sečteni, identifikováni podle druhu a poté vypuštěni zpět.

Následující obrázky zobrazují rozdíly v množství rybích jedinců a jejich druhové diverzitě mezi oběma kanály rozděleného toku. Co se týče počtu jedinců, na obrázku č. 15 je patrné, že větší množství ryb vykazoval kanál s ponechaným mrtvým dřevem, a to za první dvě období odběru, přičemž výrazné rozdíly lze pozorovat za měsíc září. V listopadu je naopak viditelné velmi výrazné převýšení počtu ryb v kanále bez mrtvého dřeva. Pokud se zaměříme na věk odebraných jedinců (viz příloha č. 11), oproti červenci a září je za listopad v kanále bez mrtvého dřeva velmi malé procento jedinců ve věkové kategorii nad dva roky, což naznačuje preferenci vyčištěných toků bez dřeva pouze u jedinců mladších dvou let v daném období. Na obrázku č. 16 je porovnání počtu druhů. Podobně jako u množství jedinců je patrná větší druhová rozmanitost u kanálu se dřevem v červenci a září. V listopadu je počet druhů totožný v obou částech. Při zaměření na jednotlivá období lze u ryb potvrdit korelaci mezi hojností a druhovou bohatostí, což je patrné z výzkumu Gratwicka, Speighta (2005). Po součtu zjištěných dat ze všech období odběru na obrázku č. 17 vychází průměrný počet jedinců mírně vyšší v úseku bez mrtvého dřeva, což je dáno nadprůměrným výskytem ryb v tomto úseku za měsíc listopad. Naopak v druhové početnosti je celkově bohatší úsek se dřevem.



Obrázek 15. Počet jedinců ryb v rozdělené experimentální části toku ve třech časových obdobích (Angermeier, Karr, 1984).



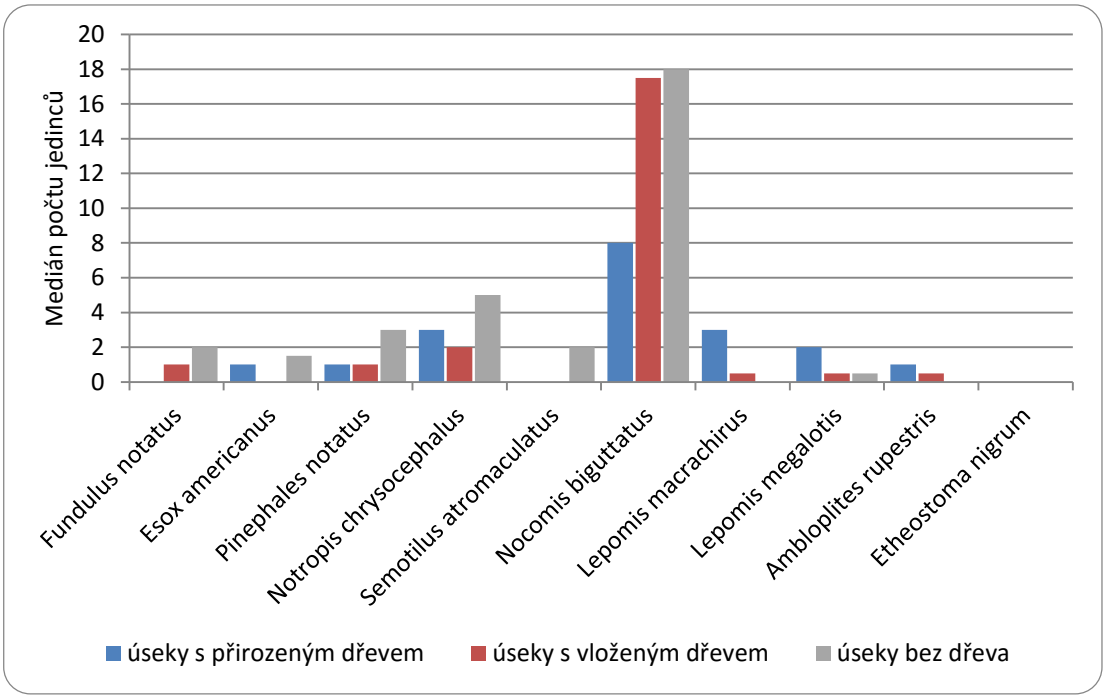
Obrázek 16. Počet druhů ryb v rozdělené experimentální části toku ve třech časových obdobích (Angermeier, Karr, 1984).

Obrázek 17. Průměrný počet jedinců a druhů ryb v rozdělené experimentální části toku celkové za všechna období odběru (Angermeier, Karr, 1984).

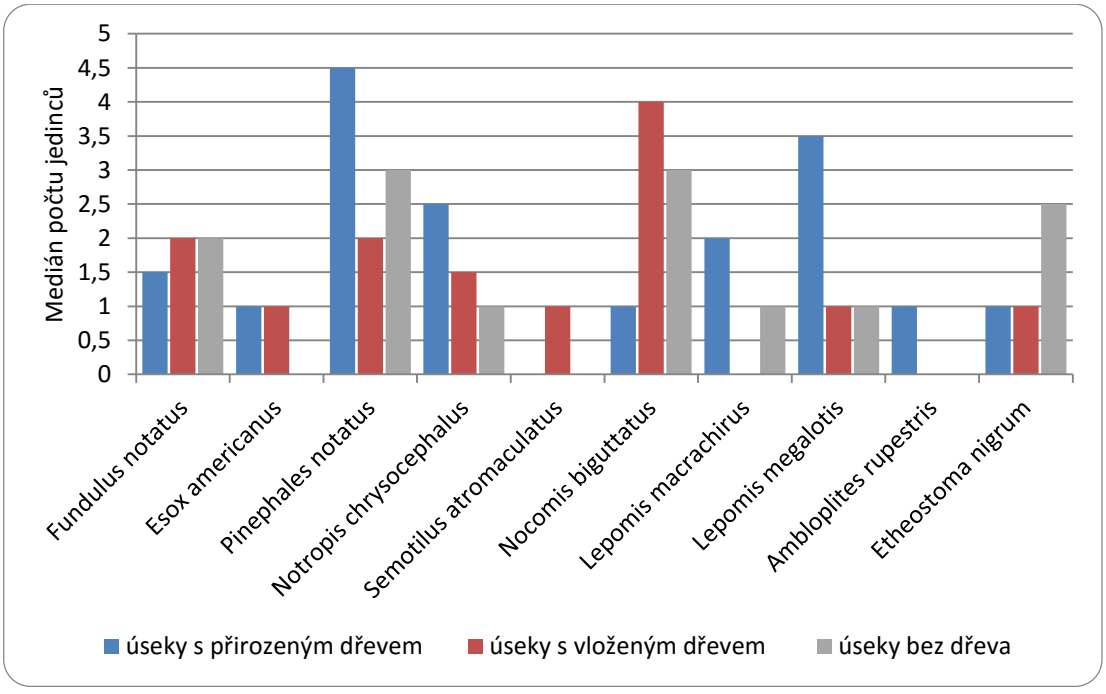
- **Potok Jordan Creek, USA – experiment s několika úseky a vkládaným dřevem**

K rozšíření výzkumu s rozděleným tokem byl mezi lety 1980 a 1981 proveden další experiment. Na témže potoku bylo vytvořeno několik úseků, které se opět dělily na nepozměněné kontrolní s ponechaným mrtvým dřevem a na úseky, ze kterých bylo pravidelně mrtvé dřevo odstraňováno. Do vybraných vyčištěných úseků bez dřeva bylo následně v různých intervalech a v různém množství vkládáno mrtvé dřevo "umělé" v podobě borovicové překližky, které mělo rybám poskytovat podobné podmínky jako dřevo přirozené. Tento experiment skončil v říjnu 1981. Vzorky ze tří typů úseků byly opět odebrány za pomocí elektrického agregátu a to v červnu, srpnu a říjnu roku 1980 a dubnu, červnu, srpnu a říjnu roku 1981.

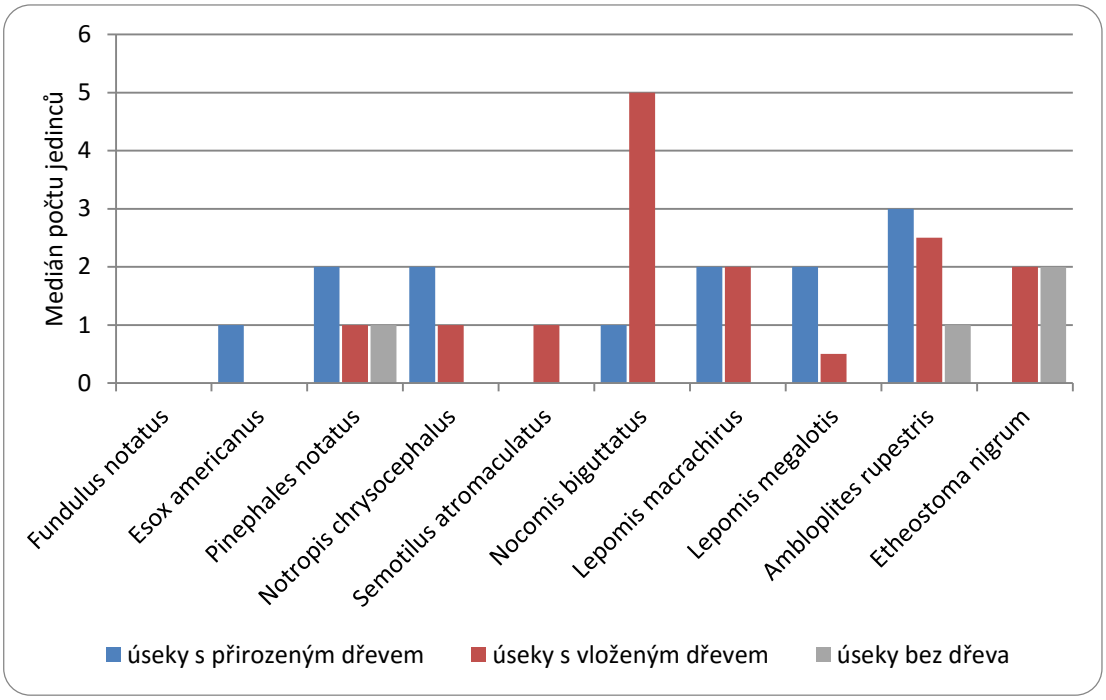
Obrázky č. 18–20 jsou sestrojeny na základě středních hodnot četnosti rybích druhů v úsecích s přirozeně se vyskytujícím mrtvým dřevem, v úsecích od mrtvého dřeva vyčištěných a v úsecích, kam bylo dřevo vkládáno, a to celkově ze všech odběrů, které byly provedeny (viz příloha č. 12). Jednotlivé druhy byly rozděleny do tří věkových kategorií. Z obrázku č. 18 lze pozorovat četnost jedinců se stářím do jednoho roku, u kterých není evidentní preference jednotlivých úseků, nicméně z větší části vykazují větší četnost úseky bez dřeva. Na obrázku č. 19 figurují zástupci jedinců do dvou let. Zde je již velmi patrné upřednostnění jednak dřeva přirozeného, ale i dřeva vloženého. Úseky bez mrtvého dřeva vykazují větší četnost pouze v jednom případě, přičemž ve třech případech není osídleno vůbec. V posledním grafu č. 20 sestaveném ze středních hodnot četnosti jedinců starších dvou let lze pozorovat zcela zanedbatelnou distribuci ryb v úsecích bez dřeva, které jsou využity pouze třemi druhy ryb. Pokud jde o rozdíly mezi dřevem přirozeným a uměle vloženým, ani v jedné věkové kategorii nejsou jasně definovatelné rozdíly v četnosti, kromě druhu *Nocomis biguttatus*, který vykazuje na tomto úseku maximální četnost, a to ve všech věkových kategoriích. Stejně jako v první části experimentu i zde výsledky naznačují, že úseky s dřevem výrazně upřednostňují jedinci starší dvou let.



Obrázek 18. Medián četnosti jedinců ryb zastupujících jednotlivé druhy celkově ze všech sledovaných úseků a za všechna období odběru. Uvedené druhy reprezentují jedince s věkovou třídou do **jednoho roku** (Angermeier, Karr, 1984)**.**



Obrázek 19. Medián četnosti jedinců ryb zastupujících jednotlivé druhy celkově ze všech sledovaných úseků a za všechna období odběru. Uvedené druhy reprezentují jedince s věkovou třídou **do dvou let** (Angermeier, Karr, 1984).

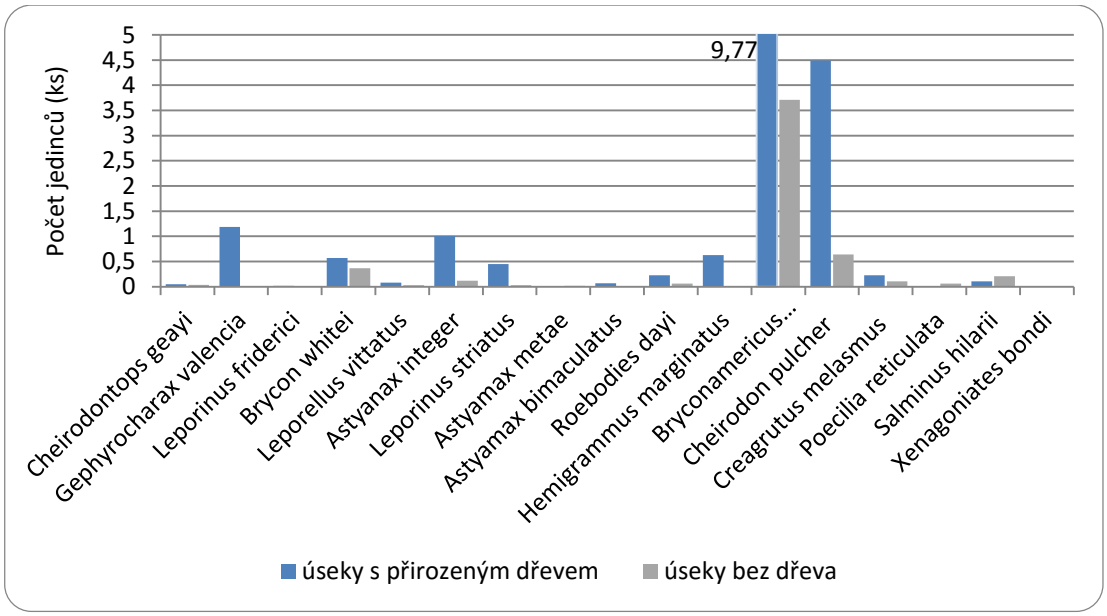


Obrázek 20. Medián četnosti jedinců ryb zastupujících jednotlivé druhy celkově ze všech sledovaných úseků a za všechna období odběru. Uvedené druhy reprezentují jedince s věkovou třídou **dva a více let** (Angermeier, Karr, 1984)**.**

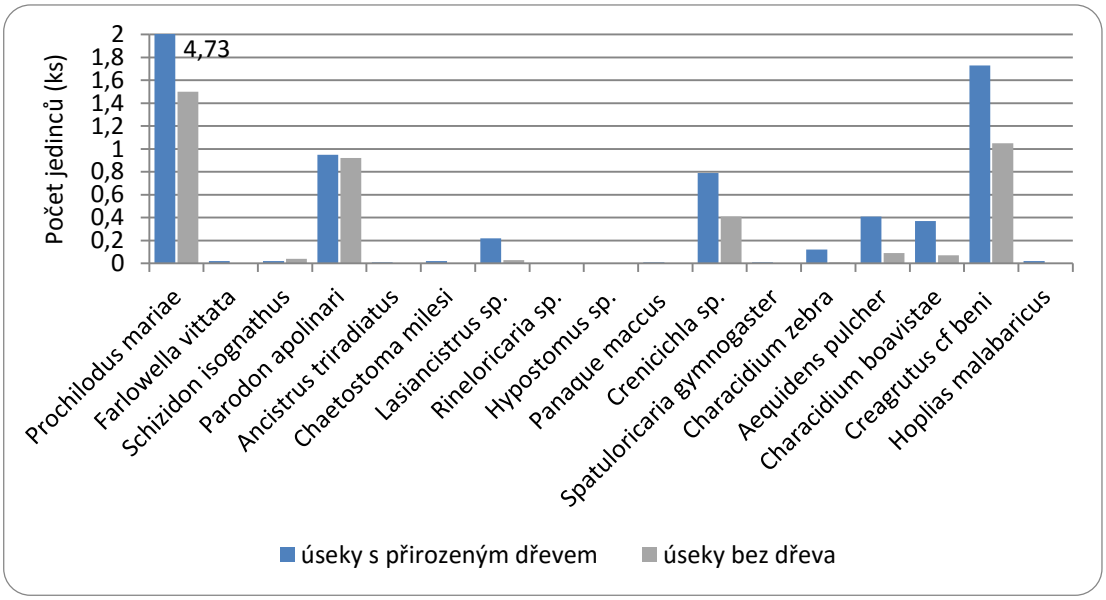
❖ **Potok Rio Las Marias, Venezuela**

Vazba ryb na mrtvé dřevo byla testována také v tropickém pásmu ve Venezuele. Autoři Wright, Flecker (2004) zkoumali dopady odlesňování deštných pralesů na oživení vodních ekosystémů, a to v potoce Rio Las Marias s teplotou až 32 °C. Dno toku ve studovaném areálu bylo tvořeno převážně balvany a štěrkem, v některých úsecích i pískem. Podobně jako v předchozím výzkumu i zde autoři použili metodiku rozdělených úseků. V lednu roku 1999 byly vybrány tři úseky s velkými akumulacemi dřeva a šest úseků zcela bez dřeva, přičemž z těchto šesti byly tři náhodně vybrány pro následné experimentální vkládání mrtvého dřeva. Do každého z celkem devíti úseků bylo aplikováno dvanáct pozorovacích stanic, ve kterých byla na základě vizuálního pozorování získávána data v podobě počtu rybích jedinců a jejich druhů. Během šestitýdenního experimentu bylo provedeno pět pozorování ve všech úsecích. Pro porovnání struktur rybích společenstev mezi lokalitami bez dřeva a lokalitami s přirozeným a vkládaným dřevem byly pro každý z devíti úseků vypočteny průměrné hodnoty jedinců za všechna období pozorování.

Následující obrázky č. 21 a 22, porovnávají počty zjištěných rybích jedinců mezi všemi úseky s přirozeně se vyskytujícím dřevem a mezi všemi zcela bez dřeva, které sloužily jako kontrolní. Celkem 34 druhů jedinců bylo rozděleno na druhy využívající potravu ve středním vodním sloupci a na druhy požírající bentos ze dna. Na obrázku č. 21 jsou zástupci z první skupiny. Z 12 druhů, které se vyskytovaly v obou úsecích, 9 druhů vykazovalo vyšší počty jedinců v úsecích se dřevem, a to v některých případech velmi výrazně (např. druhy *Bryconamericus deuterodenoides* a *Cheirodon pulcher*). Co se týče počtu druhů, v úsecích se dřevem bylo pozorováno všech 17 druhů (v některých případech byl průměrný počet jedinců daného druhu jen velmi nepatrný), naproti tomu v úsecích bez dřeva bylo zjištěno pouze 12 druhů. Podobné výsledky prezentuje i obrázek č. 22 s požírači bentosu. Kromě jediného druhu (*Schizidon isognathus*), byly průměrné počty jedinců vždy vyšší v úsecích se dřevem. Pokud jde o druhovou různorodost, v úsecích se dřevem bylo zjištěno 15 druhů a v úsecích bez dřeva pouze 9 druhů. I v tomto případě lze tedy konstatovat korelaci hojnosti rybích jedinců a jejich druhové bohatosti.



Obrázek 21. Průměrný počet jedinců ryb zastupujících jednotlivé druhy celkově ze všech sledovaných úseků a za všechna období pozorování. **Druhy požírající potravu ve vodním sloupci** (Wright, Flecker, 2004).



Obrázek 22. Průměrný počet jedinců ryb zastupujících jednotlivé druhy celkově ze všech sledovaných úseků a za všechna období pozorování. **Druhy požírající bentos** (Wright, Flecker, 2004)**.**

4.2 Zjištění nároků vybraných živočichů na mrtvé dřevo

Ačkoliv se odborná literatura v rámci České republiky zmiňuje o využívání mrtvého dřeva zde vybranými živočichy a hypotéza o jejich vazbě na dřevní hmotu ve vodních ekosystémech je tak podpořena, jde pouze o teoretické informace, které nebyly ověřeny praktickými postupy. Vzhledem k tomu, že takové výsledky mohou existovat, ale pouze nebyly autorem této bakalářské práce nalezeny, byla kontaktována Agentura ochrany přírody a krajiny, specializovaná složka České republiky, která kromě jiných činností provádí monitoring biotopů a chráněných živočišných druhů. Nicméně agentura uvádí, že u žádného z uvedených živočichů není předmětem mapování vztah k mrtvému dřevu, a potřebná data tak nejsou k dispozici. Případné informace k nárokům na kvalitu, kvantitu a prostorovou distribuci mrtvého dřeva ve vodních plochách nelze definovat ani z porovnání lokalit výskytu uvedených živočichů (obrázky č. 5 a č. 6) s dostupnými mapami v publikaci Koženého et. al. (2011), vyznačující množství mrtvého dřeva v některých povodích České republiky. Vzhledem ke stručnosti uvedených obrázků a k nedostupnosti map s výskytem dřevní hmoty pro celou ČR nelze určit konkrétní souvislost mezi výskytem mrtvého dřeva a výskytem uvedených živočichů.

4.3 Zhodnocení významu dřevní hmoty pro vodní hospodářství

Na základě poznatků uvedených v této bakalářské práci jsou zde za pomoci jednoduché SWOT analýzy vyobrazeny všechny známé výhody a nevýhody mrtvého dřeva vyskytujícího se ve vodních ekosystémech. Ze silných stránek dřevní hmoty vycházejí příležitosti, které by mohly být ekonomicky přínosné pro vodní hospodářství. Naopak slabé stránky nastiňují hrozby, které by v neprospěch vodohospodářů představovaly vyšší nákladovost či mohly způsobit újmy na zdraví.

Tabulka 1. SWOT analýza mrtvého dřeva ve vztahu k vodnímu hospodářství (zdroj: vlastní).

SILNÉ STRÁNKY	**SLABÉ STRÁNKY**
zvyšování biodiverzity	překážka vodní dopravě
zvyšování četnosti organismů	překážka účastníkům vodních aktivit
útočiště některým živočichům	element snižující plynulost odtoku
vytváření rozmanitého prostředí	
protierozní funkce	
regulace energie proudu	
zvyšování kvality vod	
estetická hodnota přírodě blízkého stavu	
PŘÍLEŽITOSTI	**HROZBY**
zvýšení produkce ryb	ucpání mostních otvorů
zvýšení zisků v oblasti cestovního ruchu	poškození vodní infrastruktury
snížení nákladů na nápravy erozí	vznik nákladů na opravy škod
snížení nákladů na technická opatření	vzdouvání hladiny vod
snížení nákladů na čištění vod	zvýšení nákladů na správu vodních toků
pozitivnější přístup ze strany veřejnosti	poranění účastníků vodních aktivit
zlepšení renomé vodního hospodářství	zhoršení následků povodní

Pokud se zaměříme na silné stránky, všechna vypsaná pozitiva lze označit za velmi přínosné ekologické funkce, které jsou navzájem provázány. Ověření funkce mrtvého dřeva ve vodních ekosystémech, přinášející vyšší druhovou rozmanitost a četnost vodních organismů, bylo součástí této práce.

Jelikož byla tato hypotéza dle výše uvedených výsledků potvrzena, lze uvažovat o tom, že například vyšší produkce ryb díky dřevní hmotě přinese větší zisky rybářskému průmyslu, což potvrzuje i citovaný zahraniční výzkum. Stejně tak ostatní funkce, jako je protierozní, čisticí či regulační, lze spojovat s nižšími náklady na zpevňování břehů, zkvalitnění vody či výstavbu "umělých" opatření, která by snižovala nežádoucí energii toku bystřin. Pokud jde o funkci estetickou, která by mohla zvýšit například turistický zájem, potažmo celkově cestovní ruch, je otázkou, co individuální člověk považuje za estetické. Nicméně je možné, že pokud bude estetická funkce mrtvého dřeva vnímána komplexně, například ve spojení s tím, že jeho přítomnost v tocích vytváří rozmanitá stanoviště či skýtá interakce s různými živočichy, lze teoreticky předpokládat pozitivnější vnímání široké veřejnosti jednak všech těchto ekosystémových služeb, ale zároveň i celého vodního hospodářství.

Ačkoliv nejsou uvedené příležitosti v rámci České republiky nijak podloženy a jejich reálný ekonomický přínos lze pravděpodobně těžko určit, na druhé straně stejně tak hrozby spojené s výskytem dřevní hmoty nejsou prakticky ověřeny. Co se týče nákladů, které jsou vynakládány na odstranění škod spojených s výskytem přirozeného dřeva či odstraňování dřeva samotného, nebyly zjištěny žádné evidence, které by tyto kalkulace uváděly. I když je dle literatury stále zachován převážně negativní postoj k dřevní hmotě ze strany správců vodních toků, neznají přesné finanční újmy ani orgány přímo vykonávající správu toků, ani instituce, které ji právně řídí. Nutno podotknout, že ačkoliv možná rizika a nebezpečí spojená s výskytem mrtvého dřeva nelze opomenout, existují různá technická opatření, kterými je lze minimalizovat, a přesto nenarušit ekologické funkce. Právě na základě toho, že konkrétní ekonomické škody nejsou známy a v případě jejich naplnění je možná jejich eliminace, lze konstatovat, že pro svůj ekologický a rovněž ekonomický potenciál má pravděpodobně mrtvé dřevo ve vodních ekosystémech celkově kladný význam.

5. Závěr

Předložená bakalářská práce popisuje funkce dřevní hmoty vyskytující se ve vodních plochách. Poznatky uvedené v literární rešerši slouží jako teoretický podklad pro hypotézy, které měly být na základě dostupných praktických poznatků ověřeny.

Z porovnání výsledků studií zkoumajících vliv mrtvého dřeva na vodní organismy je jasně zřetelné, že přítomnost dřevní hmoty pozitivně ovlivňuje četnost a druhovou rozmanitost makrozoobentosu a ryb ve vodních plochách. Hypotéza, jež je podpořena mnoha teoretickými poznatky, byla tak na základě praktických dat ověřena. Dalším cílem práce bylo ověřit, zda vůbec a popřípadě jakým způsobem ovlivňuje mrtvé dřevo ve vodních ekosystémech výskyt vybraných živočichů v okolí vod ČR. Ačkoliv literatura uvádí jisté vazby těchto živočichů na dřevní hmotu, pro nepřítomnost potřebných prakticky zaměřených studií nelze tuto hypotézu potvrdit. Z celkových poznatků uvedených v této práci mělo být také ověřeno, že dřevní hmota v tocích má celkově kladný význam pro vodní hospodářství ČR. Na základě SWOT analýzy, ve které jsou uvažovány ekonomické přínosy dřeva, oproti způsobeným ekonomickým ztrátám, lze konstatovat, že přínosy pravděpodobně převažují nad ztrátami a celkový význam je tak kladný, nicméně v této oblasti by bylo zapotřebí více praktických poznatků.

Celkový závěr je takový, že ačkoliv se v posledních letech potvrzuje velký ekologický potenciál mrtvého dřeva, který by mohl mít v konečném důsledku i výrazné ekonomické přínosy, stále není dostatek potřebných informací, který by celkově změnil přístup k jeho managementu a tento potenciál mohl být efektivně využit. Z výsledků autora této práce, jehož cílem bylo tyto aspekty potvrdit a poukázat na jejich vzájemné souvislosti, je zřejmé, že výskyt mrtvého dřeva je nutné vnímat komplexně, se všemi jeho důsledky. Je však zapotřebí více studií, které by množství teoretických poznatků ověřily praktickými postupy, a také intenzivnější osvěta pro veřejnost.

6. Seznam literatury a použitých zdrojů

ACUÑA, Vicenc; DÍEZ, José Ramón; FLORES, Lorea; MELEASON, Mark; ELOSEGI, Arturo. Does it make economic sense to restore rivers for their ecosystem services? Journal of Appllied ecology [online]. 2013, 50(4) [cit. 2015-12-11]. ISSN 988-997. Dostupné z WWW: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12107/pdf>.

ANGERMEIER, Paul L.; KARR, James R. Relationships between woody debris and fish habitat in small warmwater stream. Transactions of the American Fisheries Society [online]. 1984, 2011(113(6), 716-726 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/profile/James_Karr/publication/233275952_Relationships_between_Woody_Debris_and_Fish_Habitat_in_a_Small_Warmwater_Stream/links/0f31753c925de43ca8000000.pdf>.

BENDA, Lee; et. al. Wood recruitment processes and wood budgeting. In: *American Fisheries Society Symposium*. American Fisheries Society, 2003. p. 49-74. – In: KOŽENÝ, Pavel a Ondřej SIMON. Mrtvé dřevo v tocích - čas změnit zákony [online]. 2010, (27) [cit. 2016-03-17]. ISSN 1211-3603. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/profile/Ivan_Tuf/publication/49296840_Vyzkum_v_ochrane_prirody_sbornik_z_I_konference_ochrany_prirody_v_CR/links/5658b1dd08aeafc2aac31e34.pdf#page=7>.

BENKE, Arthur C.; et. al. Invertebrate productivity in a subtropical blackwater river: the importance of habitat and life history. *Ecological monographs*, 1984, 25-63. Dostupné z WWW: <http://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub_b/pubbenkea1984p25.pdf>.

BENKE, Arthur C.; WALLACE, J. Bruce. Influence of wood on invertebrate communities in streams and rivers. 2010. In: American Fisheries Society Symposium. 2003. p. 149-177. Dostupné z WWW: <http://www.srs.fs.fed.us/pubs/ja/2010/ja_2010_benke_001.pdf>.

BILBY, Robert E.; LIKENS, Gene E. Importance of Organic Debris Dams in the Structure and Function of Stream Ecosystems. Ecology, 1980, 61.5: 1107-1113. Dostupné z WWW: <http://www.jstor.org/stable/1936830?seq=1#page_scan_tab_contents>.

Česko. Vláda. Zákon č. 254/2001 ze dne 28. 6. 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky.* 2001, s. 5617. Dostupné také z WWW: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-2001-254-viceoblasti.html>.

DERKA, Tomáš; KOVÁČOVÁ, Jana; BULÁNKOVÁ, E. Význam substrátu pre štruktúru vybraných taxocenóz makrozoobentosu rieky Rudava. Folia faunistica Slovaca, 2001, 6: 59-68. Dostupné z WWW: <http://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub_d/pubderkat2001p59.pdf>.

DOLLOFF, C. Andrew; WARREN JR, Melvin L. Fish relationships with large wood in small streams. In: American Fisheries Society Symposium. 2003. p. 179-193. Dostupné z WWW: <http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_dolloff002.pdf>.

DUDLEY, Tom; ANDERSON, Norman H. A survey of invertebrates associated with wood debris in aquatic habitats. Corvallis: Washington State Entomological Society, 1982. Dostupné z WWW: <http://and.lternet.edu/lter/pubs/pdf/pub1739.pdf>.

GILLER, Paul; MALMQVIST, Bjorn. The Biology of Streams and Rivers. 1. Oxford: Oxford University Press, 1998. ISBN 9780198549772.

GRATWICKE, B.; SPEIGHT, M. R. The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. Journal of fish biology, 2005, 66.3: 650-667. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/profile/Brian_Gratwicke/publication/227526001_The_relationship_between_fish_species_richness_abundance_and_habitat_complexity_in_a_range_of_shallow_tropical_marine_habitats_J_Fish_Biol/links/0912f510fec8083410000000.pdf>.

GREŠKOVÁ, Anna. Geomorfologické účinky dreva v korytách riek–úvod do problematiky. [2010] Dostupné z WWW: <http://kge.zcu.cz/geomorf/sbornik/sbornik_05/greskovska.pdf>.

HARMON, Mark E.; et. al. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advances in ecological research, 1986, 15.133: 302. Dostupné z WWW: <http://lterdev.fsl.orst.edu/lter/pubs/webdocs/reports/detritus/templates/Harmon%201986.pdf>.

HARTMAN, Pavel; PŘIKRYL, Ivo; ŠTĚDRONSKÝ, Eduard. *Hydrobiologie*. 3. Praha: INFORMATORIUM, 2005. ISBN 8073330466.

HOFFMANN, Andreas; HERING, Daniel. Wood-associated macroinvertebrate fauna in central European streams. International Review of Hydrobiology, 2000, 85.1: 25-48.

HORÁK, Jakub. Proč je důležité mrtvé dřevo? Pardubice: Pardubický kraj, 2007. 19 s. ISBN 978-80-903496-2-9. Dostupné z WWW: <http://poodri.ochranaprirody.cz/res/archive/079/011814.pdf?seek=1371204004>.

HOUSE, Robert A.; BOEHNE, Paul L. The effect of stream cleaning on salmonid habitat and populations in a coastal Oregon drainage. Western Journal of Applied Forestry, 1987, 2.3: 84-87.

JUST, Tomáš; et. al. Revitalizace vodního prostředí. 1. vyd. Praha: AOPK ČR, 2003. 144 s. ISBN 80-86064-72-7.

KAJZAROVÁ, Eva. Mrtvé dřevo - živý les [online]. 1. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 2012 [cit. 2016-03-17]. ISBN 978-80-86418-89-6. Dostupné z WWW: <http://www.krnap.cz/data/File/letaky_brozury/krnap-brozura_mrtve_drevo-web.pdf>.

KOŽENÝ, Pavel; SIMON, Ondřej. Mrtvé dřevo v tocích - čas změnit zákony [online]. 2010, (27) [cit. 2016-03-17]. ISSN 1211-3603. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/profile/Ivan_Tuf/publication/49296840_Vyzkum_v_ochrane_prirody_sbornik_z_I_konference_ochrany_prirody_v_CR/links/5658b1dd08aeafc2aac31e34.pdf#page=7>.

KOŽENÝ, Pavel; BALVÍN, Pavel; SUCHARDA, Martin; MÁČKA, Zdeněk; SIMON, Ondřej. Možnosti a rizika nakládání s dřevní hmotou v tocích – návrh metodiky pro monitoring, management a využití dřevní hmoty v tocích. *VTEI - Vodohospodářské technickoekonomické informace*, Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., 2011, roč. 2011, č. 6, s. 8-11. ISSN 0322-8916. Dostupné z WWW: <http://www.opzp2007-2013.cz/ke-stazeni/530/13881/detail/drevni-hmota/>.

KRÁLOVÁ, Helena. Řeky pro život: Revitalizace řek a péče o nivní biotopy. 1. Brno: Veronica, 2001. ISBN 80-238-8939-7.

LELLÁK, Jan; KUBÍČEK, František. Hydrobiologie. 1. Praha: Karolinum, 1992. ISBN 80-7066-530-0.

LORENCOVÁ, Vladimíra. Vliv přítomnosti dřevní hmoty na složení makrozoobentosu v tocích. Praha, 2013. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

MÁČKA, Zdeněk; KREJČÍ, Lukáš; et. al. Říční dřevo ve vodních tocích ČR [online]. 1. Brno: Masarykova univerzita, 2011 [cit. 2016-03-17]. ISBN 978-80-210-5624-4. Dostupné z WWW: <http://www.uprm.cz/data/docs/publikace/monografie_drevo.pdf>.

SIEMENS, Michael von; HANFLAND, Sebastian; BINDER, Walter; HERRMANN, Manfred; REHKLAU, Werner. Mrtvé dřevo přináší život do řek a potoků. Přeložil Tomáš JUST. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2006. 47 s. ISBN 978-80-87051-03-0. Dostupné z WWW: <http://poodri.ochranaprirody.cz/res/archive/079/011794.pdf?seek=1371203800>.

SUKOP, Ivo. Ekologie vodního prostředí. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-7157-923-8.

ŠTĚPÁN, Jan. Hodnocení stavu mrtvé dendromasy v PR Vlčia v Čergovském pohoří (Prešovský kraj). Brno, 2012. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně.

WONDZELL, Steven M.; BISSON, Peter A. Influence of wood on aquatic biodiversity. In: American Fisheries Society Symposium. 2003. p. 249-263. Dostupné z WWW: <http://www.fs.fed.us/pnw/lwm/aem/docs/wondzell/book_chapters/2003_wondzell_and_bisson_large_wood_and_aquatic_biodiversity_afs_symp_37_249-264.pdf>.

WRIGHT, Justin P.; FLECKER, Alexander S. Deforesting the riverscape: the effects of wood on fish diversity in a Venezuelan piedmont stream. Biological Conservation, 2004, 120.3: 439-447. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/profile/Justin_Wright/publication/222427069_Deforesting_the_Riverscape_The_Effects_of_Wood_on_Fish_Diversity_in_a_Venezuelan_Piedmont_Stream/links/00463521f61717346e000000.pdf>.

ZIMMERMAN, R. C.; GOODLETT, J. C.; COMER, G. H. The influence of vegetation on channel form of small streams. In: Symposium on River Morphology. International Association of Scientific Hydrology Publications. 1967. p. 255-275. Dostupné z WWW: <https://www.uvm.edu/~pbierman/classes/gradsem/2005/papers/zimm1967.pdf>.

7. Seznam příloh

Příloha č. 1: Fotodokumentace – ukázky mrtvého dřeva ve vodních ekosystémech (zdroj vlastní). 1

Příloha č. 2: Počet jedinců makrozoobentosu na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 3

Příloha č. 3: Celkový počet jedinců makrozoobentosu na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 4

Příloha č. 4: Zastoupení řádu Trichoptera na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 5

Příloha č. 5: Zastoupení řádu Ephemeroptera na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 6

Příloha č. 6: Zastoupení řádu Megaloptera na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 7

Příloha č. 7: Zastoupení řádu Coleoptera na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 8

Příloha č. 8: Zastoupení řádu Plecoptera na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 9

Příloha č. 9: Zastoupení řádu Odonata na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 10

Příloha č. 10: Zastoupení řádu Diptera na jednotlivých substrátech sledovaných toků (Lorencová, 2013). 11

Příloha č. 11: Počet jedinců a druhů ryb v experimentálních úsecích (Angermeier, Karr, 1984). 12

Příloha č. 12: Druhy jedinců ryb a jejich věkové kategorie v experimentálních úsecích (Angermeier, Karr, 1984). 13

Příloha č. 13: Počet jedinců ryb v experimentálních úsecích za všechna období sledování (Wright, Flecker, 2004). 14